

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



## **Μεταπτυχιακή εργασία**

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ-ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΩΣ  
ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

*Αγγελίνα Χριστοδουλίδου*

Λεμεσός 2015



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **Μεταπτυχιακή εργασία**

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ-ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ  
ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Αγγελίνα Χριστοδουλίδου

Σύμβουλος καθηγητής  
Δρ. Διόφαντος Χατζημιτσής

Λεμεσός 2015

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Αγγελίνα Χριστοδουλίδου, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Διόφαντο Χατζημιτσή, για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ σε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, με σκοπό τη μελλοντική χρήση της διπλωματικής αυτής ως έναυσμα για καινοτόμες, βιώσιμες, κατασκευές. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω επίσης, στον κος. Κυριάκο Νεοκλέους, του οποίου η συμβολή ήταν ιδιαίτερα σημαντική στην διεκπεραίωση της διατριβής αυτής. Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στους φίλους και την οικογένεια μου που με στήριξαν στο εγχείρημα μου αυτό.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, αρχικά, γίνεται μία επισκόπηση στους νόμους περί αποβλήτων, στην έννοια της κυκλικής οικονομίας και στην βιομηχανική συμβίωση με τις αντίστοιχες εφαρμογές της. Ακολούθως μελετάται η υφιστάμενη κατάσταση στην Κύπρο και στην Ελλάδα (και το καθεστώς διαχείρισης των αποβλήτων). Επιπλέον, περιγράφονται οι περιβαλλοντικά ορθές και βιώσιμες πρακτικές επεξεργασίας των αντίστοιχων αποβλήτων με γνώμονα την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση τους. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική επισκόπηση στις δομικές εφαρμογές ανά τον κόσμο, που χρησιμοποιήθηκαν ανακυκλωμένα υλικά σαν δομικά στοιχεία. Σκοπός της επισκόπησης αυτής είναι να χρησιμοποιηθεί ως θεωρητικό υπόβαθρο για τη διαμόρφωση των απαιτήσεων επαναχρησιμοποίησης, επεξεργασίας και μορφοποίησης των υλικών. Στο πλαίσιο αυτό, γίνεται μία σύνοψη των απαιτήσεων των εφαρμογών για τα αντίστοιχα, συμβατικά, δομικά υλικά, και αν οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να ικανοποιηθούν με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών. Οι περιπτώσεις εφαρμογής των ανακυκλώσιμων υλικών χωρίζονται σε επαναχρησιμοποιημένα υλικά (χωρίς επεξεργασία) και ανακυκλωμένα (με επεξεργασία). Η επισκόπηση και μελέτη των εφαρμογών σε δομικά υλικά θα παρουσιαστεί ως εξής : τούβλα, κεραμικά πλακίδια, σκυρόδεμα, ξύλο, γυαλί, άσφαλτος, χάλυβας, μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως αλουμίνιο και χαλκός), χρώματα και μάζα και άλλα μη οικοδομικά υλικά (χαρτί, χαρτόνι, ελαστικά, πλαστικό κ.α.). Εν συνεχεία, αναφέρονται ορισμένες τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται προκειμένου το υλικό αυτό να είναι λειτουργικό. Κατόπιν, παρουσιάζεται να απλοϊκό σενάριο για κατασκευή ενός τυπικού κτιρίου από ανακυκλωμένα υλικά στην Κύπρο. Τέλος, με τη χρήση των συμπερασμάτων και της ανασκόπησης αυτής (καθώς και το ενδεικτικό σενάριο) κάνουμε μία πρόταση στις κατασκευαστικές βιομηχανίες στην Κύπρο για την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας και της βιομηχανικής συμβίωσης.

**Λέξεις κλειδιά:** ανακύκλωση; εφαρμογές; δομικά υλικά; βιομηχανική συμβίωση; κυκλική οικονομία.

## **ABSTRACT**

This research originally made an overview on regulations on waste, on the concept of circular economy and industrial symbiosis with their respective applications and subsequently studied the existing situation in Cyprus (and the waste management scheme). Additionally it describes the alternative environmentally sound and sustainable practices in the respective waste processing based on reusing and recycling them. Then it becomes a detailed overview on structural applications around the world which uses recycled materials like structural elements. The purpose of this review is to be used as a theoretical background for the formulation of requirements reuse, editing and formatting of materials. In this context, it becomes a summary of requirements for the respective applications, conventional, construction materials, and whether these requirements can be met using recycled materials. Cases where recyclables are separated in reused materials (without editing) and recyclable (edited). The overview and application study on construction materials will occur as follows: bricks, ceramics, concrete, wood, glass, asphalt, ferrous (in particular steel) and non-ferrous metals (in particular aluminum and copper), and other non-construction materials (such as paper, cardboard, plastics, rubber). Subsequently, referred to are certain technical specifications which must be met in order for it to be functional. Then represents a typical scenario for the construction of a typical building from recycled materials. Finally, with the use of findings and revise (as well as the typical scenario) make a proposal on manufacturing industries in Cyprus for the implementation of the circular economy.

**Keywords:** Industrial Symbiosis; Circular Economy; Structural Elements; Applications; Recycling

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	ix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xiv
1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	1
1.1 ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	1
1.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	6
1.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΒΙΩΣΗ.....	8
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	10
2.1 Σουηδία.....	10
2.2 Δανία.....	13
2.3 Αγγλία.....	18
3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΚΥΠΡΟ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ.....	23
4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΩΣ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	27
4.1 Πρωτογενής ανακύκλωση.....	27
4.1.1 Τούβλα, κεραμικά πλακίδια, σκυρόδεμα.....	28
4.1.2 Ξύλο, Γυαλί, Άσφαλτος.....	30
4.1.3 Ανακύκλωση μετάλλων.....	45
4.1.4 Χώματα, πέτρες και μπάζα εσκαφών.....	54
4.2 Δευτερογενής ανακύκλωση.....	56
4.2.1 Ανακύκλωση χαρτιού.....	57



4.2.2 Ανακύκλωση χαρτονιού.....	59
4.2.3 Ανακύκλωση ελαστικών και παρμπρίζ αυτοκινήτων.....	65
4.2.4 Ανακύκλωση άλλων υλικών.....	70
5 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ.....	82
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	84
7 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	89
8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1: Ενέργεια που χρησιμοποιείται για την πρωτογενή και την ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών στην Αγγλία.....	27
Πίνακας 2: Δυνατότητες χρήσης ανακυκλώσιμων υλικών και σημεία εφαρμογής τους.....	84

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 : Η πορεία των οδηγιών περί αποβλήτων μέσα στα χρόνια.....	1
Διάγραμμα 2 : Δίκτυο Βιομηχανικής Συμβίωσης του Norrköping στην Σουηδία (Bass).....	10
Διάγραμμα 3: Βιομηχανική συμβίωση στο Kalundborg της Δανίας το 2002.....	15
Διάγραμμα 4: Η πορεία από το 1961 μέχρι το 2010 του Βιομηχανικού πάρκου του Kalundborg.....	16
Διάγραμμα 5: Προκατασκευασμένη κατοικία στη Ρουμανία από ξύλινα παλέτα.....	34
Διάγραμμα 6: Προκατασκευασμένη Κατοικία από Ξύλινα Παλέτα από τους Andreas Claus και Pils Gregor.....	34
Διάγραμμα 7: Το παραγόμενο γυαλί είναι ασφαλές στο χειρισμό.....	36
Διάγραμμα 8 : Αφρώδες γυαλί – Πλάκα δεξιά και αριστερά οι κυψελίδες.....	38
Διάγραμμα 9: Χυτή μόνωση αφρώδους γυαλιού.....	38
Διάγραμμα 10: Φύλλα ‘LiTraCon’ παραγόμενα από μείγμα σκυροδέματος με ανακυκλωμένο γυαλί.....	42
Διάγραμμα 11: Φύλλα ‘Bling Crete’, τα οποία παράγονται από σκυρόδεμα και ανακυκλωμένο γυαλί.....	42
Διάγραμμα 12: Το προκατασκευασμένο ‘Tire House’ με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού και ελαστικών οχημάτων.....	43
Διάγραμμα 13: Το ‘La Fabrique’, ένα προκατασκευασμένο από ανακυκλωμένους υαλοπίνακες.....	44
Διάγραμμα 14: ‘WoBo House’ : Πρότυπη κατοικία κατασκευασμένη από γυάλινες φιάλες μπύρας.....	44
Διάγραμμα 15: Τοποθέτηση ανακυκλωμένης ασφάλτου για τη στήριξη πρανούς.....	45
Διάγραμμα 16: Τα ποσοστά ανακύκλωσης τους χάλυβα ξεπερνούν το 65%.....	46
Διάγραμμα 17 : Οι κύριες πηγές σκράπ χάλυβα.....	46

Διάγραμμα 18: Ράβδοι ανακυκλωμένου χάλυβα για εφαρμογή στον κατασκευαστικό τομέα.....	48
Διάγραμμα 19: Η κατοικία ‘Big Dig House’ που κατασκευάστηκε από ανακυκλωμένο χάλυβα, σκυρόδεμα, γυαλί και ξύλο.....	49
Διάγραμμα 20: Η μετατροπή σιδηροδρομικής γέφυρας στο Άμστερνταμ με ανακύκλωση χάλυβα, σε κέντρο αναψυχής.....	49
Διάγραμμα 21: Μια κατοικία, κάδος ανακύκλωσης κουτιών αλουμινίου, ‘Up Cycling Can House’.....	52
Διάγραμμα 22: Κατοικία με τη χρήση συμπιεσμένων κουτιών αλουμινίου ‘Crushed Cans Building’.....	52
Διάγραμμα 23 : Rubble House, το κτίριο που αξιοποιεί το χώμα ως μέρος της κατασκευής.....	54
Διάγραμμα 24: Το κτίριο Dominus Winery, κατασκευασμένο από πέτρες, στην Καλιφόρνια.....	55
Διάγραμμα 25: Οι προσωρινές κατοικίες Sandbag Solutions, με τη χρήση χώματος και άμμου.....	56
Διάγραμμα 26: Μικροφωτογραφία πορώδους αποξηραμένου χαρτοπολτού.....	57
Διάγραμμα 27: Δομικά Στοιχεία από ‘Papercrete’ κατά την ξήρανση (αριστερά) και με διαμόρφωση οπής κοιλοδοκού(δεξιά).....	57
Διάγραμμα 28: Το κτίριο ‘Carriage House’ κατασκευασμένο από ‘Papercrete’.....	58
Διάγραμμα 29: Το προκατασκευασμένο κτίριο «Cardboard House» από χαρτόνι.....	59
Διάγραμμα 30: Οικία Στέγασης των Σεισμόπληκτων του Kobe στην Ιαπωνία, κατασκευασμένη από κυλίνδρους πεπεισμένου χαρτονιού.....	60
Διάγραμμα 31: Η εφαρμογή του τύπου paper log houses και στην Τουρκία.....	61
Διάγραμμα 32: Η εκκλησία του Shigeru Ban στο Kobe της Ιαπωνίας κατασκευασμένη από κυλίνδρους χαρτονιού.....	62
Διάγραμμα 33: Ο χώρος στέγασης των σεισμόπληκτων από χάρτινους κυλίνδρους στην Ινδία.....	62

Διάγραμμα 34: Η αίθουσα διδασκαλίας ‘cutting – edge cardboard house’ κατασκευασμένη από φύλλα χαρτονιού.....	63
Διάγραμμα 35: Η κατοικία ‘Corrugated Cardboard Pod’ κατασκευασμένη από RDF.....	64
Διάγραμμα 36: Πλακίδια και Φύλλα μετά από θερμική συμπίεση του τύπου Tetrapak.....	64
Διάγραμμα 37: Κατάστημα παπουτσιών με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού από παμπρίζ αυτοκινήτων.....	67
Διάγραμμα 38: «Γεώπλοιο», κατασκευασμένο από ελαστικά αυτοκινήτων, ανακυκλωμένο γυαλί και χώμα.....	68
Διάγραμμα 39: Ένα σπιτάκι κήπου από παλαιά ελαστικά, επαναχρησιμοποιημένο ξύλο και γυαλί.....	68
Διάγραμμα 40: Η κατοικία ‘Lucy House’ με τη χρήση ανακυκλωμένων κομματιών μοκέτας.....	71
Διάγραμμα 41: Ένα μπαρ κατασκευασμένο από πόρτες πλυντηρίων, μεταλλικούς σωλήνες, λάστιχα αυτοκινήτου και ιστιοπλοϊκά πανιά.....	72
Διάγραμμα 42: Το ‘Casa Pollo’ κατασκευασμένο από φύλλα ανακυκλωμένου πλαστικού....	73
Διάγραμμα 43: Οι δρόμοι κατασκευασμένοι από πλαστικό.....	75
Διάγραμμα 44: Το “Scrap House” κατασκευασμένο εξ’ ολοκλήρου από ανακυκλώσιμα υλικά.....	77
Διάγραμμα 45: Το Keetwonen, συγκρότημα 1000 μονάδων από container.....	78
Διάγραμμα 46: Το Νομαδικό μουσείο κατασκευασμένο από παλιά containers.....	79
Διάγραμμα 47: Το 12-container house, το οποίο όπως λέει και το όνομα του είναι κατασκευασμένο από 12 containers.....	79
Διάγραμμα 48: Καμπίνες παλαιών αεροσκαφών μετατρέπονται σε κατοικίες.....	80
Διάγραμμα 49: Παρουσίαση του ενδεικτικού κτιρίου, κατασκευασμένο από ανακυκλώσιμα υλικά, στο πρόγραμμα AutoCAD.....	83
Διάγραμμα 50: Μία διαφορετική σύνδεση των τσιμεντόλιθων, που δεν απαιτεί ισχυρό κονίαμα και παραλαμβάνει τις σεισμικές δυνάμεις.....	90

Διάγραμμα 51: Το περίπτερο που σχεδιάστηκε με σκοπό τη μελλοντική εύκολη αποσυναρμολόγηση, μεταφορά και επανασυναρμολόγηση.....91

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΒΣ :	Βιομηχανική Συμβίωση
ΣΗΘ :	Συνδιασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού
ΟΒΠ :	Οικολογικά βιομηχανικά πάρκα
CO <sub>2</sub> :	Διοξείδιο του άνθρακα
Teed :	Tyseley Environmental Enterprises District
ΤΕΠΑΚ :	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΧΥΤΑ :	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων
Ε.Ε. :	Ευρωπαϊκή Ένωση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

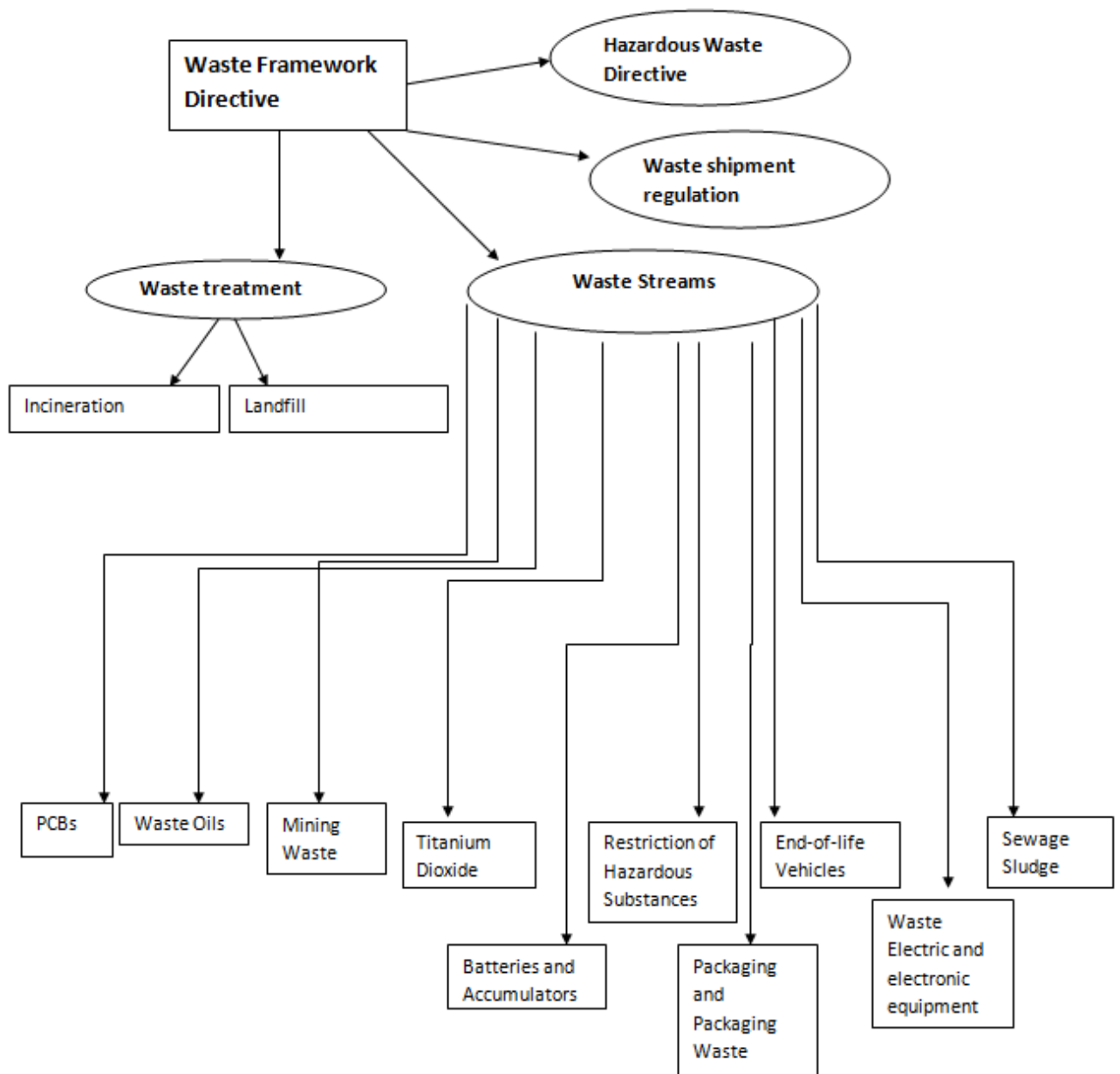
Περιβάλλον, κοινωνία και οικονομία είναι τρεις τομείς που συνδέονται μεταξύ τους και οι όποιες δραστηριότητες του ενός επηρεάζουν άμεσα τους άλλους δύο. Έτσι η οικοδομική δραστηριότητα που συνδέεται με την βιομηχανική ανάπτυξη, αλλοιώνει την ισορροπία του φυσικού περιβάλλον δημιουργώντας δυσαρμονία και αποτελώντας πηγή ρύπανσης λόγω των παραγωγικών και λειτουργικών διαδικασιών της. Έτσι, είναι γεγονός ότι η οικοδομική δραστηριότητα αποτελεί εχθρό του περιβάλλοντος, αφού καταναλώνει φυσικούς πόρους και ενέργεια ενώ παράλληλα παράγει και απόβλητα. Στις μέρες μας, υπάρχει αυξημένη παραγωγική δραστηριότητα, εξάντληση των πόρων και αυξημένη κατανάλωση που οδηγεί στην απόρριψη προϊόντων προτού συμπληρώσουν την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής και χρήσης τους. Στο πλαίσιο αυτό, θα πρέπει να διεξαχθεί έρευνα στη δημιουργία δομικών εφαρμογών που θα χαρακτηρίζονται από τρεις διακριτούς πυλώνες. Ο πρώτος είναι το κόστος κατασκευής, δηλαδή η δημιουργία κτιρίων με χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης. Το κόστος επένδυσης θα πρέπει να είναι προσιτό για τον καθένα. Ο δεύτερος πυλώνας είναι η ενσωμάτωση και εναρμόνιση των δομικών εφαρμογών με το φυσικό περιβάλλον ώστε να διασφαλίζεται η αισθητική ομοιογένεια και να ελαχιστοποιείται η ρύπανση που συνδέεται με τις λειτουργικές δραστηριότητες των κατασκευών. Στα πλαίσια αυτού, θα πρέπει να εφαρμοστούν οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή. Τελευταίος πυλώνας, ο οποίος αποτελεί και το κύριο μέρος της ερευνητικής αυτής εργασίας, είναι η χρήση ανακυκλώσιμων και άμεσα επαναχρησιμοποιούμενων υλικών στον κατασκευαστικό τομέα. Τα υλικά αυτά θα χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό υλικό για κάθε δομικό υλικό των δομικών εφαρμογών. Πλέον όλες οι σύγχρονες κοινωνικές και οικονομικές δομές, αναζητούν νέες πηγές πρώτων υλών, καινούργιες μεθόδους παραγωγής ενέργειας και τρόπους αξιοποίησης των αποβλήτων που παράγονται από τις οικοδομικές και βιομηχανικές δραστηριότητες ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος, η παραγωγή αποβλήτων και η ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα απόβλητα αυτά είτε θα μεταποιηθούν και θα επαναχρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη σε κατασκευές είτε θα παράξουν ενέργεια μετά από επεξεργασία. Θα μπορούσαν επίσης, να χρησιμοποιηθούν αυτούσια, χωρίς επεξεργασία και μετασχηματισμό. Η περίπτωση αυτή είναι η ιδανικότερη σε οικονομικούς και περιβαλλοντικούς όρους, καθώς δεν καταναλώνεται ενέργεια για την μεταποίηση, έτσι έχουν συντομότερο κύκλο επαναχρησιμοποίησης.



Παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης τέτοιων υλικών με ελάχιστη μεταποίηση στον οικοδομικό τομέα, βρίσκουμε ανά τους αιώνες, που δεν μπορούν να ξεχαστούν, όπως οι βυζαντινοί ναοί. Τα συνήθη υλικά επαναχρησιμοποίησης ήταν η πέτρα και το μάρμαρο. Με τις πρόσφατες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης υλικών στον οικοδομικό τομέα πλέον, φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι εφαρμογές αυτές σέβονται το περιβάλλον και μπορούν να έχουν ευρεία χρήση και εφαρμογή λόγω του ιδιαίτερα ακριβού κόστους επένδυσης που χαρακτηρίζει τις σημερινές κατοικίες. Οι δομικές αυτές εφαρμογές των υλικών από απόβλητα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως προτάσεις που προάγουν την πολιτιστική ανάπτυξη του τόπου στον οποίο γίνονται. Αυτή είναι και η δική μας πρόταση στα πλαίσια της έρευνας αυτής, οι εφαρμογές αυτές να αποτελέσουν παράδειγμα, όπως ήδη αποτελούν ανά τον κόσμο, και στην Κύπρο για την εφαρμογή της βιομηχανικής συμβίωσης, της κυκλικής οικονομίας και της χρήσης «άχρηστων» υλών για την παραγωγή πρώτων υλών στην οικοδομική βιομηχανία.

# 1 Θεωρητικό υπόβαθρο

## 1.1 Οδηγίες διαχείρισης αποβλήτων



Διάγραμμα 1: Η πορεία των οδηγιών περί αποβλήτων μέσα στα χρόνια.

Η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία καθορίζει τους βασικούς άξονες για τη διαχείριση, μετά τη χρήση τους, μιας σειράς άλλων προϊόντων, όπως τα χρησιμοποιημένα ελαστικά αυτοκινήτων, τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, τα απόβλητα ηλεκτρικών &

ηλεκτρονικών συσκευών, τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες & συσσωρευτές, τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά έλαια, μπάζα κ.α.

#### Οδηγία 75/442/EEC - Waste Framework Directive:

Η οδηγία σχετίζεται με τα στερεά απόβλητα. Έναρξη ισχύος στις 18/7/1975 με προθεσμία εναρμόνισης, 17/7/1977. Η εναρμόνιση έγινε με την Υ.Α. 49541/1424/86, (444/B/9.7.86) και τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 90/656/ΕΟΚ, 91/156/ΕΟΚ, 91/692/ΕΟΚ, 96/59/ΕΚ. Τέλος καταργήθηκε από την οδηγία 2006/12/ΕΚ.

#### Οδηγία 91/689/ΕΟΚ – Hazardous Waste Directive :

Η οδηγία αφορά τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων και ισχύει από τις 19/12/91. Εναρμονίστηκε το 1993, με την Υ.Α. 19396/1546/97, (604/B/18.7.97). Το 1995, κατάργησε την οδηγία 78/319/ΕΟΚ και τροποποιήθηκε από την οδηγία 94/31/ΕΚ.

#### Κανονισμός (EEC)259/93 – Waste Shipment Regulation:

Ο κανονισμός σχετίζεται με την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταφορών των αποβλήτων.

#### Οδηγία 89/369 & 429(MW) 94/67(HW) – Αντικαταστάθηκε από την οδηγία 2000/76/EC – Incineration:

Η αποτέφρωση αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει εκπομπές ουσιών που ρυπαίνουν τον αέρα, το νερό και το έδαφος και έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Η παρούσα οδηγία εφαρμόζεται μόνο σε αδειούχες μονάδες αποτέφρωσης των στερεών ή υγρών αποβλήτων, και μονάδες συναποτέφρωσης. Η άδεια διευκρινίζει τα είδη και τις ποσότητες των αποβλήτων που υποβάλλονται σε επεξεργασία, τη δυναμικότητα αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης των εγκαταστάσεων και τις διαδικασίες δειγματοληψίας και μέτρησης των ρύπων της ατμόσφαιρας και του νερού που θα χρησιμοποιηθούν. Οι οριακές τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης αφορούν τα βαρέα μέταλλα, τις διοξίνες και τα φουράνια, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια (σκόνη), τον ολικό οργανικό άνθρακα (ΟΟΑ), το υδροχλώριο (HCl), το υδροφθόριο (HF), το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και τα οξείδια του αζώτου (NO και NO<sub>2</sub>).

#### Οδηγία 99/31/EC – Landfill:

Η οδηγία στοχεύει στην πρόληψη ή τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων από την ταφή αποβλήτων στο περιβάλλον (ειδικά των δυσμενών επιπτώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στην ατμόσφαιρα και στην ανθρώπινη υγεία). Παρουσιάζει λεπτομερώς τις διάφορες κατηγορίες αποβλήτων και τους χώρους ταφής τους που ταξινομούνται ως χώροι ταφής επικίνδυνων, μη επικίνδυνων και αδρανών αποβλήτων. Δεν γίνονται δεκτά στους χώρους ταφής τα υγρά, εύφλεκτα, εκρηκτικά, νοσοκομειακά απόβλητα και τα χρησιμοποιημένα ελαστικά. Η οδηγία προβλέπει διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρου ταφής. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν επιτρέπει τη διάθεση αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων (ΧΥΤΑ) αν δεν έχουν υποστεί πρώτα επεξεργασία, δηλαδή φυσικές, θερμικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, για να μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά τους, να μειωθεί ο όγκος και οι επικίνδυνες ιδιότητες τους ώστε να διευκολυνθεί η διακίνηση τους ή η ανάκτηση των χρήσιμων υλών τους.

#### Οδηγία 96/59/EC - PCBs:

Η οδηγία αυτή αναφέρεται στη διάθεση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT) και ισχύει από τις 16/9/1996. Εναρμονίστηκε με την Υ.Α.7589/731/00,(514/B/11.4.00) που καθορίζει μέτρα και όρους για την διαχείριση των PCB/PCT. Ακόμη, τροποποιεί τις οδηγίες 75/442/ΕΟΚ και 76/403/ΕΟΚ.

#### Οδηγία 75/439/EEC – Waste Oils:

Η οδηγία αυτή αναφέρεται στη διάθεση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων και ισχύει από τις 18/6/1975. Εναρμονίστηκε το 1977, με την Υ.Α.71560/3053/85,(665/B/1.11.85). Ακόμη, τροποποιεί τις οδηγίες 87/101/ΕΟΚ, 91/692/ΕΟΚ και 00/76/ΕΚ.

#### Οδηγία 78/176/EEC – Titanium Dioxide:

Ο στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η πρόληψη και η προοδευτική μείωση (ως και εξάλειψη) της ρυπάνσεως που προκαλείται από τα απόβλητα της βιομηχανίας του διοξειδίου του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>). Τα κράτη μέλη θα λάβουν μέτρα για να διασφαλίσουν ότι οι διαδικασίες διάθεσης των αποβλήτων λαμβάνουν υπόψη την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Θα ενθαρρύνουν ενεργά την πρόληψη, την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων. Κάθε απόρριψη, καταβύθιση, εναποθήκευση, συσσώρευση ή έγχυση των αποβλήτων απαιτεί προηγουμένως άδεια, για περιορισμένη αλλά ανανεώσιμη περίοδο, από την αρμόδια αρχή του κράτους μέλους:

- στο έδαφος που παράγονται τα απόβλητα,

- στο έδαφος που απορρίπτονται τα απόβλητα,
- από το έδαφος που αντλούνται ή απορρίπτονται τα απόβλητα.

Τα κράτη μέλη θα καταρτίσουν προγράμματα για την προοδευτική μείωση και τελική εξάλειψη της ρύπανσης που προκαλείται από τα απόβλητα από εγκαταστάσεις παραγωγής TiO<sub>2</sub>.

Η οδηγία τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 82/883 / ΕΟΚ , 83/29 / ΕΟΚ, 91/692 / ΕΟΚ.

Οδηγία 91/157/EEC & 93/86/EEC –Αντικαθιστούνται και καταργούνται από την οδηγία 2006/66/EK – Batteries and Accumulators:

Η οδηγία αυτή θεσπίζει κανόνες σχετικά με τη διάθεση προς πώληση των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών, ιδιαίτερα αυτών περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (οι συγκεκριμένοι απαγορεύεται να τεθούν προς πώληση), και με τη συλλογή, επεξεργασία, ανακύκλωση και διάθεση των αποβλήτων των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών.

Οδηγία 2002/95/EC – Waste electric and electronic equipment:

Η οδηγία αποσκοπεί στον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και σε συνδυασμό με την οδηγία 2002/96/EK (ΑΗΗΕ) για την ανακύκλωση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στοχεύουν στην ελάττωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και κατ' επέκταση στη προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Από την 1η Ιουλίου 2006, ο νέος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που διατίθεται στην αγορά δεν περιέχει μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, ασθενές χρώμιο, πολυβρωμοδιφαινύλια (PBB) ή πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες (PBDE).

Οδηγία 94/62/EC - Packaging and Packaging Waste:

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) θέσπισε τα πρώτα μέτρα για τη διαχείριση των απορριμμάτων συσκευασίας στις αρχές του 1980. Η οδηγία 85/339/ΕΟΚ καθόρισε τους κανόνες σχετικά με την παραγωγή, την εμπορία, τη χρήση, την ανακύκλωση, την επαναπλήρωση και τη διάθεση των χρησιμοποιημένων δοχείων.

Ορισμένα κράτη μέλη άρχισαν να θεσπίζουν τα δικά τους μέτρα σε αυτόν τον τομέα. Κατά συνέπεια, εμφανίστηκαν αποκλίνουσες εθνικές πολιτικές. Για την εναρμόνιση των εθνικών μέτρων, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, σχετικά με τη διαχείριση των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας και για την πρόληψη ή τη μείωση των επιπτώσεών της στο περιβάλλον, εκδόθηκε η οδηγία 94/62/ΕΚ. Η οδηγία «αποσκοπεί στην εναρμόνιση των

εθνικών μέτρων που αφορούν τη διαχείριση των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας, προκειμένου, αφενός, να προληφθούν και να μειωθούν οι επιπτώσεις τους επί του περιβάλλοντος όλων των κρατών μελών καθώς και των τρίτων χωρών, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό, υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος, και, αφετέρου, να διασφαλιστεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και να αποφευχθούν εμπόδια στο εμπόριο καθώς και στρεβλώσεις και περιορισμοί του ανταγωνισμού εντός της κοινότητας. Θεσπίζει μέτρα που αποσκοπούν στην πρόληψη δημιουργίας απορριμμάτων συσκευασίας και στην επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών, στην ανακύκλωση και σε άλλες μορφές ανάκτησης απορριμμάτων συσκευασίας και ως εκ τούτου στη μείωση της τελικής διάθεσης των απορριμμάτων αυτών».

#### Οδηγία 2000/53/EC – End-of-life Vehicles:

Η οδηγία αυτή αφορά τη διαχείριση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής του και αποσκοπεί στον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων από οχήματα και καθορίζει τα μέτρα πρόληψης της δημιουργίας τους. Ακόμη, προωθεί την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και άλλες μορφές ανάκτησης οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους καθώς και των κατασκευαστικών τους στοιχείων, με σκοπό τη μείωση των αποβλήτων προς διάθεση και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης όλων των οικονομικών φορέων που συμμετέχουν στον κύκλο ζωής των οχημάτων, κυρίως αυτών που συμμετέχουν στην επεξεργασία οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής. Ακόμη, προωθεί τον περιορισμό της δημιουργίας αποβλήτων (ενθαρρύνει του κατασκευαστές ή εισαγωγείς οχημάτων στην Ε.Ε. να περιορίσουν τη χρήση επικίνδυνων ουσιών στα νέα τους οχήματα, να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν οχήματα που διευκολύνουν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση και να αυξήσουν τη χρήση των ανακυκλωμένων υλικών), την οργάνωση της συλλογής αποβλήτων με συστήματα ώστε να εξασφαλίζεται η μεταφορά των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής σε εξουσιοδοτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, την οργάνωση της αποθήκευσης και επεξεργασίας αποβλήτων, βάση της οδηγίας πλαίσιο για τα απόβλητα, την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης και ανάκτησης αποβλήτων και την αξιολόγηση της προόδου, χάρη στην εφαρμογή αυτή.

#### Οδηγία 2002/96/EC – Αντικαταστάθηκε από την οδηγία 2012/19/EE –Restriction of Hazardous Substances:

Η οδηγία αναδιατυπώνει την οδηγία 2002/96/EC και στοχεύει στην καθοδήγηση σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Ο νόμος

επιβάλλει ότι οι εισαγωγείς και οι κατασκευαστές είναι υπεύθυνοι για την επιστροφή και ανακύκλωση των προϊόντων που απορρίπτονται από τους τελικούς χρήστες. Η εθνική νομοθεσία έχει κάθε δικαιοδοσία να ρυθμίζει τις ευθύνες και τις υποχρεώσεις των κατασκευαστών, των αρχών, των διανομέων και όλων των άλλων φορέων.

#### Οδηγία 86/278/EEC – Sewage Sludge:

Η οδηγία αυτή σχετίζεται με τη λάσπη που παράγεται από τα λύματα και την προστασία του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα του εδάφους, όταν η λάσπη αυτή χρησιμοποιείται στη γεωργία.

## **1.2 Κυκλική Οικονομία**

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση με τίτλο «Προς μια κυκλική οικονομία: ένα πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη» για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Για την Ευρώπη, η κυκλική οικονομία σημαίνει:

1. Ενίσχυση της ανακύκλωσης και πρόληψη της απώλειας πολύτιμων υλών,
2. Δημιουργία θέσεων εργασίας και οικονομική ανάπτυξη,
3. Με νέα επιχειρηματικά μοντέλα, οικολογικό σχεδιασμό και βιομηχανική συμβίωση μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος των μηδενικών αποβλήτων,
4. Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ως μέρος του κυκλικού πακέτου οικονομίας, η Επιτροπή ενέκρινε μια νομοθετική πρόταση που σχετίζεται με την ανακύκλωση των αποβλήτων. Η πρόταση στοχεύει στην:

1. Αύξηση της ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης των αστικών αποβλήτων σε 70% μέχρι το 2030,
2. Αύξηση της ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης των απορριμμάτων συσκευασίας σε 80% μέχρι το 2030, με κάποια υλικά να έχουν ειδικές διατάξεις όπως: το χαρτί πρέπει να φτάσει το 90% μέχρι το 2025 και το πλαστικό το 60%, το ξύλο το 80%, και το σιδηρό μέταλλο, το αλουμίνιο και το γυαλί το 90% πριν από το τέλος του 2030,
3. Σταδιακή κατάργηση της υγειονομικής ταφής των ανακυκλώσιμων υλικών μέχρι το 2025 (συμπεριλαμβανομένων πλαστικών, χαρτιού, μετάλλων, γυαλιού και βιοαποβλήτων), με τα επικίνδυνα απόβλητα να έχουν μέγιστο ποσοστό ταφής το 25%,
4. Μείωση της παραγωγής απορριμμάτων τροφίμων κατά 30% μέχρι το 2025,

5.Καθιέρωση ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για πρόβλεψη και αποφυγή πιθανών δυσκολιών συμμόρφωσης, και

6.Εξασφάλιση πλήρους ιχνηλασιμότητας των επικίνδυνων αποβλήτων.

Λόγω της ασταμάτητης ανάπτυξης των αποβλήτων, από τη βιομηχανική επανάσταση, και της ακατάσχετης δυσμενούς επίπτωσης στο περιβάλλον, είναι πλέον αναγκαία μια πιο κυκλική οικονομία. Αυτό σημαίνει την εκ νέου χρήση, επισκευή, ανακαίνιση και ανακύκλωση των υπαρχόντων υλικών και προϊόντων. Δηλαδή αυτό που θεωρείται «απόβλητο» να μπορεί να μετατραπεί σε πόρο.

Για το σκοπό αυτό απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αποτελεσματική διαχείριση όλων των πόρων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Με την αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων, συνεπάγονται νέες ευκαιρίες ανάπτυξης και απασχόλησης. Ο οικολογικός σχεδιασμός, η πρόληψη και η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων μπορούν να επιφέρουν καθαρές εξοικονομήσεις στις επιχειρήσεις μέχρι και 600 δισεκατομμύρια ευρώ, καθώς και μείωση των συνολικών ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρόσθετα μέτρα για την αύξηση της παραγωγικότητας των πόρων κατά 30% έως το 2030 θα μπορούσαν να αυξήσουν το ΑΕΠ κατά περίπου 1%, και να δημιουργήσουν 2 εκατομμύρια νέες θέσεις εργασίας.

Η μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία βρίσκεται στο επίκεντρο της ατζέντας της αποδοτικότητας των πόρων που καθορίζεται στο πλαίσιο της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για έξυπνη και βιώσιμη ανάπτυξη.

Η εκστρατεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «Generation Awake» για την αποδοτικότητα των πόρων εστιάζει σε αυτό που ο καθένας από εμάς μπορεί να κάνει στην καθημερινή μας ζωή για την εξοικονόμηση νερού, ενέργειας και άλλων φυσικών πόρων, και να μετατρέψει τα απόβλητα σε πόρους.

Η κυκλική οικονομία, η εξοικονόμηση πόρων και η δημιουργία θέσεων εργασίας ήταν τα κύρια θέματα της Πράσινης Εβδομάδας 2014, η μεγαλύτερη ετήσια διάσκεψη για την ευρωπαϊκή πολιτική για το περιβάλλον. Όπως αναφέρεται, στοχεύει να συμπεριλάβει τις πρωτοβουλίες που επικεντρώνονται στην επίτευξη κοινής χρησιμότητας και συμβίωσης μεταξύ διαφορετικών τομέων της βιομηχανίας. Είναι η ποικιλία και το άνοιγμα της βιομηχανικής συμβίωσης που θα κάνει μια μοναδική προσέγγιση στην οικολογική βιομηχανική ανάπτυξη.



### 1.3 Βιομηχανική Συμβίωση

Βιομηχανική συμβίωση (ΒΣ) είναι μια σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων βιομηχανικών εγκαταστάσεων ή επιχειρήσεων, όπου τα απόβλητα ή τα υποπροϊόντα της μίας γίνονται οι πρώτες ύλες για την άλλη.

Η στρατηγική πρόκληση της είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων και η κατανόηση των ροών υλικών και ενέργειας με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση και τη μετατροπή των αποβλήτων σε πόρους (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)).

Η ΒΣ μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες:

1. Στη μείωση των πρώτων υλών και του κόστους διάθεσης των αποβλήτων,
2. Στην αύξηση των κερδών λόγω νέων εσόδων που προκύπτουν από τα υποπροϊόντα,
3. Στην εκτροπή των αποβλήτων από την υγειονομική ταφή και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, και
4. Σε νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Αυτό το είδος της βιομηχανικής συνεργασίας φέρνει οφέλη σε όλα τα συνεργαζόμενα μέρη, τόσο εμπορικά, όπως μείωση κόστους και νέες πωλήσεις, όσο και περιβαλλοντικά, όπως μείωση υγειονομικής ταφής και των αερίων θερμοκηπίου. Ακόμη, υπάρχουν και κοινωνικά οφέλη λόγω της ύπαρξης νέων θέσεων εργασίας.

Η ΒΣ δραστηριοποιείται παραδοσιακά σε ξεχωριστούς κλάδους σε μια συλλογική προσέγγιση για ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που αφορά τη φυσική ανταλλαγή υλικών, ενέργειας, νερού, ή/και υποπροϊόντων. Τα κλειδιά για την βιομηχανική συμβίωση είναι η συνεργασία και οι συνεργιστικές δυνατότητες που προσφέρει η γεωγραφική εγγύτητα. Η ανταλλαγή των πληροφοριών έγινε ακόμη πιο κρίσιμη με την εμφάνιση των εικονικών σφαιρών, όπως το Google Earth. Τα εργαλεία αυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απλοποίηση της γεωγραφικής ανάλυσης που εμπλέκεται στον καθορισμό ευκαιριών ΒΣ.

Δυστυχώς, η πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τα διαθέσιμα υποπροϊόντα συχνά είναι ανύπαρκτη καθώς τα υποπροϊόντα αυτά θεωρούνται απόβλητα και συνήθως δεν αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης/συζήτησης.

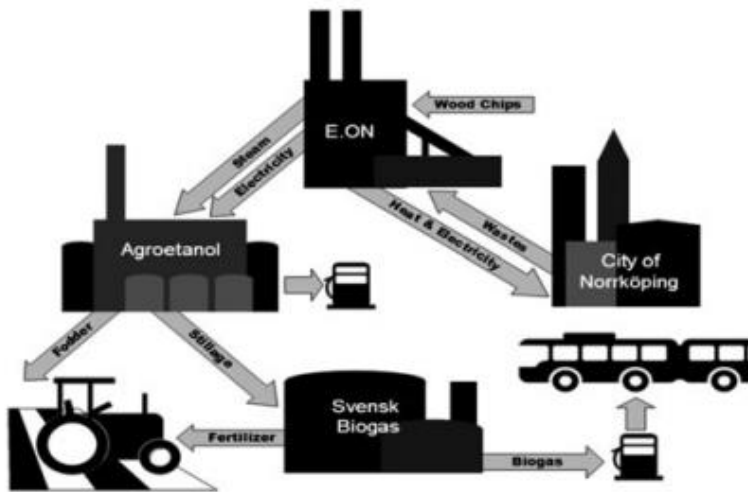
#### Παράδειγμα εφαρμογής

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της ΒΣ είναι το σύστημα οκτώ εργοστασίων, που αποτελεί μία μέσο-μακροπρόθεσμη επένδυση της κυβέρνησης, η οποία θα επωφεληθεί άμεσα από

την οικονομική απόδοση, και έμμεσα από το βελτιωμένο παγκόσμιο περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι συνέργειες έχουν ταυτοποιηθεί για συνεγκατάσταση υαλουργίας και κατασκευής φωτοβολταϊκών. Η θερμότητα των αποβλήτων από την παραγωγή γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές όπως τα θερμοκήπια για την παραγωγή τροφίμων. Ακόμη, εντός της ίδιας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ένα εργοστάσιο ανακύκλωσης δευτεροβάθμιας χημικής ουσίας μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και να βελτιώσει τις οικονομικές επιδόσεις για την ομάδα των εγκαταστάσεων παραγωγής.

## 2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 2.1 Σουηδία



Διάγραμμα 2: Δίκτυο Βιομηχανικής Συμβίωσης του Norrköping στην Σουηδία (Bass).

Το δίκτυο ΒΣ του Norrköping αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς βιομηχανικές, αστικές και γεωργικές δραστηριότητες μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της περιφερειακής βιωσιμότητας. Εκτός από τη σημαντική βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης των πόρων και των συναφών οικονομικών και περιβαλλοντικών επιδόσεων, το δίκτυο στο Norrköping μειώνει την εξάρτηση από τους περιφερειακούς ορυκτούς πόρους και συμβάλλει στην ανάπτυξη της βιοοικονομίας.

#### Βασικοί συντελεστές

1.Δήμος Νόρκεπινγκ : Ένας από τους πρώτους δήμους στη Σουηδία με σύστημα τηλεθέρμανσης. Τώρα εξυπηρετείται από μια συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ). Σήμερα, ο δήμος παρέχει στο εργοστάσιο οικιακά απόβλητα (~ 25 000 t/y), τα οποία το εργοστάσιο τα μετατρέπει σε καύσιμα.

2.Ε.ΟΝ εργοστάσιο ΣΗΘ : Ιδρύθηκε το 1982, ιδιωτικοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και σήμερα ανήκει στην Ε.ΟΝ Σουηδίας. Πολλές αναβαθμίσεις έγιναν, όπως η χρήση της βιομάζας από το 1990, και η αντικατάσταση του άνθρακα (ως καύσιμο) από τη χρήση οικιακών (2002) και βιομηχανικών αποβλήτων (2010). Σήμερα, η μονάδα

τροφοδοτείται με δασικών υπολειμμάτων από την περιοχή (~ 480 GWh/έτος), καθώς και οικιακών (~ 580 GWh/έτος) και βιομηχανικών αποβλήτων (~ 980 GWh/έτος) από το Norrköping ή άλλους δήμους και χώρες. Σήμερα, αυτή η μονάδα παρέχει τηλεθέρμανση (~ 1130 GWh/έτος), ηλεκτρική ενέργεια (~ 320 GWh/έτος) και βιομηχανικό ατμό (~ 500 GWh/έτος).

3. Agroetanol: Εργοστάσιο παραγωγής σιτηρών με βάση τη βιο-αιθανόλη. Το σιτάρι που χρησιμοποιείται στην παραγωγή (~ 550 000 t/y) προέρχεται κυρίως από τοπικούς αγρότες, και ο ατμός (που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες) από το κοντινό εργοστάσιο ΣΗΘ. Η πλειοψηφία των καταλοίπων, αποτελούν ένα υποπροϊόν πλούσιο σε πρωτεΐνη, που μετατρέπεται σε ζωοτροφή (~ 190 000 t/y) ώστε να πωληθεί σε κτηνοτρόφους, ενώ ένα μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται από το κοντινό εργοστάσιο βιοαερίου ως υπόστρωμα. Ένα άλλο οργανικό υποπροϊόν είναι το βιολίπασμα, το οποίο λαμβάνεται από τους τοπικούς αγρότες (~ 8100 t/y). Το εργοστάσιο παράγει επίσης βιογενές CO<sub>2</sub> (~ 170 000 t/y) που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομηχανικού CO<sub>2</sub>.

4. Svensk: Εργοστάσιο παραγωγής βιοαερίου που τέθηκε σε λειτουργία το 2007. Εδώ και μερικά χρόνια, χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τα απόβλητα του Agroetanol. Ωστόσο, από το 2012, χρησιμοποιεί κυρίως οργανικό κλάσμα που συλλέγεται από τα οικιακά απορρίμματα του Norrköping. Το κομπόστ (~ 48 000 t/y) από την παραγωγή βιοαερίου χρησιμοποιείται από τους τοπικούς αγρότες ως οργανικό λίπασμα.

5. Econova: Η εταιρεία λαμβάνει ένα ευρύ φάσμα αποβλήτων ως πρώτη ύλη, και παράγει ένα εξίσου ευρύ φάσμα προϊόντων. Μερικά παραδείγματα αποβλήτων που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία είναι η λάσπη και ο φλοιός από τη βιομηχανία χαρτιού, ξύλου καθώς και εύφλεκτα απόβλητα από βιομηχανίες, και ιπτάμενη τέφρα από εγκαταστάσεις καύσης. Μερικά από τα προϊόντα που παράγει είναι καύσιμα για ενεργειακές μονάδες, έδαφος για την κηπουρική, υλικά για κάλυψη ΧΥΤΑ, και πλαστικές σακούλες από ανακυκλωμένο πλαστικό.

#### Περιβαλλοντικά Οφέλη που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη ΒΣ

1. Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και CO<sub>2</sub>: Αυτό οφείλεται στην χρήση οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και βιομάζας ως καύσιμο (αντικαθιστώντας τον άνθρακα). Επιπλέον, χάρη στη σταθερή ζήτηση ατμού από το

Agroetanol, η μονάδα ΣΗΘ είναι σε θέση να παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, οι μειώσεις CO<sub>2</sub> οφείλονται στην παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοαερίου, τα οποία χρησιμοποιούνται ως καύσιμα για τις μεταφορές, υποκαθιστώντας το πετρέλαιο και τη βενζίνη.

2.Μείωση της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, με τη χρησιμοποίησή τους ως καύσιμο στη μονάδα ΣΗΘ ή ως υπόστρωμα για την παραγωγή βιοαερίου.

3.Μείωση της εξάρτησης από ορυκτούς πόρους: Η βιοαιθανόλη και το βιοαέριο βοηθούν στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ η χρήση βιολιπασμάτων από αιθανόλη και η παραγωγή βιοαερίου μειώνει την εξάρτηση από χημικά λιπάσματα στις γεωργικές δραστηριότητες.

#### Οικονομικά Οφέλη που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη ΒΣ

Λόγω της κάλυψης των θερμικών αναγκών τους μέσω της τηλεθέρμανσης, παράγονται σημαντικά οικονομικά οφέλη. Λόγω της χρήσης των οικιακών αποβλήτων ως καύσιμο παραγωγής ενέργειας εξοικονομάτε το τέλος επεξεργασίας για τα οικιακά απόβλητα που μεταφέρονται στο εργοστάσιο αποτέφρωσης. Επίσης, η Ε.ΟΝ είναι σε θέση να παράγει και να πωλεί περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια λόγω της σταθερής ζήτησης ατμού από τη Agroetanol, έτσι αποφεύγει τα έξοδα λειτουργίας που θα προέκυπταν από την ιδιωτική χρήση του ατμού. Η παραγωγή υψηλής ποιότητας ζωοτροφών από τα στερεά υπολείμματα, δίνει τη δυνατότητα στην Agroetanol να αποφεύγει τα έξοδα διάθεσης αποβλήτων. Ακόμη, η χρήση του βιολιπάσματος από αιθανόλη και του βιοαερίου σε περιφερειακές γεωργικές δραστηριότητες μειώνει το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων. Οι αγρότες, που χρησιμοποιούν τη βιολάσπη, μειώνουν το κόστος των λιπασμάτων τους και αποκτούν πρόσβαση σε λιπάσματα κατάλληλα για βιολογική γεωργία.

#### Βασικοί παράγοντες στην ανάπτυξη του δικτύου Norrköping

Οι περιβαλλοντικές ρυθμίσεις της Ε.Ε. ή/και της σουηδικής κυβέρνησης παίζουν σημαντικό ρόλο. Οι ρυθμίσεις αυτές, μειώνουν ή/και απαγορεύουν την υγειονομική ταφή αποβλήτων (π.χ. φόρος υγειονομικής ταφής) και συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση του αριθμού οργανικών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου ή ως βιολίπασμα. Ακόμη, στην ανάπτυξη του δικτύου συμβάλλουν, οι ενεργειακές πολιτικές, η φορολόγηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τη σουηδική κυβέρνηση, και οι πιο ενεργειακά

αποδοτικές λύσεις, όπως η τηλεθέρμανση καθώς και η αυξημένη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων.

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να είναι σημειωθεί είναι στρατηγική απόφαση της Agroetanol να παράγει αιθανόλη με υψηλές περιβαλλοντικές επιδόσεις. Λόγω του αποτύπωμα CO<sub>2</sub> που προέκυπτε από την παραγωγή αιθανόλης (λόγω της παραγωγής ατμού), η συμφωνία με την E.ON να της παρέχει ατμό με χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub> ήταν σωτήρια. Χάρη σε αυτή τη συνεργασία, η επέκταση της μονάδας ΣΗΘ πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα με την επέκταση της παραγωγικής ικανότητας της Agroetanol.

### Μελλοντικά σχέδια

#### 1. Παραγωγή πράσινου βιομηχανικού CO<sub>2</sub>

Όπως σημειώθηκε νωρίτερα, η Agroetanol παράγει μεγάλες ποσότητες βιογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Παρά την αρνητική εικόνα του, το CO<sub>2</sub> είναι ένα βιομηχανικό αέριο που χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορες βιομηχανίες (ποτά). Η Σουηδία, από την άλλη πλευρά, είναι εισαγωγέας βιομηχανικών εκπομπών CO<sub>2</sub>.

#### 2. Αξιοποίηση του πριονιστηρίου

Το σχετικά νέο πριονιστήριο ανήκει και λειτουργεί από τη Holmen και παράγει σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων, που αντιστοιχούν σε ενεργειακό περιεχόμενο περίπου 1,1 TWh. Αυτά τα υπολείμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή σφαιριδίων ξύλου, βιοχημικών προϊόντων, ινών άνθρακα, και αφρούς ινών ξύλου.

## **2.2 Δανία**

### Ιστορία

Το 1959, ο ενεργειακός σταθμός Asnæs άρχισε τη λειτουργία του. Η ΒΣ άρχισε το 1961, όταν το διυλιστήριο Statoil (τότε Esso) χρειάστηκε νερό από τη λίμνη Tisso και κατασκεύασε αγωγούς. Το 1972, το Statoil συμφώνησε να παράσχει την περίσσεια αερίου στη Gyproc, μία εταιρεία κατασκευής γυψοσανίδων. Η Gyproc χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο για την ξήρανση των παραγόμενων γυψοσανίδων. Το 1976, η Novo Nordisk, ο μεγαλύτερος παραγωγός ινσουλίνης, άρχισε την παροχή βιολογικής ιλύος σε γειτονικά

αγροκτήματα και το 1979 ο Asnæs ξεκίνησε την παροχή ιπτάμενης τέφρας σε τσιμεντοκατασκευαστές στη βόρεια Δανία. Το 1981, ο Asnæs άρχισε να προμηθεύει 3500 σπίτια με ατμό, μέσω ενός συστήματος τηλεθέρμανσης που κατασκεύασε ο δήμος Kalundborg, οι ιδιοκτήτες των οποίων πλήρωναν σε χαμηλή τιμή την υπόγεια σωλήνωση και τη λήψη θερμότητας. Ενώ το 1982, η Novo Nordisk και το Statoil κατασκεύασαν πλήρως τους αγωγούς παροχής ατμού. Αργότερα το 1987, το Statoil ολοκληρώνει έναν αγωγό παροχής νερού ψύξης από τον Asnæs για χρήση του ως νερό τροφοδοσίας λεβήτων. Το 1989, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ο όρος ΒΣ. Επίσης, την ίδια εποχή, η Novo Nordisk συνάπτει συμφωνία με τον δήμο του Kalundborg, τον Asnæs, και το διωλιστήριο για να συνδεθεί στο δίκτυο, η ύδρευση από τη λίμνη Tisso. Ένα χρόνο μετά, το Statoil ολοκληρώνει την κατασκευή μιας μονάδας ανάκτησης θείου, το οποίο θα πωλείται ως πρώτη ύλη σε έναν κατασκευαστή θεικού οξέος. Με το πέρας ενός έτους, το Statoil αναθέτει την κατασκευή ενός αγωγού για την προμήθεια νερού στον Asnæs για σκοπούς καθαρισμού, καθώς και για τη σταθεροποίηση της ιπτάμενης τέφρας. Ο Asnæs χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό, από το φιόρδ, για ορισμένες ανάγκες ψύξης του. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνει τις αποσύρσεις του γλυκού νερού από τη λίμνη Tisso. Το προκύπτον υποπροϊόν είναι ζεστό θαλασσινό νερό, ένα μικρό τμήμα του οποίου τροφοδοτείται σε 57 λίμνες. Το 1992, ο Asnæs άρχισε την υποκατάσταση του άνθρακα, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το πλεόνασμα φυσικού αερίου του διωλιστηρίου. Αυτό έγινε εφικτό, όταν το Statoil (και πιο συγκεκριμένα η μονάδα ανάκτησης θείου) συμμορφώθηκε με τους κανονισμούς για τις εκπομπές θείου, δηλαδή το αέριο να είναι αρκετά καθαρό ώστε να επιτρέπεται η χρήση του σε μονάδα παραγωγής ενέργειας. Τέλος το 1993, ο Asnæs ολοκληρώνει ένα έργο αποθείωσης. Το θεικό ασβέστιο που παράγεται, πωλείται προς τη Gyproc, που αντικαθιστά τον εισαγόμενο φυσικό γύψο.

### Ανταλλαγές Υλικών

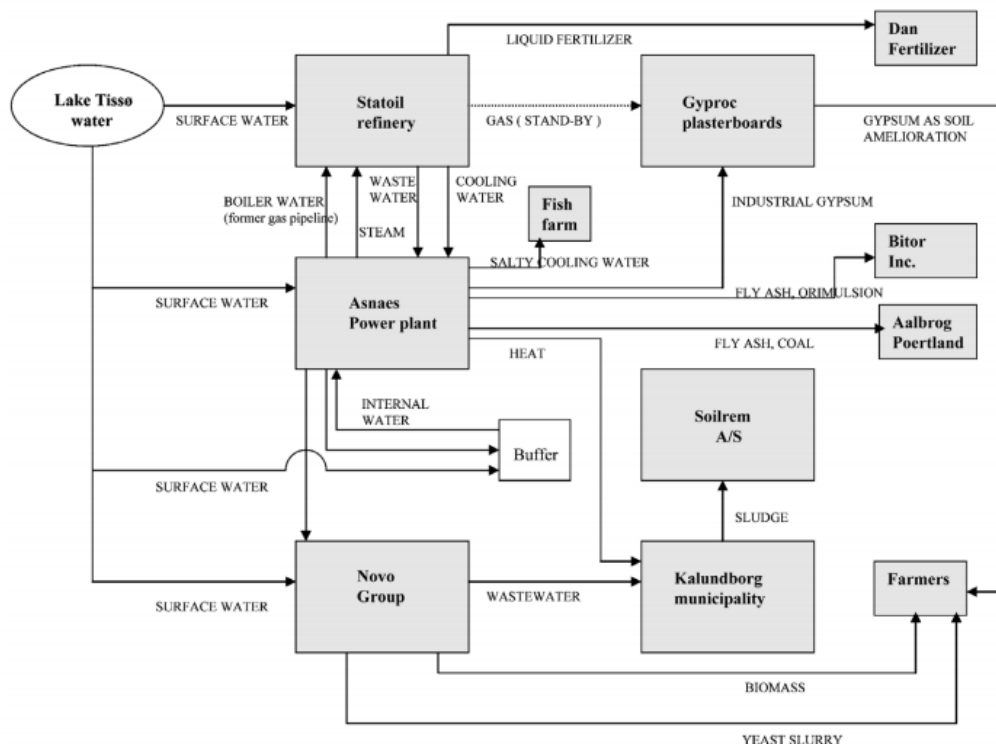
Η περίσσεια ατμού από το σταθμό Asnæs πωλείται στο Statoil και στην Novo Nordisk, που την χρησιμοποιούν ως μια εισερχόμενη πηγή θερμότητας, και την επιστρέφουν πίσω στο Asnæs ως συμπυκνωμένο ατμό για την ψύξη της μονάδας. Ακόμη, από το Statoil, ο Asnæs προμηθεύεται φυσικό αέριο, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού. Ενώ, η Gyproc χρησιμοποιεί την περίσσεια αερίου από το διωλιστήριο ως πηγή ενέργειας. Η ιλύς από τις διεργασίες της Novo Nordisk χρησιμοποιείται ως λίπασμα για την κοντινή φάρμα, με πάνω από 1 εκατομμύριο τόνους ετησίως.

Εταιρεία παραγωγής τσιμέντου και κατασκευών δρόμων χρησιμοποιούν την αποθειωμένη ιπτάμενη τέφρα και το κλίνκερ του πυρηνικού σταθμού. Το ασβέστιο και το ανακυκλωμένο νερό (από τα επεξεργασμένα απόβλητα) προστίθενται στο θείο, που εξάγεται από τα καυσαέρια του Asnaes για να σχηματίσουν τη βιομηχανική γύψο:  $SO_2 + CaCO_3 + \frac{1}{2}O_2 + 2H_2O = CO_2 + CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (Θεικό Ασβέστιο = γύψος), η οποία πωλείται ως πρώτη ύλη στη Gyproc, καλύπτοντας τα 2/3 των αναγκών της.

Το διυλιστήριο πραγματοποιεί αποθείωση του φυσικού αερίου παράγοντας καθαρό υγρό θείο, το οποίο μεταφέρεται στην Kemira, ένα παραγωγό θειικού οξέος.

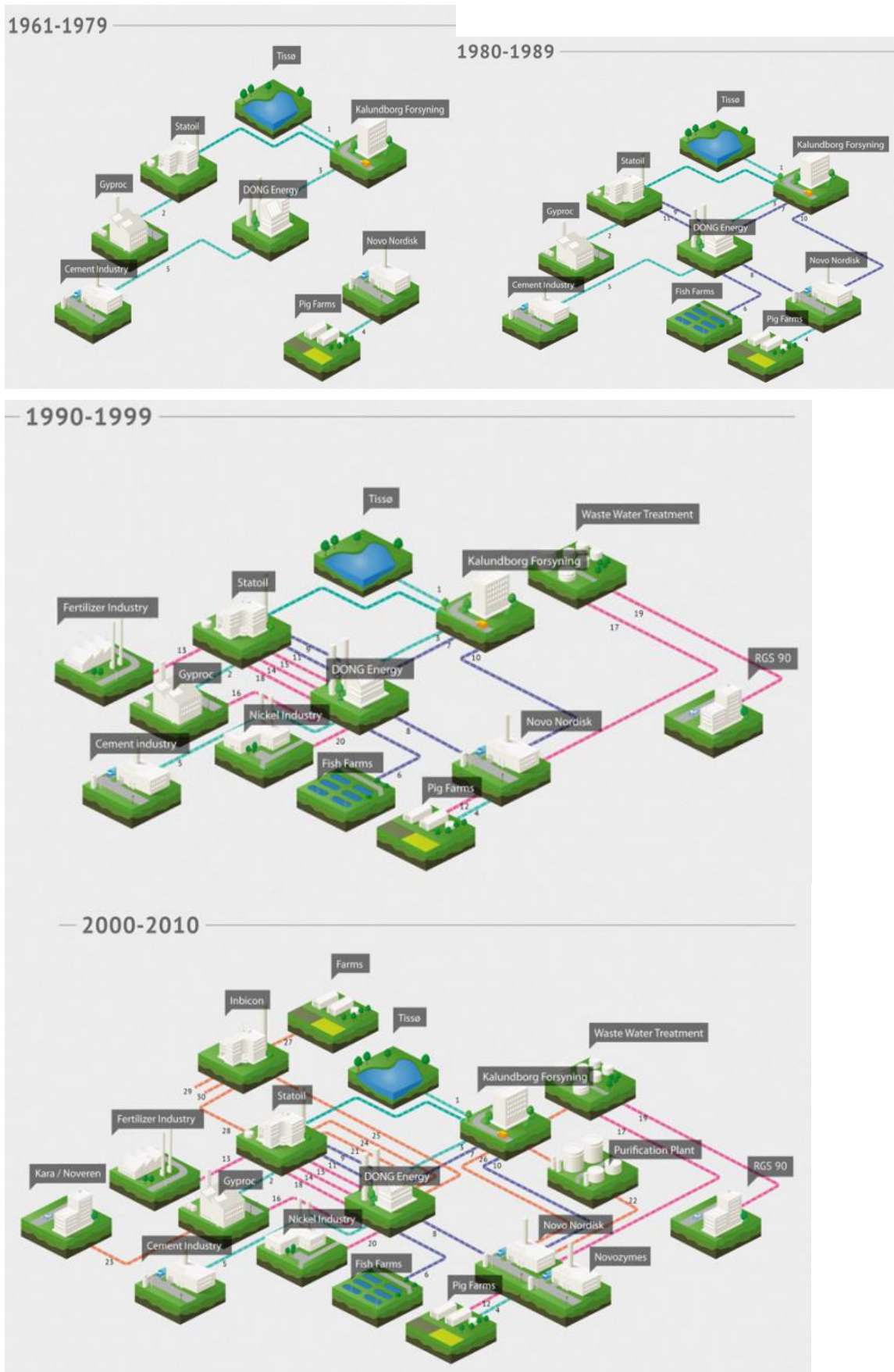
Το πλεόνασμα από την παραγωγή ινσουλίνης στην Novo Nordisk πηγαίνει στους αγρότες, ως τροφή για τους χοίρους, αντικαθιστώντας το 70% των πρωτεϊνών σόγιας στις παραδοσιακές ζωοτροφές.

Επί του παρόντος, υπάρχουν πάνω από τριάντα ανταλλαγές υλικών μεταξύ των φορέων του Kalundborg. Επίσης έχουν αναπτυχθεί και συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού.



Διάγραμμα 3: Βιομηχανική συμβίωση στο Kalundborg της Δανίας το 2002 (Jacobsen 2006)





Διάγραμμα 4: Η πορεία από το 1961 μέχρι το 2010 του Βιομηχανικού πάρκου του Kalundborg.

### Η ετήσια εξοικονόμηση πόρων στο Kalundborg από το 1997

Όλες αυτές οι ανταλλαγές συνέβαλαν στην εξοικονόμηση νερού και καυσίμων και στην αποφυγή αποβλήτων. Για παράδειγμα, το 1997, ο Asnæs εξοικονόμησε 30.000 τόνους άνθρακα (~ 2% της απόδοσης) χρησιμοποιώντας αέριο από το Statoil. Ενώ 200.000 τόνους ιπτάμενης τέφρας και κλίνκερ απόφυγαν την υγειονομική ταφή.

Μια μελέτη του 2002 έδειξε ότι από τα 1,2 εκατομμύρια m<sup>3</sup> λυμάτων που απορρίπτονται από το Statoil, μόνο τα 9000 m<sup>3</sup> ξαναχρησιμοποιήθηκαν στη μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Τα δεδομένα του 2004 έδειξαν ετήσια εξοικονόμηση 2,9 εκατομμυρίων m<sup>3</sup> υπόγειων υδάτων, και 1 εκατομμύριο επιφανειακών. Οι αποταμιεύσεις γύψου υπολογίζονται στους περίπου 170.000 τόνους, και η αποφυγή παραγωγής αποβλήτων διοξειδίου του θείου στους 53 τόνους. Οι αριθμοί αυτοί είναι ως επί το πλείστον εκτιμήσεις. Όλοι μαζί όμως, έχουν ετήσια εξοικονόμηση έως και 15 εκατομμύρια δολάρια.

### Ως μοντέλο

Η επιτυχία της Kalundborg ανέπτυξε το ενδιαφέρον για ΒΣ. Βιομηχανικοί και πολιτικοί κύκλοι άρχισαν να εξετάζουν την εφαρμογή των οικολογικών βιομηχανικών πάρκων (ΟΒΠ). Το Προεδρικό συμβούλιο των ΗΠΑ για την Αειφόρο Ανάπτυξη, το 1996, πρότεινε 15 οικολογικά βιομηχανικά πάρκα για να συνεχίσουν την ιδέα της ΒΣ. Αυτά τα πάρκα δημιουργήθηκαν από την ομαδοποίηση διαφορετικών φορέων με κοινή ροή υλικών. Ο στόχος αυτών των προγραμματισμένων ΟΒΠ ήταν να ελεγχθεί αν η επιτυχία της ΒΣ του Kalundborg θα μπορούσε να αντιγραφεί. Το Συμβούλιο για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη ορίζει 5 κύρια χαρακτηριστικά ενός επιτυχημένου ΟΒΠ: ανταλλαγή υλικού μεταξύ πολλών ξεχωριστών οντοτήτων, βιομηχανίες σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, συνεργασία στη διαχείριση των μονάδων, υπάρχουσα υποδομή για το κοινό υλικό που δεν απαιτεί πολύ επανεξοπλισμό, και "έγκυρους" ενοικιαστές.

### Το δίκτυο Kalundborg στο μέλλον

Το Kalundborg τώρα εστιάζει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πόρους. Ο σταθμός Asnæs έχει υποσχεθεί πρόσφατα στροφή κατά 50% στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

μέχρι το 2020, με το «μπλοκ 5»(παραγωγή από άνθρακα) να κλείνει και τη βιομάζα να αντικαθιστά πλήρως τις πρώτες ύλες.

## 2.3 Αγγλία

### Περίληψη

Το National Industrial Symbiosis Programme (NISP) είναι το πιο αναγνωρισμένο έργο διεθνών συνεργειών και το πρώτο εθνικό πρόγραμμα βιομηχανικής συμβίωσης του κόσμου. Το μοντέλο έχει μέχρι σήμερα επαναληφθεί σε 21 χώρες σε όλο τον κόσμο.

Το NISP προήλθε από τρία πιλοτικά προγράμματα της Σκωτίας, του West Midlands και του Yorkshire & Humberside, το 2003. Το 2005, η επιτυχία του προγράμματος τιμήθηκε με διεθνείς συνέργειες αξίας £ 27.000.000, και το πρόγραμμα επεκτάθηκε σε όλες τις εννέα περιφέρειες της Αγγλίας.

Ένας από τους λόγους για τη μεγάλη επιτυχία του προγράμματος είναι ο τρόπος διαχείρισης και μεταφοράς. Το πρόγραμμα λειτουργεί με εθνικά συντονισμένη εστίαση υποστηριζόμενη από την τοπική παράδοση. Είναι η γνώση και η ενόραση για την οικονομία και το περιβάλλον των ομάδων του NISP που επέτρεψε στο πρόγραμμα να έχει ένα τέτοιο θετικό αντίκτυπο σε όλη τη Βρετανία.

Το NISP είναι μια επιχείρηση με πάνω από 15.000 μέλη, τα οποία αποτελούν μέρος ενός μοναδικού δικτύου. Μέσω του δικτύου αυτού, το NISP προσδιορίζει αμοιβαία επικερδείς συναλλαγές μεταξύ των εταιρειών έτσι ώστε να αξιοποιούνται ανεπαρκείς ή υποτιμημένοι πόροι (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, των αποβλήτων, του νερού και της υλικοτεχνικής υποστήριξης). Το NISP αποτελείται κατά 90% από μικρομεσαίες επιχειρήσεις (που συχνά αντλούν το μεγαλύτερο όφελος από το πρόγραμμα) και κατά 10% από πολυεθνικές, από όλους τους κλάδους.

Το NISP έχει αποδώσει σημαντικά οφέλη στην οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία, τους τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης. Το NISP ενθαρρύνει τις επιχειρήσεις να ενσωματώσουν την προσέγγιση της ΒΣ στις καθημερινές επιχειρηματικές πρακτικές. Θεωρεί ότι τίποτα δεν είναι απόβλητο αλλά ένας πόρος που μπορεί, με επεξεργασία, να χρησιμοποιηθεί ως νέα είσοδος σε άλλη βιομηχανική διαδικασία.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από την κυβέρνηση και ως εκ τούτου η συμμετοχή είναι δωρεάν για όλες τις επιχειρήσεις ανεξάρτητα από το μέγεθος, τον τομέα ή τον κύκλο εργασιών τους.

Από τον Απρίλιο του 2005, το NISP βοήθησε τα μέλη του να μειώσουν την ποσότητα των αποβλήτων προς υγειονομική ταφή κατά 7 εκατομμύρια τόνους και τις συλλογικές εκπομπές τους διοξειδίου του άνθρακα κατά 6 εκατομμύρια τόνους. Επιπλέον, τα μέλη του NISP επωφελήθηκαν κατά £ 176.000.000 από πρόσθετες πωλήσεις. Το πρόγραμμα, τους βοήθησε επίσης, να μειώσουν το κόστος τους κατά 156 εκατομμύρια λίρες σε όλους τους τομείς σχετικά με τη διάθεση, την αποθήκευση, τη μεταφορά και την αγορά.

#### Ιστορική αναδρομή του προγράμματος

Το 1999, ενώ εργαζόταν ως σύμβουλος της αειφορίας για τη Shell, ο Πίτερ Λέιμπουρν εμπνεύστηκε το NISP μετά τη συνάντησή του με το Επιχειρηματικό Συμβούλιο Ηνωμένων Πολιτειών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, το οποίο λειτουργούσε ένα πρόγραμμα Υποπροϊόντων Συνεργειών στον Κόλπο του Μεξικού .

Αργότερα, στα μέσα της χρονιάς 2003, το NISP εισάχθηκε στα πιλοτικά σχέδια των περιοχών West Midlands και Yorkshire & Humber υποστηριζόμενο από την Advantage West Midlands, το Onyx (νυν Veolia) Environmental Trust και το Yorkshire Forward. Επίσης, δρομολογήθηκε η δημιουργία NISP στη Σκωτία υποστηριζόμενο από την Scottish Enterprise και τη Σκωτική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος .

Λίγο μετά το 2004, οι Διεθνείς Συνέργειες δημοσιεύουν «NISP - Το έτος επίτευξης» που σηματοδοτεί την επιτυχία των πιλοτικών προγραμμάτων.

Το 2005, έγιναν επενδύσεις από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου μέσω του Business Resource Efficiency και του Waste Programme για τη χρηματοδότηση της επέκτασης του NISP ως ένα εθνικό πρόγραμμα, το πρώτο στον κόσμο.

Το 2006, οι Διεθνείς Συνέργειες φιλοξενούν το τρίτο διεθνές συμπόσιο έρευνας Βιομηχανικής Συμβίωσης, « Βιομηχανική Συμβίωση σε δράση».

Το 2007, το NISP διαπιστεύτηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως υπόδειγμα οικολογικής καινοτομίας μέσω του σχεδίου δράσης για περιβαλλοντικές τεχνολογίες (ETAP) .

Αργότερα την ίδια χρονιά, το NISP της Βόρειας Ιρλανδίας ξεκίνησε και το Ηνωμένο Βασίλειο είχε μεγάλη συμμετοχή μελών που ξεπερνούσε τις 7.000 επιχειρήσεις.

Το 2008, το NISP αναφέρεται ως παράδειγμα «βέλτιστων πρακτικών» στην οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα της Ε.Ε.(Waste Framework Directive).

Στις αρχές του 2009, οι Διεθνείς Συνέργειες δημοσιεύουν, «NISP, ο δρόμος για μια οικονομία βιώσιμη και με χαμηλές εκπομπές άνθρακα», αναγνωρίζοντας την επιτυχία του NISP για πάνω από πέντε χρόνια.

Στα μέσα του 2009, το NISP κερδίζει το βραβείο Συνολικών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την British Expertise International και τα μέλη του αγγίζουν τις 10.000 επιχειρήσεις.

Στα τέλη του 2009, το NISP εισάγεται στο πλαίσιο σύμβασης με το Waste Resources Action Programme (WRAP).

Το 2010, απονέμεται στο NISP το βραβείο για την «Καλύτερη Μείωση Εκπομπών Ανθρακα» στα βραβεία Περιβαλλοντικής Αριστείας της edie.net.

Την ίδια χρονιά, το NISP είχε επισημανθεί ως ένα από 20 Worldwide Green Game Changing Innovations στην έκθεση που εκπονήθηκε από το Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση (WWF).

Στις αρχές του 2011, αναγνωρίστηκε ως «παράδειγμα προς μίμηση της συστημικής καινοτομίας, ζωτικής σημασίας για το μέλλον της πράσινης ανάπτυξης» από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης.

Στα τέλη του 2011, ο «Χάρτης πορείας για μια αποδοτική σε πόρους Ευρώπη» αναφέρει: "Ένας αριθμός των σχεδίων δείχνουν τα οφέλη από την αύξηση της ροής πληροφοριών, και την παροχή συμβουλών ή τη θέση των επιχειρήσεων σε πλατφόρμες εθνικής ΒΣ: Μέσω της μεγαλύτερου εθνικού προγράμματος ΒΣ της Αγγλίας (NISP), η επέκταση της επαναχρησιμοποίησης των πρώτων υλών σε ολόκληρη την Ε.Ε. θα μπορούσε να εξοικονομήσει 1,4 δις € ετησίως και να κερδίσει € 1,6 δις από τις πωλήσεις."

Στις αρχές του 2012, το NISP προτάθηκε κατά την εναρκτήρια Διεθνή Διάσκεψη Εργασίας στη ΒΣ (IWCAIS) που διοργανώθηκε από Διεθνές Συνέργειες.

Στα τέλη του 2012, κάλεσαν, τον εκπρόσωπο του NISP, στο Rio+20 για να μοιραστεί την εμπειρία του με άλλα έθνη.

Στην αρχές του 2013, το NISP πρότεινε μία μελέτη κλειδί για τη σύνοδο ΒΣ με επικεφαλή τις Διεθνείς Συνεργίες (3GF).

Στα τέλη του 2013, ο δημιουργός του NISP, βραβεύτηκε ως Sustainability Leader 2013 στα βραβεία που διοργανώθηκαν από την Sustainable Business και την edie.nut.

Στις αρχές του 2014, το NISP προβλήθηκε την σύνοδο Κυκλικής Οικονομίας «Globe 2014».

Στο τέλος του 2014, το NISP ένωσε τις δυνάμεις του με το 2degrees και συνεχίζει να ενθαρρύνει και να εμπνέει επιχειρήσεις για να ενωθούν με την ΒΣ.

#### Πώς λειτουργεί:

Ο Πίτερ Λέιμπουρν, διευθυντής του προγράμματος εξηγεί: «Πολλά από τα μέλη μας δεν έχουν την τεχνογνωσία ή το ανθρώπινο δυναμικό για την εξεύρεση τρόπων βελτίωσης της

παραγωγικότητας των πόρων, επειδή εστιάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην καθημερινή λειτουργία της επιχείρησης.

Όλα τα νέα μέλη του NISP κλήθηκαν να παράσχουν πληροφορίες σχετικά με τους πόρους της εταιρείας που έχουν και χρησιμοποιούν ως μέρος της καθημερινής τους δραστηριότητας και αυτών που αγοράζουν. Οι ασκούμενοι μετά εισάγουν τα στοιχεία αυτά σε web-based σύστημα διαχείρισης των πόρων NISP, προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές συνδέσεις.»

#### Μελέτη Περίπτωσης 1:

Η Apretito Ltd αποτελεί τον κορυφαίο ευρωπαϊκό προμηθευτή κατεψυγμένων τροφίμων. Σε μια προσπάθεια να βελτιώσει τη διαχείριση των αποβλήτων της, επικοινωνήσε με το NISP για να βοηθήσει στον εντοπισμό μιας εναλλακτικής λύσης για τη διάθεση των αποβλήτων που έστελλε μέχρι τότε προς υγειονομική ταφή.

Εν τω μεταξύ, ένα άλλο μέλος του NISP, η Andigestion, ήρθε σε επαφή με την περιφερειακή ομάδα NISP για να την βοηθήσει στην εύρεση προμηθευτή οργανικών αποβλήτων για χρήση τους ως πρώτη ύλη σε μονάδα αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η ομάδα NISP προώθησε μια σύνδεση μεταξύ δύο οργανισμών, όταν εντόπισε ότι η Andigestion θα ήταν μια ιδανική διέξοδο για τα παραγόμενα απόβλητα από την Apretito.

Αυτή η σύνδεση πρόσφερε μεγάλο κέρδος και στις δύο εταιρείες, αφού πάνω από 1.700 τόνοι αποβλήτων κάθε χρόνο δεν κατέληγαν σε υγειονομική ταφή και η μείωση σε εκπομπές άνθρακα ξεπέρασε τους 6.500 τόνους.

#### Μελέτη Περίπτωσης 2:

Η Diageo είναι ένας παγκόσμιος κατασκευαστής διάσημων αλκοολούχων ποτών σε όλο τον κόσμο. Η εταιρεία λαμβάνει τα αρωματικά για το τζιν σε σακιά, και μετά την εκκένωση των αρωματικών τα σακιά καταλήγουν σε υγειονομική ταφή. Η εταιρεία ζήτησε βοήθεια από το NISP για την εξεύρεση φθηνότερης και πιο βιώσιμης εναλλακτικής λύσης.

Η Maltwood είναι μια νέα επιχείρηση που παράγει καυσόξυλα. Η Maltwood αγόραζε σάκους για τη συσκευασία των καυσόξυλων που πωλούσε.

Η ομάδα NISP ήταν σε θέση να αποδείξει ότι σακιά της Diageo είναι καθαρά και ανθεκτικά καθιστώντας τα ιδανικά για τη Maltwood για να συσκευάζει τα καυσόξυλα της.

Το NISP έκανε τη διασύνδεση μεταξύ των δύο εταιρειών. Ωστόσο, η Diageo δεν ήταν άμεσα σε θέση να εκτρέψει τους σάκους της διότι είχαν δηλωθεί ως απόβλητα στην άδεια της. Το NISP είχε διαβούλευση με την Σκωτική Υπηρεσία Προστασίας του

Περιβάλλοντος, που βοήθησε τη Diageo στην επανακατηγοριοποίηση των σάκων από αποβλήτα σε υποπροϊόν.

Έτσι, η Diageo ξεκινήσει την αποστολή των σακίων στη Maltwood. Το NISP τους έφερε, επίσης, σε επαφή με την Kibble, μια κοινωνική επιχείρηση που παρέχει εργασιακή εμπειρία και εκπαίδευση σε έφηβα αγόρια. Τα αγόρια κόβουν ξύλα, προετοιμάζουν παραγγελίες και τα συσκευάζουν σε σάκους.

Αυτή η συνέργεια έχει σώσει για τη Maltwood πάνω από £ 20.000 που σπαταλούσε για σκοπούς συσκευασίας. Η Diageo επίσης έχει οικονομικά οφέλη, καθώς δεν χρειάζεται πλέον να πληρώσει για τη διάθεση των σάκων της σε χώρους υγειονομικής ταφής.

### Επιπτώσεις

Το NISP επέτρεψε στα μέλη του να:

- 1.εκτρέψουν 47.000.000 τόνους βιομηχανικών αποβλήτων από την υγειονομική ταφή,
- 2.κερδίσουν £ 1.000.000.000 από νέες πωλήσεις,
- 3.μειώσουν τις εκπομπές του άνθρακα κατά 42 εκατομμύρια τόνους,
- 4.μειώσουν το κόστος κατά £ 1.000.000.000 λόγω της μείωση της διάθεσης, της αποθήκευσης, της μεταφοράς των αποβλήτων,
- 5.επαναχρησιμοποιήσουν 1.800.000 τόνους επικίνδυνων αποβλήτων,
- 6.δημιουργήσουν πάνω από 10.000 θέσεις εργασίας,
- 7.εξοικονομήσουν 60 εκατομμύρια τόνους πρώτων υλών,
- 8.εξοικονομήσουν 73.000.000 τόνους βιομηχανικών υδάτων.

### **3 Υφιστάμενη κατάσταση σε Κύπρο και Ελλάδα**

#### Συμβατικά Δομικά Υλικά

Ακόμη και σήμερα, οι περισσότερες κτιριακές υποδομές καθώς και η δομική αγορά κατακλύζονται από συμβατικά δομικά υλικά, παρότι είναι γνωστές οι δυσμενείς επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Η εν λόγω περιβαλλοντική ρύπανση, δεν περιλαμβάνει μόνο τη ρύπανση από τη χρήση/λειτουργία των κτιριακών υποδομών αλλά και τη ρύπανση που προέρχεται από την παραγωγή των συμβατικών δομικών υλικών.

Γενικά, τα στάδια της βιομηχανικής δραστηριότητας στον οικοδομικό τομέα είναι :

- Παραγωγή συμβατικών δομικών υλικών (εκμετάλλευση φυσικών πόρων).
- Κατασκευή κτιρίου (εφαρμογή δομικών υλικών).
- Χρήση κτιρίου (λειτουργικότητα δομικών υλικών).
- Κατεδάφιση κτιρίου (παραγωγή δομικών αποβλήτων).

Το μεγαλύτερο σε διάρκεια στάδιο είναι αυτό της χρήση των δομικών υλικών, εκεί παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Προτεραιότητα αρχικά (δεκαετία 80'), ήταν η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου. Ωστόσο, με την όξυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω του κατασκευαστικού τομέα (από τις αρχές της δεκαετίας του '90), και λόγω της εφαρμογής νομοθετικού πλαισίου διαχείρισης αποβλήτων, άλλαξε η θεώρηση για την περιβαλλοντική συμπεριφορά των κτιρίων και των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον, έχοντας υπόψη όλη τη διάρκεια ζωής των δομικών υλικών. Έτσι άρχισε να ενσωματώνεται ο όρος αειφορία στα δομικά υλικά ώστε, να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και να επιφέρουν τη λιγότερη δυνατή επιβάρυνση σε αυτό καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Για να μιλήσουμε με αριθμούς, ο οικοδομικός τομέας καταναλώνει το 40% από την παγκόσμια κατανάλωση ανόργανων υλικών (άμμος, σκύρα, άσβεστος), το 25% της ξυλείας και το 16% του νερού παγκοσμίως.

#### Χαρακτηρισμός Αποβλήτων από Συμβατικά Δομικά Υλικά

Τα απόβλητα από τα συμβατικά δομικά υλικά παράγονται κατά την εκτέλεση διαφόρων κατασκευαστικών έργων όπως ανέγερση, ανακαίνιση και κατεδάφιση κτιρίων, κατασκευή και συντήρηση δρόμων και εκτέλεση δημοσίων έργων. Τα υλικά αυτά, ποικίλουν ανάλογα



με το είδος, την περιοχή έργου και τις μεθόδους. Οι βασικές κατηγορίες κατασκευαστικών αποβλήτων είναι :

- Απόβλητα εκσκαφών : Χώματα εκσκαφών, άμμος, πετρώματα, άργιλος, ιλύς, κλπ. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επίσης, υλικά από φυσικά φαινόμενα όπως υπερχειλίσσεις χειμάρρων, κατολισθήσεις κ.α.
- Απόβλητα οδοποιίας : Ασφαλτος, χαλίκια, άμμος, σκύρα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οδοστρωμάτων, βάσεων, υποβάθρων και υλικά από την ανακατασκευή/ανακαίνιση οδών, και από έργα υπόγειων υδραυλικών και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
- Απόβλητα κατεδαφίσεων : Η εν λόγω κατηγορία είναι η μεγαλύτερη ποσοτικά και είναι υλικά όπως σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια, πέτρες, χώματα, άμμος, χαλίκια, κεραμικά, υλικά με βάση το γύψο, το ξύλο, το γυαλί και το πλαστικό, μέταλλα (και τα κράματα τους), μονωτικά υλικά (εκτός από αυτά που περιέχουν αμιάντο) και μικτά απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων. Ακόμη, στα απόβλητα κατεδαφίσεως περιλαμβάνονται καλώδια, ηλεκτρικές συσκευές, σωλήνες και είδη υγιεινής.
- Απόβλητα εργοταξίου : Ξύλο, πλαστικό, χαρτί και χαρτόνι, γυαλί, μέταλλα, καλώδια, χρώματα, βερνίκια, κόλλες, στοιχεία επικαλύψεων προσόψεων και γενικά τα απορρίμματα από την λειτουργία εγκαταστάσεων κατασκευής, κατεδάφισης, επισκευής, ενίσχυσης, προσθήκης, επέκτασης και ανακαίνισης δομικών εφαρμογών. Αν και τα συγκεκριμένα απόβλητα μπορούν να ανακυκλωθούν πλήρως, η διαδικασία παραγωγής έχει αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

#### Πρακτικές Διαχείρισης Αποβλήτων από Συμβατικά Δομικά Υλικά

Τα απόβλητα αυτά λόγω του ογκώδους μεγέθους και γενικά των ιδιοτήτων τους, δεν μπορούν να καούν, ούτε να επεξεργαστούν σε συνήθεις εγκαταστάσεις. Στην παρούσα φάση, οδηγούνται σε ειδικά ΧΥΤΑ. Τα ΧΥΤΑ χρειάζονται ορισμένες ποσότητες των αποβλήτων αυτών για τη λειτουργία, και δεν έχουν τις ποσότητες αυτές θα πρέπει να προμηθευθούν πρωτογενή αδρανή υλικά (χώμα, άμμο, χαλίκι). Ωστόσο, οι ποσότητες που καταλήγουν στα ΧΥΤΑ είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αναγκαίες.

#### Εναλλακτική Διαχείριση Αποβλήτων Συμβατικών Δομικών Υλικών

Οι σημαντικότερες ενέργειες που πρέπει να γίνουν για αποτελεσματική ανακύκλωση και μείωση των αποβλήτων είναι :

1.Ορθός σχεδιασμός και στρατηγική διαχείριση της ροής των δομικών υλικών πριν την έναρξη των εργασιών.

2.Λήψη μέτρων για επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των κτιρίων, με γνώμονα την κατασκευαστική ακεραιότητα, τον περιβαλλοντικό σεβασμό και την ευελιξία σε θέματα αλλαγής χρήσης.

3.Υπολογισμός ακριβείας των παραγγελιών των δομικών υλικών και χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων, για αποφυγή κοψιμάτων και δημιουργίας αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη την εξοικονόμηση ενέργειας.

4. Χρήση υψηλής ποιότητας δομικών υλικών (λιγότερες απώλειες και απόβλητα, εξοικονόμηση πόρων).

Στόχος της οικοδομικής βιομηχανίας είναι η αύξηση της διάρκειας ζωής των κτιρίων και η εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας. Σε άλλες χώρες γίνονται συμφωνίες, έχουν αναπτυχθεί κατάλογοι και δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών στο διαδίκτυο, για την προσφορά και ζήτηση υλικών από κατεδαφίσεις για ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση. Γενικά, η ανακύκλωση υλικών μπορεί να διευκολυνθεί από το σχεδιασμό της κατασκευής με την αποφυγή χρήσης υλικών που δεν διαχωρίζονται στο τέλος της ζωής τους. Έτσι, θα πρέπει το κτίριο να σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψη την μετέπειτα αποσυναρμολόγηση του, όχι κατεδάφιση. Σε άλλες χώρες, ήδη τα οικοδομικά απόβλητα ανακυκλώνονται. Στη Γερμανία ανακυκλώνεται το 90% των υλικών οδοποιίας, στην Αγγλία το 30%, ενώ στην Ολλανδία και το Βέλγιο το 25% των αδρανών στο προκατασκευασμένο σκυρόδεμα προέρχεται από ανακυκλωμένα αδρανή. Σημαντικό είναι να αναπτυχθούν πρότυπα και κανονισμοί για τις πιθανές χρήσεις κάθε κατασκευαστικού απόβλητου. Ο διαχωρισμός των υλικών ανά κατηγορία και μέγεθος εντός του εργοταξίου είναι ιδιαίτερα σημαντικός αφού η μετέπειτα επεξεργασία ανάμεικτων υλικών είναι οικονομικά ασύμφορη.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης αποβλήτων στην οικονομική βιομηχανία στην Κύπρο, είναι η χρήση αποβλήτων γυαλιού συσκευασίας στην παραγωγική διαδικασία παραγωγής τσιμέντου από το Τσιμεντοποιείο Βασιλικού (Enerco-energy recovery). Ακόμη, η εταιρία ΜΣ (Σκύρα) Βάσας Λτδ επεξεργάζεται το γυαλί και παράγει άμμο (μετά από θραύση και λειοτριβίση) για προσθήκη σε υλικά επιχωματώσεων.

Ανακύκλωση στην Ελλάδα

Ο κατασκευαστικός τομέας ευθύνεται για το 40% της κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως, μεγάλο μέρος της οποίας θα μπορούσε να εξοικονομηθεί με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών ως πρώτες ύλες στον κατασκευαστικό τομέα. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου, παρατηρείται αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων, και ιδιαίτερα αυτών με αυξημένη τοξική σύνθεση και των σύνθετων υλικών, που είναι ακόμη δυσκολότερο να διαχειριστούν.

Στην Ελλάδα, τα πιο συνηθισμένα παραδείγματα χρήσης ανακυκλωμένων υλικών στον οικοδομικό τομέα είναι η επανάχρηση ολόκληρων μονάδων όπως container ή βαγονιών τρένων ή τράμ. Το «τρένο στο ρούφ» χρησιμοποιεί παλιά βαγόνια τρένων ως χώρο θεατρικών και μουσικών παραστάσεων. Το «τραμ cafe» αξιοποιεί ένα παλιό βαγόνι τραμ ως καφεστιατόριο. Ακόμη, στην Τεχνόπολη στο Γκάζι, ένα container χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία ενός προσωρινού βιβλιοπωλείου Παπασωτηρίου. Τα ράφια για τα βιβλία είναι επαναχρησιμοποιημένες πλαστικές παλέτες μεταφοράς προϊόντων.

Παρόλα αυτά η Ελλάδα και η Κύπρος βρίσκονται πολύ πίσω στον τομέα αξιοποίησης ενέργειας από εναλλακτικά καύσιμα, καθώς άλλες χώρες όπως η Γερμανία το 75% της ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τα εναλλακτικά καύσιμα, ενώ στην Ελλάδα και την Κύπρο το 100% προέρχεται από συμβατικά καύσιμα. Τα προβλήματα υπάρχουν κυρίως γιατί δεν υπάρχουν ανάλογες εγκαταστάσεις και έλλειψη ολοκληρωμένων λύσεων και κεντρικό σχεδιασμό. Ακόμη, η Γερμανία αξιοποιεί όχι μόνο τα δικά της απορρίμματα αλλά και χωρών καθυστερημένων περιβαλλοντικά όπως είναι η Ελλάδα και η Ιταλία.

Επιπλέον, είναι αναγκαίο να γίνεται συλλογή και αξιοποίηση των αποβλήτων, αφού αποτρέπει την εισαγωγή νέων πρώτων υλών, δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες και η παραγωγή θα γίνεται εντός της χώρας. Επιπλέον θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το κόστος των μεταφορικών. Ο χάλυβας για παράδειγμα για να μεταφερθεί από τη Μέση Ανατολή.

## 4 Ανακύκλωση αποβλήτων για χρήση ως δομικά υλικά

Η ανακύκλωση των υλικών στη κατασκευή διαχωρίζεται σε τέσσερα είδη: Σε πρωτογενή και δευτερογενή, ανάλογα με το που χρησιμοποιούνται τα ανακυκλωμένα υλικά - και σε άμεση και έμμεση, ανάλογα με την επεξεργασία που υφίστανται για να επαναχρησιμοποιηθούν. (Asam 2005)

Στην πρωτογενή ανακύκλωση τα υλικά χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή που είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί (επαναχρησιμοποίηση), ενώ στη δευτερογενή γίνεται αλλαγή στον τρόπο χρήσης τους. Και συγκεκριμένα στον οικοδομικό τομέα, η πρωτογενή ανακύκλωση αφορά καθαρά οικοδομικά υλικά ενώ η δευτερογενή «μη οικοδομικά υλικά», δηλαδή βιομηχανικά ή βιοτεχνικά απόβλητα.

Δύο από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα πρωτογενούς ανακύκλωσης είναι η πέτρα και το μάρμαρο, που προέρχονται από μία κατεδαφισμένη κατασκευή, και χρησιμοποιούνται σε μία νέα. Ενώ για τη δευτερογενή, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο χαρτοπολτός από συσκευασίες χαρτονιού. Ο πολτός χαρτιού παράγεται από διαχωρισμό και επεξεργασία έντυπου χαρτιού.

Στην άμεση, τα υλικά για να επαναχρησιμοποιηθούν χρειάζονται ελάχιστη ή καθόλου επεξεργασία. Από περιβαλλοντικής απόψεως, είναι προτιμότερα τα άμεσα, γιατί δεν αλλοιώνεται η ποιότητα του υλικού και καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τα έμμεσα. Για να γίνει αυτό βέβαια, πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις: Να υπάρχει επάρκεια του υλικού, να έχει το σωστό μέγεθος για την εφαρμογή και αν χρειάζεται (και πόση) επεξεργασία για να ξαναχρησιμοποιηθούν ή ποια στοιχεία χρησιμοποιούνται ξανά αυτούσια (Hinte 2007). Στα έμμεσα προηγείται επεξεργασία, αυτά είναι τα λεγόμενα ανακυκλωμένα υλικά. Τα πλείστα υλικά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Συνήθως η δευτερογενής ανακύκλωση ταυτίζεται με την έμμεση, διότι για να χρησιμοποιηθούν τα απόβλητα σε διαφορετικές χρήσεις, απαιτείται κάποια επεξεργασία.

### 4.1 Πρωτογενής Ανακύκλωση

Πίνακας 1: Ενέργεια που χρησιμοποιείται για την πρωτογενή και την ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών στην Αγγλία.

Υλικά	Απαιτούμενη ενέργεια κατά την πρωτογενή παραγωγή(GJ/tn)	Απαιτούμενη ενέργεια κατά την ανακύκλωση (GJ/tn)
-------	---	--

Σκυρόδεμα	0,5-1,5	0,5-1,5
Τούβλα	2,5-6,1	Καθόλου
Ξύλο	4-5	Καθόλου
Γυαλί	13-25	10-20
Πλαστικό	80-220	50-160
Χάλυβας	25-45	9-15
Χαλκός	70-170	10-80
Αλουμίνιο	150-220	10-15

Τα κατασκευαστικά απόβλητα (συμπεριλαμβανομένου και αυτών των κατεδαφίσεων), σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κατάλογο (2001/117/EK) είναι :

1. τούβλα, κεραμικά πλακάκια και σκυρόδεμα
2. ξύλο, γυαλί και άσφαλτος
3. χάλυβας και μη σιδηρούχα μέταλλα
4. χώματα, πέτρες και μπάζα από εκσκαφές

#### **4.1.1 Τούβλα, κεραμικά πλακάκια και σκυρόδεμα**

##### **4.1.1.1 Ανακύκλωση τούβλων και κεραμικών πλακιδίων**

Κύρια συστατικά για τα τούβλα και τα πλακάκια από κεραμικό είναι ο πηλός, το νερό και η άμμος(για ευκολότερη επεξεργασία). Το παραγόμενο μείγμα θερμαίνεται στους 1000 °C (μεγάλη κατανάλωση ενέργειας). Δεδομένου ότι ο πηλός μετά το ψήσιμο, αποκτά μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι απαραίτητο να ανακυκλώνεται για να εξοικονομηθεί ενέργεια. Παρόλα αυτά η επαναχρησιμοποίησή τους είναι οικονομική δεδομένου ότι έχουν συνδεθεί με ασβεστοκονίαμα, που θα αφαιρεθεί, και ταυτόχρονα πρέπει να γίνει έλεγχος των τούβλων για ύπαρξη ρωγμών. Γενικά, τα πλακίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά, αυτούσια ή σαν σπασμένα κομμάτια όπως στην τεχνική του Gaudi.

##### **4.1.1.2 Ανακύκλωση σκυροδέματος**

Κύρια συστατικά του σκυροδέματος είναι αμμοχάλικο(53%), άμμος(26%), τσιμέντο(14%) και νερό(7%). Η εξόρυξη, κυρίως του αμμοχάλικου και κατά δεύτερο λόγο, της άμμου είναι επιβλαβής για το περιβάλλον, το ίδιο και η μεταφορά και η διαχείριση των

παραπροϊόντων τους. Γενικά η παραγωγή του σκυροδέματος από ασβέστη με άμμο και πηλό χρειάζεται πολλή ενέργεια για να γίνει καθώς απαιτεί θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες (2000°C), και απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η ανακύκλωση με στόχο τη μείωση της παραγωγής του σκυροδέματος.

Το προκατασκευασμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για ανακύκλωση σε νέα κτίρια. Το προκατασκευασμένο σκυρόδεμα αποτελείται από τσιμέντο, άμμο, ασβέστη και συνήθως μεγάλη ποσότητα PFA (Pulverised Fuel Ash/Fly Ash), το οποίο είναι κατάλοιπο καύσης, ένα άχρηστο υλικό που παράγουν οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί καύσης ορυκτών καυσίμων. Έτσι, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χρόνου, αφού για την κατασκευή του προκατασκευασμένου στοιχείου μπετόν χρειάζονται επιπλέον 3-4 εβδομάδες. Επιπλέον, το προκατασκευασμένο μπετόν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αφού δεν δείχνει να έχει φθορές, αντίθετα με το πέρασμα του χρόνου οι αντοχές του αυξάνονται. Φυσικά θα πρέπει να γίνει ποιοτικός έλεγχος και αν υπάρχουν βλάβες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Το μειονέκτημα των στοιχείων αυτών είναι ότι έχουν σταθερές διαστάσεις και τρόπο στήριξης, στοιχεία που περιορίζουν τη χρήση τους στην νέα κατασκευή αφού θα πρέπει να τοποθετηθούν με συγκεκριμένο τρόπο, αλλιώς θα χρειαστεί επεξεργασία άρα και κατανάλωση ενέργειας.

Γενικά, η κατασκευή από ανακυκλωμένες πλάκες εξοικονομεί 30-40% του κόστους της αντίστοιχης κατασκευής με νέα υλικά, όπως επίσης και καύσιμα για τον θρυμματισμό του μπετόν σε χαλίκια. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι περιορίζουν τις επεμβάσεις στους τοίχους, δηλαδή το τρύπημα/κάρφωμα και έχουν πολύ μεγάλο βάρος (5 τόνους το κάθε πάνελ) που απαιτεί γεράνο για να τους τοποθετήσει.(Fischer 2006)

Η έμμεση ανακύκλωση των συνήθη κατασκευών από σκυρόδεμα γίνεται με το τέλος του κύκλου ζωής τους. Τα αδρανή υλικά (τσιμέντο και αδρανή) μπορούν να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν ξανά στη θεμελίωση ενώ σε χώρους στάθμευσης το θρυμματισμένο τσιμέντο μπορεί να προστεθεί στη θέση του αμμοχάλικου κατά 20%. Ακόμα, στην περίπτωση του οπλισμένου σκυροδέματος, ο περιεχόμενος χάλυβας οπλισμού μπορεί να αφαιρεθεί, να λιώσει και διαμορφωθεί ξανά για χρησιμοποιηθεί σε νέες κατασκευές.

## 4.1.2 Ξύλο, Γυαλί, Ασφαλτος

### 4.1.2.1 Ανακύκλωση ξύλου

#### Πηγές αποβλήτων ξύλου

##### 1. Κατασκευές

Προέρχονται από όλα τα είδη των εργοταξίων, συμπεριλαμβανομένων των νέων οικοδομών και ανακαινίσεων, και ανέρχονται σε περίπου 0.85 τόνους ανά έτος (2010). Αποτελούνται από όλους τους διαφορετικούς τύπους αποβλήτων ξύλου, συμπεριλαμβανομένων μασίφ ξύλου, σπασμένες παλέτες, κομμάτια από πλαστικοποιημένες μοριοσανίδες, κόντρα πλακέ, και MDF (Medium Density Fibreboard). Η ποικιλία των ειδών, απαιτεί και διαφορετικό τρόπο ανακύκλωσης, άρα είναι πιο δύσκολο να ανακυκλωθούν συμβατικά. Ωστόσο, αυτό επιτρέπει την εύρεση της καλύτερης δυνατής χρήσης για κάθε κομμάτι.

##### 2. Κατεδάφιση

Κάθε χρόνο, οι κατεδαφίσεις παράγουν περίπου 1 τόνο (2010) απόβλητα ξύλου. Από τη βιομηχανία κατεδάφισης διασώζονται από παλιά τούβλα, καμινάδες, τζάκια μέχρι νεροχύτες. Η τιμή κατεδάφισης ενός κτιρίου συνήθως επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την αξία των υλικών που μπορούν να διασωθούν.

##### 3. Επεξεργασία και μεταποίηση ξύλου

Περιλαμβάνει απόβλητα ξύλου από εργοστάσια ξυλείας, ξυλουργικά μαγαζιά και από περιφράξεις ή έπιπλα και εκτιμάται ότι ανέρχεται σε περίπου 0.4 τόνους (2010) ετησίως.

Οι εν λόγω επιχειρήσεις παράγουν σχετικά μικρές ποσότητες αποβλήτων ξύλου και συνήθως υπάρχουν άνθρωποι που τα χρησιμοποιούν για θέρμανση το χειμώνα, αφού καίνε περισσότερο και αφήνουν λιγότερη στάχτη. Επειδή τα εν λόγω απορρίμματα ξύλου είναι σχετικά καθαρά και αμιγή, είναι πολύ πιο εύκολο να ανακυκλωθούν συγκριτικά με αυτά από κατασκευές ή κατεδαφίσεις. Μερικές μεγαλύτερες επιχειρήσεις που παράγουν αυτό το είδος αποβλήτων μειώνουν τα κόστη διάθεσης, έχοντας τα δικά τους συστήματα θέρμανσης με ξύλα.

##### 4. Παλέτες και ξύλινες συσκευασίες

Περιλαμβάνουν τα απορρίμματα συσκευασίας, όπως κιβώτια, κουτιά, πηνία καλωδίων και παλέτα. Τα παλέτα είναι τα πιο εύκολα, και ως εκ τούτου φθηνότερα, απόβλητα ξύλου για

ανακύκλωση. Συνήθως είναι «καθαρά» (μη επεξεργασμένα) και εύκολα στο χειρισμό, έτσι κάθε βιομηχανία ανακύκλωσης ξύλου τα επιζητά.

#### 5. Αστικά απόβλητα ξύλου

Περιλαμβάνουν σπασμένα έπιπλα, παλιά έπιπλα κουζίνας και παλιά υλικά περίφραξης, μεγάλο μέρος των οποίων έχει συντηρητικά ή βαφή. Κατά συνέπεια, είναι η χαμηλότερη ποιότητα όλων των διαφορετικών αποβλήτων ξύλου για αυτό και πολύ λίγα επαναχρησιμοποιούνται.

#### Καταλληλότερη χρήση για το ανακυκλωμένο ξύλο

Για να βρεθεί η καταλληλότερη χρήση για το ανακυκλωμένο ξύλο, χωρίζεται σε βαθμούς και κάθε βαθμός υπόκειται σε διαφορετικό τέλος επεξεργασίας:

Βαθμός Α: "Καθαρό" ανακυκλωμένο ξύλο, υλικό που παράγεται από παλέτα και δευτερογενή παραγωγή.

Βαθμός Β: Βιομηχανική πρώτη ύλη, η ανάμειξη των πιο πάνω υλικών με απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων.

Βαθμός C: Καύσιμο, όλα τα παραπάνω υλικά συν τα απορρίμματα ξύλου από δημοτικές συλλογές και εγκαταστάσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύσιμα βιομάζας.

Βαθμός Δ: Επικίνδυνα απόβλητα, όλα τα πιο πάνω συν το επεξεργασμένο υλικό.

#### Γεγονότα

Το ξύλο μπορεί να ανακυκλωθεί είτε με την παραγωγή μοριοσανίδων, οι οποίες αποτελούν το 38%(2010) των ανακυκλωμένων ξύλων και είναι η καθαρότερη πρώτη ύλη (απαλλαγμένη από προσμίξεις), είτε ως ενέργεια με ποσοστό 19%. Η ανακύκλωση ενός τόνου ξύλου εξοικονομεί 18.000 BTUs θερμικής ενέργειας. Από το σύνολο των περίπου 30 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων ανακτημένου ξύλου στην Ευρώπη σήμερα το 38% ανακυκλώνεται, το 34% χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας και το 28% καταλήγει σε χωματερές, υγειονομική ταφή ή κομποστοποίηση.

#### Ταξινόμηση απορριμμάτων ξύλου με το Συμβούλιο Διαχείρισης Δασών

Η προδιαγραφή FSC-STD-40-007 (2007) του Συμβουλίου δίνει τους παρακάτω ορισμούς:

1. Ανακτημένο ξύλο/ίνες μετά την κατανάλωση: ξύλο και/ή ίνες που ανακτώνται από ένα προϊόν, μετά τη χρησιμοποίησή του, και αφού έχει φτάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του για τη συγκεκριμένη χρήση,



2. Ανακτημένο ξύλο/ίνες πριν την κατανάλωση: ξύλο και/ή ίνες που ανακτώνται από ένα προϊόν, παραπροϊόν ή υποπροϊόν κατά τη διάρκεια ή μετά την κατασκευή του, που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην διαδικασία κατασκευής και ανακτάται πριν φτάσει το προϊόν στον τελικό καταναλωτή,
3. Υποπροϊόντα ξύλου (απόβλητα ξύλου από δευτερογενείς και επακόλουθες εγκαταστάσεις επεξεργασίας): υλικά ξύλου σε μορφή πριονιδιού, ινών ξύλου, αποκόμματα ξύλου από μασίφ ξύλο ή ξυλοπλάκες που προκύπτουν από οποιαδήποτε μεταποίηση ή παραγωγική διαδικασία, μετά την κύρια κατεργασία και τα οποία μπορούν να ανακτηθούν και να ανακυκλωθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγική διαδικασία,
4. Επικίνδυνα: Μη αποδεκτά υλικά για ανακύκλωση και χρήση στην παραγωγή ξυλοπλακών: α) ξύλο που υπερβαίνει τα όρια χημικών ρύπων που αναφέρονται στην προδιαγραφή, β) εμποτισμένο ξύλο (π.χ. στύλοι, στρωτήρες, κ.λπ.) που περιέχει αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα ως αποτέλεσμα επεξεργασίας με συντηρητικά ξύλου.

#### Μέθοδοι επαναχρησιμοποίηση ανακτημένου ξύλου στις βιομηχανίες ξυλοπλακών

Τα προβλήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση ανακτημένου ξύλου, έχουν να κάνουν με την καθαρότητα του υλικού (παρουσία τοξικών ουσιών) αλλά και τις τεχνολογίες ανακύκλωσης. Η συνηθέστερη πρακτική ανακύκλωσης περιλαμβάνει μηχανικό χειρισμό των απορριμμάτων ξύλου που όμως οδηγεί σε ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες με υποδεέστερη ποιότητα. Νέες μέθοδοι αναπτύσσονται συνεχώς προκειμένου να λύσουν τα προβλήματα αυτά και σχετίζονται με υδροθερμικούς χειρισμούς. Αρχή των μεθόδων αυτών είναι η υδρόλυση της συγκολλητικής ουσίας προκειμένου να ανακτηθούν οι ξυλώδεις πρώτες ύλες και πλεονεκτήματα, να μειωθεί η κατανάλωση νέων συγκολλητικών ουσιών λόγω της επανεργοποίησης της εναπομένουσας συγκολλητικής ουσίας, να μειωθεί η έκλυση φορμαλδεΐδης από τις ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες και να γίνει ευκολότερη η απομάκρυνση των ξένων υλικών, π.χ. μέταλλα, πλαστικό, γυαλί. Ενδεικτικά αναφέρονται οι μέθοδοι Sandberg, Pfleiderer, WKI, Roffael, Hesch, Fibersolve, και η μέθοδος των Λυκίδη και Γρηγορίου.

#### Διαδικασία ανακύκλωση ξυλοπλακών

1. Συλλογή απορριμμάτων ξύλου

2. Προεπιλογή: Απαλλαγή του ξύλου από επικίνδυνες χημικές ουσίες

3.Ταξινόμηση: Ταξινομούνται οπτικά και απομακρύνονται ξένες ύλες, όπως πλαστικά, χαρτί, μέταλλα, κ.λπ.

4.Μίξη: Ανάμειξη με υπολείμματα παραγωγής και υπολείμματα υλοτομικών εργασιών.

5.Τεμαχισμός/ταξινόμηση: Το μίγμα τεμαχίζεται και κατόπιν καθαρίζεται από τυχόν παρουσία μετάλλων και άλλων υλικών με μαγνήτες και αέρα.

Το ξύλο ως ευέλικτο υλικό που είναι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στον οικοδομικό τομέα σε: συμπαγή μορφή, σκελετούς οικοδομών, μορφή επίπεδων επιφανειών (panel) σε πατώματα, στέγη, τοίχους και ντουλάπια. Στα πάνελ ξύλου περιλαμβάνονται τα MDF και OSB (Oriented Strand Board- πάνελ που χρησιμοποιούνται για κατασκευή ολόκληρων ξύλινων κατοικιών) που κατασκευάζονται από μικρά κομμάτια ξύλου και πριονίδια, τα οποία συνδέονται με ρητίνες κάτω υπό υψηλή πίεση (έμμεση ανακύκλωση).

Λόγω της αυξανόμενης τιμής του ξύλου, της υποβάθμισης της ποιότητας του και της αυξανόμενης οικολογικής ευαισθησίας, λόγω της αλόγιστης κατανάλωσης ξυλείας, υπάρχει η ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών λύσεων για κατασκευές από ξύλο. Έτσι, με την άμεση επαναχρησιμοποίηση (μόνο με απλές επισκευές) ξύλινων στοιχείων σε καλή κατάσταση όπως πόρτες, παράθυρα, σκελετός στέγης και δομική ξυλεία, εξοικονομείται ενέργεια και πρώτες ύλες. Για παράδειγμα, για το σκελετό της στέγης, για να μπορέσουν τα ξύλινα στοιχεία να αξιοποιηθούν στο μέγιστο θα πρέπει να αποσυνδέονται οι ενώσεις και όχι τα αποκόπτονται τα άκρα των ξύλων. Τα ξύλα που θα είναι κατάλληλα, τα καρφιά τους θα αφαιρεθούν και θα τριφτούν οι επιφάνειες τους με σμυριδόχαρτο για να έχουμε μόνο το υγιές μέρος του ξύλου. Ακολούθως, θα γίνει επικάλυψη με μυκητοκτόνο, απεντομοτικό ή και πυροπροστατευτικό. Καλό θα είναι να μην χρησιμοποιηθεί ενέργεια σε κανένα στάδιο της αποσυναρμολόγησης διότι θα μπορούσε να βλάψει κάποιο δομικό υλικό. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις δοκούς που θα αφαιρεθούν από τις πακτώσεις τους, ώστε να μην προκληθεί ισχυρή διαταραχή. (Πασπαλλής και Γεωργακόπουλος 2000)

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποσυναρμολόγησης κατασκευής από ξύλο βρίσκουμε στο Fort Ord της California, που έγινε το 2004, όπου η εταιρία «wood waste diversion» αποσυναρμολόγησε παλιά κτίρια που είχαν ξύλινο σκελετό, τον αξιοποίησε για να επενδύσει την οροφή του κέντρου επισκεπτών του πανεπιστημίου της California. Το κυριότερο πρόβλημα σε όλη τη διαδικασία ήταν η επικάλυψη των ξύλινων στοιχείων με

ασβέστη και μπογιά με μόλυβδο, έτσι για την απομάκρυνση τους εφαρμόστηκε μία ειδική μέθοδο (mobile lead based Paint Removal System). (Lifecycle Building Challenge)

Παράδειγμα προκατασκευασμένης κατοικίας από ξύλινα παλέτα, βρίσκεται στην πόλη Cluj-Napoca της Ρουμανίας. Στο εξωτερικό μέρος τοποθετήθηκαν θραύσματα από παλέτα και στο εσωτερικό ολόκληρα παλέτα.



Διάγραμμα 5: Προκατασκευασμένη κατοικία στη Ρουμανία από ξύλινα παλέτα.

Ένα ακόμη παράδειγμα χρήσης ξύλινων παλέτων ως δομικό υλικό είναι το κτίριο των Andreas Claus και Pils Gregor του Πανεπιστημίου της Βιέννης, που παρουσιάστηκε ως οικιστική λύση χαμηλού κόστους στην έκθεση νέων αρχιτεκτόνων 'Gaudi' και κέρδισαν την πρώτη θέση. Έχει εμβαδόν (εσωτερικό) γύρω στα 100 m<sup>2</sup>, και η κατασκευή του κόστισε μόνο 800 ευρώ (8€/τμ.). Οι αρχιτέκτονες συζητούν με την κυβέρνηση της Νοτίου Αφρικής για να κατασκευάσουν κτίρια για τη στέγαση των άστεγων.



Διάγραμμα 6: Προκατασκευασμένη Κατοικία από Ξύλινα Παλέτα από τους Andreas Claus και Pils Gregor.

#### 4.1.2.2 Ανακύκλωση γυαλιού

Το γυαλί γίνεται από διαθέσιμα εγχώρια υλικά, όπως χαλαζιακή άμμος (άφθονη στη φύση), σόδα, ασβεστόλιθο και «υαλόθραυσμα». Μπορεί να ανακυκλωθεί ξανά και ξανά χωρίς απώλεια στην ποιότητα ή την καθαρότητα του. Για κάθε τόνο ανακυκλωμένου γυαλιού, εξοικονομούνται £ 1.300 άμμου, £ 410 σόδας, £ 380 ασβεστόλιθου και £ 160

υαλοθραύσματος. Το ανακυκλωμένο γυαλί υποκαθιστά έως και 70% των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή νέου γυαλιού. Οι κατασκευαστές επωφελούνται από την ανακύκλωση με διάφορους τρόπους: μειώνονται οι εκπομπές και η κατανάλωση πρώτων υλών, επεκτείνεται η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού της μονάδας (όπως φούρνοι) και εξοικονομείται ενέργεια. Η ανακύκλωση γυαλιού δεν δημιουργεί πρόσθετα απόβλητα ή υποπροϊόντα.

Το γυαλί αποτελείται κατά 70% από διοξείδιο του πυριτίου, 14% οξείδιο του ασβεστίου και το υπόλοιπο από οξείδιο του νατρίου, που δεν παράγουν ρύπους. Το περιβαλλοντικό πρόβλημα που προκύπτει από την παραγωγή γυαλιού είναι η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή και τη μεταφορά του. Για να μιλήσουμε με αριθμούς, η παραγωγή ενός τόνου γυαλιού παράγει ένα τόνο CO<sub>2</sub> και ακόμη ένα για τη μεταφορά του. Η παραγωγή του γυαλιού, καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας, λόγω της αναγκαιότητας διατήρησης υψηλών θερμοκρασιών (πάνω από 15.000 C°).

#### Διαχείριση γυαλιού κατασκευών και κατεδαφίσεων

Στην Ευρώπη, κάθε χρόνο, περίπου 1,2 εκατομμύρια τόνοι γυαλιού παράγονται από γυαλιά κατεδαφίσεων και ανακαινίσεων κτιρίων. Το γυαλί αντιπροσωπεύει το 0,66% των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις. Υπάρχουν τρεις κύριες λειτουργίες που εμπλέκονται στην ανακύκλωση του γυαλιού που παράγεται από κατασκευές και κατεδαφίσεις:

1. Αποσυναρμολόγηση: το γυαλί απομακρύνεται από το κτίριο και κατατάσσεται σύμφωνα με τον τύπο και την προτεινόμενη τελική χρήση του.
2. Επεξεργασία υαλοθραυσμάτων: μόνο μία περιορισμένη ποσότητα γυαλιού από κατασκευές και κατεδαφίσεις ανακυκλώνεται, καθώς στις περισσότερες χώρες δεν υπάρχει τυποποιημένο σύστημα για την αποσυναρμολόγηση και συλλογή.
3. Τεμαχισμός: τα απόβλητα συνθλίβονται και τεμαχίζονται σε κομμάτια.

#### «Κατάρρευση» γυαλιού, μία νέα τεχνική επεξεργασίας από την εταιρεία Krysteline

Παλαιότερα η μόνη επεξεργασία που επιδέχεται το γυαλί ήταν η θραύση. Αυτό, όμως, μείωνε την ποιότητα του. Επίσης, το γυαλί ήταν πολύ σκληρό, ο σπαστήρας αργός, έτσι η κατανάλωση ενέργειας μεγάλη και η φθορά του εξοπλισμού επίσης. Η κατάρρευση εφευρέθηκε για την ικανοποίηση της νέας περιβαλλοντικής νομοθεσίας που θεσπίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και απαγόρευε την απόρριψη αποβλήτων στη θάλασσα

από τη θαλάσσια βιομηχανία. Η βιομηχανία υποχρεούται να αποθηκεύει τα απόβλητα της. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου όγκου και ότι το γυαλί δεν καίγεται, τα απόβλητα παρέμειναν ένα τεράστιο πρόβλημα. Αναγκαίος ήταν ένας νέος τύπος επεξεργαστή γυαλιού που να συμπυκνώνει το γυαλί για να μειώσει τον όγκο του και να το κάνει ασφαλέστερο στο χειρισμό. Ο πρώτος συμπαγής επεξεργαστής, τεσσάρων τόνων ανά ώρα, αναπτύχθηκε το 1994. Λόγω της αξιοπιστίας του, της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και της ευκολίας συντήρησης, έγινε πρότυπο, και τώρα αντιπροσωπεύει περισσότερο από 50% των εγκαταστάσεων σε όλο τον κόσμο.



Διάγραμμα 7: Το παραγόμενο γυαλί είναι ασφαλές στο χειρισμό.

#### Τι είναι η τεχνολογία κατάρρευσης γυαλιού:

Η Krysteline, μια εταιρεία που εδρεύει στο Ηνωμένο Βασίλειο, προσφέρει μια νέα λύση που ονομάζεται «κατάρρευση», η οποία είναι σε θέση να διαχωρίζει και να εξάγει εκ νέου γυαλί ποιότητας, χωρίς να επηρεάζει τα άλλα υλικά.

Η κατάρρευση δεν σημαίνει άλεσμα, σφυρηλάτηση ή χτύπημα του γυαλιού, ως εκ τούτου, είναι μειωμένη, κατά μεγάλο βαθμό, η φθορά που προέκυπτε από την παραδοσιακή επεξεργασία του γυαλιού (θραύση). Η τεχνική παράγει μια σειρά από μεγέθη, από 0,2 έως 30 χιλιοστά και το παραγόμενο γυαλί δεν είναι αιχμηρό, αλλά ασφαλές στο χειρισμό. Όλα τα είδη γυαλιού μπορούν να υποστούν την επεξεργασία αυτή, εξοικονομώντας έτσι χρόνο διάθεσης. Η τεχνολογία κατάρρευσης είναι «συντονισμένη» να επεξεργάζεται μόνο το γυαλί, αφήνοντας πίσω άλλα απόβλητα από χαρτί, πλαστικό κλπ. Η διαδικασία λειτουργεί με υψηλή ταχύτητα, αλλά χρησιμοποιεί χαμηλή ροπή, και επομένως καταναλώνει συνήθως το ένα τέταρτο της ισχύος της θραύσης γυαλιού. Το προϊόν μπορεί να μειωθεί σε οποιοδήποτε απαιτούμενο μέγεθος.

#### Υαλοπίνακες επίπλευσης ή αλλιώς «υαλόθραυσμα»

Οι υαλοπίνακες επίπλευσης είναι γυαλί που επιτρέπει την στερέωση σε λειωμένο μέταλλο. Η διαδικασία κατασκευής τους παράγει ελάχιστα απόβλητα (και μια εξαιρετικά μικρή ποσότητα τοξικών αποβλήτων) ενώ ανακυκλώνει σχεδόν όλα τα απορρίμματα γυαλιού κατά τη διαδικασία παραγωγής. Αυτό το γυαλί επανεισάγεται στο μείγμα για να βοηθήσει την τήξη. Η επίπεδη βιομηχανία γυαλιού χρησιμοποιεί επίσης απόβλητα γυαλιού και από άλλες πηγές, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι ποιοτικές συνθήκες. Η χρήση των «σκονών γυαλιού» συμβάλλει στη μείωση της ανάγκης για πρώτες ύλες και ενέργεια, και των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

### Παραδείγματα εφαρμογών

#### 1. Ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές συσκευές

Η ιταλική εταιρεία Relight ιδρύθηκε το 1999 και με 70 εργαζόμενους πλέον, ειδικεύεται στην ανακύκλωση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Μέσω της ανακύκλωσης μετατρέπει το γυαλί των χρησιμοποιημένων τηλεοράσεων σε κεραμικά πλακίδια, δίδοντας ένα καινοτόμο μήνυμα στη σημερινή κοινωνία. Η εταιρεία είναι μέλος των συνεργαζόμενων εταιρειών του έργου Glass Plus, το οποίο λειτουργεί στο πλαίσιο Οικοκαινοτομίας της Ε.Ε, το οποίο χρηματοδοτεί και το σχέδιο αυτό. Η Relight σέβεται και προστατεύει το περιβάλλον με αυτό τον τρόπο, ενώ επωφελείται με το ετήσιο κέρδος 8 εκατ. ευρώ (για το 2011). Μέχρι σήμερα, το Glass Plus έχει παράξει 500 000 τετραγωνικά μέτρα κεραμικών πλακιδίων. Δηλαδή έχουν ανακυκλωθεί 2500 τόνοι γυαλιού από 10000 τόνους παλαιών τηλεοράσεων. Για κάθε 30 τηλεοράσεις που ανακυκλώνονται παράγονται 70 τετραγωνικά μέτρα πλακάκια. Η ανακύκλωση του γυαλιού μειώνει αισθητά την εξάρτηση του κατασκευαστικού τομέα από τις πρώτες ύλες (στη δεδομένη περίπτωση το γυαλί είναι εισαγόμενη ύλη). Εκτός όμως από αυτό, το πρόγραμμα βοηθά στην επιχείρηση νέων αγορών, λόγω των πιστοποιητικών προστασία του περιβάλλοντος που κατέχει.

#### 2. Μονώσεις από αφρώδες γυαλί

Οι μονώσεις αυτές ανήκουν στην κατηγορία των ανόργανων ορυκτών μονώσεων και περιέχουν 65% ανακυκλωμένο γυαλί.

### *Διαδικασία παρασκευής*

Το ανακυκλωμένο γυαλί τίκτεται με άλλες πρώτες ύλες (ασβεστόλιθο, άμμο, δολομίτη, σόδα). Το τηγμένο μείγμα που θα παραχθεί, στη συνέχεια θα αλεσθεί, θα αναμιχθεί με σκόνη άνθρακα, και ακολούθως θα τοποθετηθεί σε καλούπια από χάλυβα. Επόμενο βήμα,

η τοποθέτηση των καλουπιών σε φούρνο με θερμοκρασία 1000 °C. Λόγω της θερμότητας, ο άνθρακας θα οξειδωθεί, παράγοντας ένα πυκνό αφρό, ο οποίος κατανέμεται ομοιόμορφα στη μάζα του γυαλιού. Έχοντας ελεγχόμενη τη ψύξη, η μάζα στερεοποιείται, σχηματίζοντας ένα σώμα από πυκνές, μικρές, κλειστές κυψελίδες με λεπτά τοιχώματα, δηλαδή το αφρώδες γυαλί. Εντός των κυψελίδων παραμένει το διοξείδιο του άνθρακα με μικρό ποσοστό (0,7%) υδρόθειου.



Διάγραμμα 8 : Αφρώδες γυαλί – Πλάκα δεξιά και αριστερά οι κυψελίδες.

Αφού τα καλούπια αφαιρεθούν από το φούρνο και έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου, το αφρώδες γυαλί βγαίνει από τα καλούπια και τεμαχίζεται σε πλάκες. Το χρώμα των πλακών είναι σχεδόν μαύρο λόγω της περιεκτικότητας σε άνθρακα και μυρίζει ελαφρώς υδρόθειο. Συνήθως επενδύονται στις πλευρές με χαρτί, χαρτόνι, συνθετικές ή μεταλλικές μεμβράνες. Η μόνωση αυτή μπορεί να είναι και σε μορφή τριμμάτων λόγω του θρυμματισμού της μάζας. Εναλλακτικά, η μόνωση μπορεί να παραχθεί και από χαλίκι.



Διάγραμμα 9: Χυτή μόνωση αφρώδους γυαλιού

*Περιβαλλοντικές ιδιότητες:*

1. Το αφρώδες γυαλί εμπεριέχει μεγάλα ποσοστά ενέργειας λόγω της μεγάλης θερμικής ενέργειας που χρειάζεται κατά την τήξη των πρώτων υλών και κατά την αεροποίηση.
2. Οι πηγές του αφρώδους γυαλιού είναι άφθονες καθώς με την παραγωγή του ανακυκλώνει μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιημένου γυαλιού.
3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά, δεδομένου ότι δεν έχει επάλειψη με ασφαλικό, αλλά όχι να ανακυκλωθεί. Τα απορρίμματα του προωθούνται σε ΧΥΤΑ, χωρίς όμως να επιβαρύνουν το περιβάλλον.
4. Εφαρμόζεται, συχνά, σε υποστρώματα οδοποιίας.
5. Τα υλικά παραγωγής του αφρώδους γυαλιού είναι καθαρά υλικά ορυκτών, ακίνδυνα για την υγεία των χρηστών του. Πρόβλημα, όμως, παρουσιάζει στις μονώσεις, οι οποίες εμποδίζουν την αναπνοή των χώρων. Δημιουργούν στο κτηριακό κέλυφος φράγμα υδρατμών, που ευνοεί τη συμπύκνωση υδρατμών και τη συσσώρευση υγρασίας στο εσωτερικό των τοιχοποιιών. Εγκλωβίζουν επίσης τις τοξικές εκπομπές του κτηριακού εξοπλισμού στους εσωτερικούς χώρους.

*Φυσικές ιδιότητες:*

1. Έχει καλή θερμομονωτική ικανότητα, που οφείλεται στον περιορισμό αερίων εντός των κυψελίδων, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας πλακών  $\lambda = 0,04 - 0,06$  W/(m·K) και τριμμάτων  $\lambda = 0,09$  W/(m·K).
2. Αντιστέκεται στην υγρασία, δεν την απορροφά, ούτε προσβάλλεται από αυτή. Ούτε έχει κίνδυνο από μούχλα ή παράσιτα.
3. Κινδυνεύει από τον παγετό, όταν παγώσει το νερό στην επιφάνεια του. Αλλά, η φθορά του είναι μόνο επιφανειακή.
4. Δεν έχει ηχομονωτικές ιδιότητες.
5. Είναι υλικό που δεν καίγεται. Η αντίστασή του, όμως, στην πυρά επηρεάζεται μόνο αν έχει επίστρωση από άλλα υλικά στην επιφάνεια του.
6. Δεν αποσυντίθεται και είναι ανθεκτικό σε οργανικά διαλυτικά, οξέα και ασθενή αλκαλικά.
7. Ελαφριές πλάκες και ανθεκτικές στην πίεση και στην παραμόρφωση.
8. Έχει υψηλό κόστος.

*Εφαρμογές:*



Οι πλάκες αυτές δύναται να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις περιοχές της κατασκευής που χρειάζεται η τοποθέτηση θερμομόνωσης. Ειδικά, σε σημεία όπου υπάρχει επαφή με υγρασία ή έδαφος, όπως είναι τα υπόγεια. Ακόμη, και για φυτεμένες στέγες, κατά από το χώμα, είναι ιδανικές. Ενώ τα τρίμματα του αφρώδους γυαλιού μπορούν να τοποθετηθούν σε διάκενα δικέλυφων τοιχοποιιών ή όποια άλλα δομικά διάκενα, αν και για υγρές περιοχές απαιτείται η τοποθέτηση υδροπροστασίας.

### 3. Μονώσεις από διογκωμένο γυαλί

Οι μονώσεις αυτές, ανήκουν επίσης στις ανόργανες ορυκτές μονώσεις και παράγονται, καθαρά, από ανακυκλωμένο γυαλί.

#### *Διαδικασία παρασκευής*

Αρχικά, το χρησιμοποιημένο γυαλί καθαρίζεται και στη συνέχεια αλέθεται, ώστε να γίνει σαν αλεύρι. Κατόπιν, αναμειγνύεται με διογκωτικές και συνδετικές ύλες, ώστε να γίνει ένα κοκκώδες μείγμα. Ακολούθως, το μείγμα θα διογκωθεί με τη θέρμανση του στους 800 – 900 °C. Έτσι, παράγονται σταθεροί πορώδεις κόκκοι διογκωμένου γυαλιού με διάμετρο 0,25 έως 16 mm.

#### *Περιβαλλοντικές ιδιότητες*

1. Έχει περισσότερη εμπεριεχόμενη ενέργεια από άλλες μονώσεις φυτικής ή ζωικής προέλευσης, αλλά λιγότερη από αυτή των ορυκτών μονώσεων.
2. Υπάρχει άφθονη πρώτη ύλη διογκωμένου γυαλιού καθώς η παραγωγή του ανακυκλώνει μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιημένου γυαλιού.
3. Ξαναχρησιμοποιείται δεδομένου ότι δεν έχει ασφαλική επικάλυψη.
4. Τα υλικά παραγωγής του είναι ακίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου καθώς είναι καθαρά υλικά ορυκτών. Άγνωστη όμως είναι η χημική σύσταση των χρησιμοποιούμενων συνδετικών και διογκωτικών υλών.

#### *Φυσικές ιδιότητες*

1. Έχει καλή ως μέτρια θερμομονωτική ικανότητα, που οφείλεται στο πορώδες των κόκκων του, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,04 - 0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .
2. Έχει μικρή αντίσταση στη διάχυση υδρατμών, με συντελεστή  $\mu = 5$ .
3. Έχει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.
4. Άκαυστο υλικό.
5. Δεν κινδυνεύει από μούχλα, αποσύνθεση και παράσιτα. Είναι ανθεκτικό σε χημικές ουσίες.

### *Εφαρμογές*

1. Πλήρωση δομικών διάκενων σε κατασκευές, ειδικά σε επισκευές και αποκαταστάσεις κτηρίων,
2. Θερμομονωτική και ηχομονωτική πρόσμιξη στην παρασκευή συνδετικών κονιαμάτων και επιχρισμάτων,
3. Παρασκευή μονωτικών πλίνθων ή δομικών στοιχείων μεγαλύτερου μεγέθους.

### Χρήση του ανακυκλωμένου γυαλιού στην οικοδομική βιομηχανία

Το ανακυκλωμένο γυαλί μέχρι τώρα χρησιμοποιείται στις κατασκευές ως συνθετικό μιγμάτων που βελτιώνει μερικές (μηχανικές ή άλλες) ιδιότητες του δομικού υλικού ή μειώνει το κόστος κατασκευής, χωρίς να επηρεάζει αρνητικά τις αντοχές του τελικού προϊόντος. Χαρακτηριστικά, τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιείται ανακυκλωμένο/θρυμματισμένο γυαλί στο σκυρόδεμα, όπου αντικαθιστά μέχρι και το 30% των συνθετικών αδρανών υλών. Με την ανάμιξη αυτή, το γυαλί βοηθά στη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος λόγω των αντιδράσεων (πυριτικών και αλκαλικών) που παρατηρούνται τη διάρκεια της μίξης. Ακόμη, μπορεί να προσφέρει βελτίωση του αισθητικού αποτελέσματος με την προσθήκη του στην επιφανειακή στρώση του δομικού στοιχείου. Το ανακυκλωμένο γυαλί στην συγκεκριμένη περίπτωση προέρχεται από τη θραύση υαλοπινάκων.

Το ανακυκλωμένο γυαλί μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί όταν αναμιχθεί στο σκυρόδεμα, στην παραγωγή πεζοδρομίων. Η διαφορά από την προηγούμενη περίπτωση είναι ότι τώρα το γυαλί έχει μορφή ινών και αναμιγνύεται με συγκεκριμένο τύπο σκυροδέματος ώστε το μίγμα που θα παραχθεί να είναι υπέρ υψηλής αντοχής (Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete), γνωστό και ως ‘Glass Concrete’. Η θλιπτική αντοχή του συγκεκριμένου σκυροδέματος φτάνει πάνω από τα 150 kPa.

Μια άλλη χρήση του θρυμματισμένου γυαλιού ως συστατικό του σκυροδέματος είναι η κατασκευή φύλλων πάνελ τύπου LiTraCon και Bling Crete. Κατά την παραγωγή φύλλων ‘LiTraCon’, ίνες θρυμματισμένου γυαλιού με μέση διάμετρο 2μm με 2mm σχηματίζουν μια μήτρα μεταξύ των δύο κύριων επιφανειών του σκυροδέματος. Η ύπαρξη των ινών επιδρά αρνητικά στις μηχανικές (κυρίως τις θλιπτικές) ιδιότητες των φύλλων. Στην αυτή την περίπτωση, το γυαλί κατέχει μόνο το 4% της μάζας του σκυροδέματος και κάθε φύλλο επιτρέπει μερική διέλευση του φωτός ακόμα και για μεγάλα πάχη φύλλων(20 μέτρα). Η συγκεκριμένη κατασκευή έγινε από τον αρχιτέκτονα Aron Losonczy και προς το παρόν

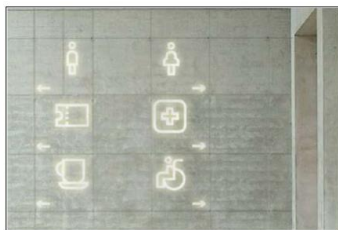
χρησιμοποιείται για την παραγωγή διακοσμητικών φύλλων, ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως τοιχίο σε κτίρια καθώς έχει υψηλές μηχανικές αντοχές:

- Αντοχή σε θλιπτική καταπόνηση  $> 90 \text{ Nt/mm}$ .
- Αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό  $> 12 \text{ Nt/mm}$ .
- Αντοχή σε υγρασία και παγετό.
- Εξαιρετικά υψηλή αντοχή σε υπεριώδεις (UV) ακτινοβολίες.
- Πυκνότητα  $2100 \div 2300 \text{ kgr/m}^3$ .



Διάγραμμα 10: Φύλλα 'LiTraCon' παραγόμενα από μείγμα σκυροδέματος με ανακυκλωμένο γυαλί.

Στην περίπτωση των φύλλων τύπου 'Bling Crete', γίνεται ανάμειξη του υψηλής αντοχής σκυροδέματος με το θρυμματισμένο γυαλί σε μορφή σφαιριδίων, έτσι ώστε να δημιουργείται η αίσθηση ημιπερατότητας του φωτός χωρίς τη μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων των φύλλων. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε περιπτώσεις συνδυασμού της αισθητικής και της ασφάλειας (έναντι φορτίων και καταπονήσεων). Η δυνατότητα σήμανσης των φύλλων, τους επιτρέπει την ευρεία εφαρμογή τους στα άκρα πεζοδρομίων με σήμανση άκρων, και σε συστήματα καθοδήγησης για άτομα με περιορισμένη όραση.



Διάγραμμα 11: Φύλλα 'Bling Crete', τα οποία παράγονται από σκυρόδεμα και ανακυκλωμένο γυαλί.

Προηγουμένως, αναφερθήκαμε στο αφρώδες γυαλί και τη χρήση του ως μονωτικό υλικό, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και ως δομικό υλικό, το λεγόμενο κυτταρικό αφρώδες γυαλί (Foamed Glass Gravel: FGG) το οποίο παρουσιάζεται υπό τη μορφή κόκκων ή

φύλλων, με ή χωρίς ανάμιξη με σκυρόδεμα. Προς το παρόν, η παραγωγή του υλικού γίνεται από την εταιρεία Geofil CO Ltd στην Ουγγαρία. Η αναγνώριση και χρήση του FGG ως ένα καινοτόμο κατασκευαστικό και μονωτικό υλικό ξεκίνησε το 1930. Η μόνη πηγή προέλευσης του γυαλιού θα πρέπει να είναι τα απόβλητα σε θρυμματισμένη μορφή σκόνης και απαλλαγμένα από επικίνδυνα στοιχεία όπως μέταλλα και υδράργυρο. Στη συνέχεια θερμαίνεται στους 900 C° για 30 λεπτά και ακολούθως στους 950 C° για άλλα 30 λεπτά. Μετά από χημικές αντιδράσεις που γίνονται λόγω της προσθήκης SiC (2-5% σε μέγεθος 40 μm) ή ιπτάμενης τέφρας, απελευθερώνεται αέρας λόγω της αποσύνθεσης του προσθετικού και η σκόνη διογκώνεται, με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του αέρα και τη δημιουργία του πορώδους υλικού. Η διαδικασία αυτή λέγεται ‘συμπύκνωση’ και χρησιμοποιεί χαμηλές θερμοκρασίες, άρα δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Με την γρήγορη ψύξη το υλικό θρυμματίζεται εύκολα σε κομμάτια διαφόρων μεγεθών ενώ με την αργή, παράγονται τα φύλλα, που έχουν εξαιρετικές φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες. Τέλος, λόγω της προσθήκης του προσθετικού μειώνεται η υδατοπερατότητα του υλικού. Το τελικό προϊόν έχει πυκνότητα 450 με 650 kg/m<sup>3</sup> (40-50% λιγότερο βάρος από το χαλίκι), έχει καλή θερμομονωτική ικανότητα και χαμηλό ποσοστό απορρόφησης νερού (0,68 με 2%).

Η άμεση και πρωτογενής ανακύκλωση του γυαλιού φαίνεται στο παράδειγμα της κατασκευής προσωρινής εγκατάστασης του κέντρου μουσικής και ταινίας στην Ολλανδία από τους αρχιτέκτονες ‘2012 Architects’. Η ομάδα αρχιτεκτόνων επαναχρησιμοποίησε τους υαλοπίνακες ενός γειτονικού κτιρίου που προοριζόταν για κατεδάφιση, ως ηχομονωτικό υλικό για τη δημιουργία ακουστικού φράγματος σε 2 μέτρα απόσταση από την εξωτερική γυάλινη πρόσοψη. Τοποθετήθηκαν σε επαλληλία και τα κενά λόγω των διαφορετικών μεγεθών των κομματιών καλύφθηκαν με λάστιχα αυτοκινήτου. (SuperUse)



Διάγραμμα 12: Το προκατασκευασμένο ‘Tire House’ με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού και ελαστικών οχημάτων.

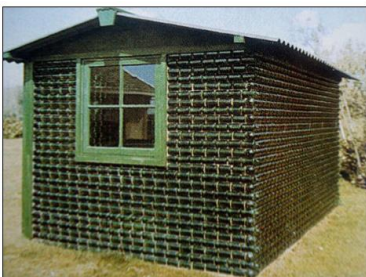
Με την επαναχρησιμοποίηση υαλοπινάκων, ασχολήθηκε επίσης η ομάδα αρχιτεκτόνων ‘Bureau A’, η οποία κατασκεύασε οικισμό από μη θραυσμένους ανακυκλωμένους υαλοπίνακες. Το ‘La Fabrique’, όπως ονομάστηκε, προτείνεται για περιοχές που έχουν περιορισμένη ηλιοφάνεια.



Διάγραμμα 13: Το ‘La Fabrique’, ένα προκατασκευασμένο από ανακυκλωμένους υαλοπίνακες.

Η έμμεση ανακύκλωση γυαλιού γίνεται για την παραγωγή ηχοαπορροφητικών πάνελ με περιεκτικότητα 96% σε ανακυκλωμένο γυαλί (Ευθυμιόπουλος 2000).

Ένα από τα παραδείγματα χρήσης των γυάλινων συσκευασιών, με τη χρήση εγκιβωτισμού, ως δομικά μέρη, αποτελεί το “Wobo House”. Το 1961 κατασκευάστηκε, από τον Ολλανδό αρχιτέκτονα John Habraken μετά από εξουσιοδότηση της εταιρείας παραγωγής μύρας Heineken. Το σχήμα των φιάλων επιτρέπει τη συναρμογή τους σε επάλληλα στρώματα κατά μήκος και καθ’ ύψος για την κατασκευή του τοίχου. Η κάθε διαμήκη σειρά φιάλων συνδέεται με την προηγούμενη και την υπερκείμενη με τη χρήση συνδετικού αρμού από σκυρόδεμα.



Διάγραμμα 14: ‘WoBo House’ : Πρότυπη κατοικία κατασκευασμένη από γυάλινες φιάλες μύρας.

#### 4.1.2.3 Ανακύκλωση ασφάλτου

Για να ξαναχρησιμοποιηθεί η άσφαλτος σε μία νέα άσφαλτο, συνήθως απαιτείται πρώτα, θρυμματισμός της (έμμεση ανακύκλωση). Παρόλα αυτά, έχει γίνει άμεση ανακύκλωση

της, με την τοποθέτηση της αυτούσια (με τη χρήση γερανού) στο Ρότερνταμ από το Studio Het Observatorium ώστε να διαμορφωθεί το πρανές για μια νέα κατοικία Nieuw Terbregge πλησίον του αυτοκινητόδρομου.(Hinte 2007)



Διάγραμμα 15: Τοποθέτηση ανακυκλωμένης ασφάλτου για τη στήριξη πρανούς.

### **4.1.3 Ανακύκλωση μετάλλων**

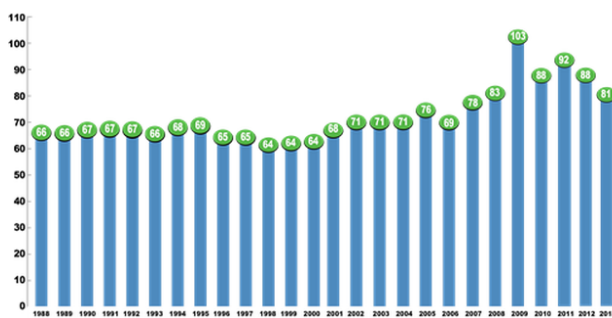
#### **4.1.3.1 Ανακύκλωση χάλυβα**

Ο χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου και άνθρακα. Αυτό με τη θέρμανση σε υψικάμινο γίνεται οπτάνθρακας, ένα στερεό καύσιμο σιδήρου, με σιδηρομεταλλεύματα και ασβεστόλιθο. Στην κάμινο οξυγόνου(BOS), χρησιμοποιείται 25 με 35% ανακυκλωμένος χάλυβας για την παραγωγή νέου δομικού χάλυβα (έμμεση ανακύκλωση). Ο χάλυβας από την BOS περιέχει συνήθως χαμηλότερες συγκεντρώσεις υπολειμματικών στοιχείων, όπως χαλκός, νικέλιο και μολυβδαίνιο και επομένως είναι πιο εύπλαστος από τον χάλυβα της κάμινου ηλεκτρικού τόξου (EAF). Η EAF λιώνει περισσότερο από το 90% των απορριμμάτων χάλυβα για να κάνει ένα καινούργιο. Αυτός χάλυβας περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες υπολειμματικών στοιχείων και είναι πιο «χρήσιμος» στον κατασκευαστικό τομέα αφού χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαρθρωτικών δοκαριών, πλακών, ράβδων οπλισμού.

Η ανακύκλωση των αποβλήτων αυτών, είναι απαραίτητη καθώς θα βοηθήσει στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω της παραγωγικής διαδικασίας. Οι δυσμενείς αυτές επιπτώσεις οφείλονται στην εξόρυξη οπτάνθρακα και σιδηρομεταλλεύματος, και στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου κατά την παραγωγική διαδικασία. Η ανακύκλωση χάλυβα χρησιμοποιεί 30% λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τη δημιουργία χάλυβα από πρώτες ύλες. Χρειάζεται 90% λιγότερα παρθένα υλικά και 40% λιγότερο νερό από την πρωτογενή παραγωγή. Παράγει επίσης 76% λιγότερους ρύπους νερού, 86% λιγότερους ρύπους αέρα, 58% λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> και 97% λιγότερα απόβλητα εξόρυξης. Η

ανακύκλωση ενός τόνου χάλυβα εξοικονομεί 1.114 κιλά σιδηρομεταλλεύματος, 650 κιλά οπτάνθρακα, και 55 κιλά ασβεστόλιθου, 642 kWh ενέργεια, 287 λίτρα πετρέλαιο, 10.900.000 Btu ενέργειας και 2,3 κυβικά μέτρα χώρου υγειονομικής ταφής. Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι το 40% της παραγωγής χάλυβα ανά τον κόσμο είναι φτιαγμένο από απόβλητα χάλυβα, ενώ πάνω από το 65% του χάλυβα που παράγεται, ανακυκλώνεται, διατηρώντας όλες του τις ιδιότητες (διάγραμμα 17). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βασική ύλη για την παραγωγή νέου χάλυβα είναι τα απορρίμματα σιδήρου και χάλυβα.(Steel Frame Housing 2015)

### Steel Recycling Rates

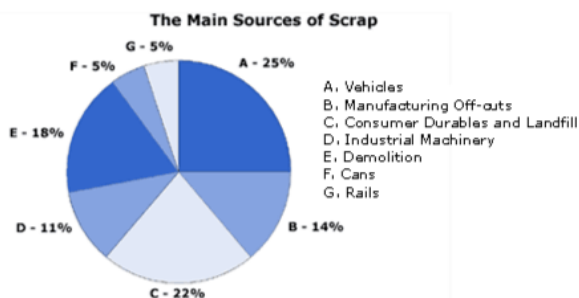


Διάγραμμα 16: Τα ποσοστά ανακύκλωσης τους χάλυβα ξεπερνούν το 65%.

Η προέλευση του ανακυκλωμένου χάλυβα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες :

1. Άμεσα σκράπ : υπολείμματα από την παραγωγική διαδικασία και αξιοποιούνται συνήθως στην ίδια βιομηχανία όπου παράχθηκαν.
2. Σκράπ στο τέλος της ζωής τους : υπολείμματα από τη συλλογή παλιοσίδερων (απόβλητα σιδήρου και χάλυβα) από προϊόντα που περιέχουν χάλυβα (πλοία, αυτοκίνητα, δοχεία κλπ.)

Οι κύριες πηγές αποβλήτων χάλυβα φαίνονται πιο κάτω με τα ποσοστά τους :



Διάγραμμα 17 : Οι κύριες πηγές σκράπ χάλυβα.

### Τύποι απορριμμάτων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή χάλυβα

- 1.Βαρέας τήξης χάλυβας : απορρίμματα χάλυβα με πάχος μεγαλύτερο από 6 χιλιοστά, όπως πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, θραύσματα ή εργαλεία.
- 2.Παλιά αμαξώματα : Οχήματα με τους τροχούς τους.
- 3.Χυτοσίδηρος: Μηχανήματα, σωλήνες και μπλοκ κινητήρα.
- 4.Πιεσμένος χάλυβας: Εγχώρια παλιοσίδερα πάχους μέχρι 6 χιλιοστά, όπως ψυγεία, πλυντήρια, στέγες, θερμοσίφωνες, δεξαμενές νερού και κομμάτια λαμαρίνας.
- 5.Ράβδοι οπλισμού
- 6.Γρέζια : Υπολείμματα από γεώτρηση ή διαμόρφωση χάλυβα.
- 7.Ράγες : Κομμάτια από τράμ ή σιδηρόδρομους.

### Διαδικασίες ανακύκλωσης χάλυβα

- 1.Συλλογή και Ταξινόμηση: Υπάρχουν μαγνήτες που προσελκύουν τον χάλυβα και τον σίδηρο, διαχωρίζοντας τα εύκολα από άλλα ανακυκλώσιμα υλικά. Τα διαφορετικά είδη χάλυβα δεν χρειάζεται να διαχωριστούν.
- 2.Τεμαχισμός: Οι τεμαχιστές με ενσωματωμένα περιστρεφόμενα μαγνητικά τύμπανα, μπορούν να τεμαχίσουν μεγάλα στοιχεία (π.χ. αυτοκίνητα) γρήγορα και τα διαχωρίζουν από τα μη σιδηρούχα υλικά.
- 3.Διαχωρισμός Media: Περαιτέρω διαχωρισμός επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ηλεκτρικά ρεύματα, υψηλής πίεσης ροή αέρα και υγρά συστήματα. Άλλες διαδικασίες μπορεί να είναι αναγκαίες σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αφαιρεθεί το προστατευτικό στρώμα κασσίτερου και να ανακυκλωθεί ξεχωριστά.
- 4.Κοπή: Υδραυλικά μηχανήματα ικανά να ασκούν τεράστια πίεση χρησιμοποιούνται για να κόψουν τον χάλυβα που ανακτήθηκε από σιδηροδρόμους και βαριά πλοία. Άλλες τεχνικές κοπής είναι η χρήση του φυσικού αερίου και του πλάσματος τόξου.
- 5.Δεματοποίηση: Τα προϊόντα σιδήρου και χάλυβα συμπυκνώνονται σε μεγάλα τμήματα για να διευκολύνουν το χειρισμό και τη μεταφορά.

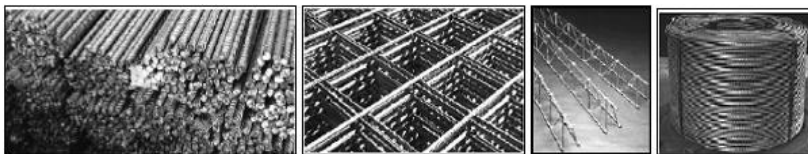
### Μορφές δομικών υλικών από χάλυβα

- Πλάκες και κατασκευαστικές λαμαρίνες που έχουν πάχος 1 έως 20cm,



- Λαμαρίνες σε ρολά ή επίπεδα φύλλα που έχουν πάχος 0,1 έως 1cm,
- Ράβδοι οπλισμού,
- Μορφοσίδηρος (χάλυβας με διάφορες διατομές όπως L, T),
- Κοίλες δοκοί,
- Σωλήνες.

Η πιο γνωστή και χρησιμοποιημένη εφαρμογή του ανακυκλωμένου χάλυβα είναι η παραγωγή χαλύβδινων ράβδων οπλισμού σκυροδέματος. Συγκεκριμένα, τα σκράπ θερμαίνονται σε κάμινους EAF. Ενώ ακόμη βρίσκονται σε κατάσταση τήγματος πραγματοποιούνται ο καθαρισμός, η αποξείδωση και η κραματοποίηση. Ακολούθως, το τηγμένο υλικό οδηγείται σε μηχανές συνεχούς χύτευσης, όπου παράγονται τετράγωνες μπιγιέτες με συγκεκριμένες διαστάσεις από 120x120mm έως 140x140mm και μήκους 6 έως 14m. Κατόπιν, οδηγούνται σε κάμινους όπου θερμαίνονται σε θερμοκρασία 1.100 – 1.200 C° και στη συνέχεια, παίρνουν την τελική τους μορφή, δηλαδή γίνονται έλαστρα. Έπειτα, οι ράβδοι κόβονται και τοποθετούνται στη ψύξη μέχρι η θερμοκρασία τους να είναι ίδια με του περιβάλλοντα χώρου. Οι παραγόμενες μορφές είναι ευθύγραμμες ράβδοι, ρολά (κουλούρες), ηλεκτροσυγκολλημένα πλέγματα και προκατασκευασμένα ηλεκτροσυγκολλημένα δικτυώματα. Τα πρώτα κτίρια από ανακυκλωμένο δομικό χάλυβα ήταν βιομηχανικά, η ποιότητα κατασκευής τους όμως, έγινε η αφορμή για την εφαρμογή του και σε οικίες.



Διάγραμμα 18: Ράβδοι ανακυκλωμένου χάλυβα για εφαρμογή στον κατασκευαστικό τομέα.

Δύο τρανά παραδείγματα άμεσης ανακύκλωσης του χάλυβα, είναι η κατοικία ‘big dig house’ και επαναχρησιμοποιήσιμη γέφυρα τρένου στο Άμστερνταμ. Η κατοικία ‘big dig house’ κατασκευάστηκε το 2006, στην πόλη Lexington στις ΗΠΑ, από την αρχιτεκτονική ομάδα ‘Single Speed Design’. Για να κατασκευαστεί χρειάστηκαν 300 τόνοι χάλυβα και σκυροδέματος, οι οποίοι πάρθηκαν ως δωρεά από μία παλιά οδική αρτηρία της Βοστώνης. Ο σκελετός του κτιρίου κατασκευάστηκε καθαρά από ανακυκλωμένο χάλυβα, επίσης και

άλλα συνθετικά μέρη όπως πλάκες και υαλοπίνακες κατασκευάστηκαν επίσης από ανακυκλωμένο σκυρόδεμα και γυαλί αντίστοιχα.



Διάγραμμα 19: Η κατοικία ‘Big Dig House’ που κατασκευάστηκε από ανακυκλωμένο χάλυβα, σκυρόδεμα, γυαλί και ξύλο.

Ακόμη μία εφαρμογή της ανακύκλωσης χάλυβα βρίσκουμε στην ανακατασκευής μίας παλιάς σιδηροδρομικής γέφυρας στο Άμστερνταμ από την ομάδα αρχιτεκτόνων Architecten Cie. Η γέφυρα μετατράπηκε σε χώρο αναψυχής. Κατασκευάστηκε από τον αρχιτέκτονα Pi de Bruijn και έχει εμβαδόν κλειστού χώρου 270 m<sup>2</sup>. Μετασκευάστηκε το 2007, όπου επαναχρησιμοποιήθηκε πλήρως το κυρίως τμήμα της γέφυρας αφού το δάπεδο παρέμεινε το ίδιο. Μόνο η παράπλευρη επιφάνεια πλαισιώθηκε με οροφή και πτυσσόμενους υαλοπίνακες.



Διάγραμμα 20: Η μετατροπή σιδηροδρομικής γέφυρας στο Άμστερνταμ με ανακύκλωση χάλυβα, σε κέντρο αναψυχής.

#### 4.1.3.2 Ανακύκλωση μη σιδηρούχων μετάλλων

Τα μη σιδηρούχα μέταλλα αποτελούνται κυρίως από αλουμίνιο και ακολούθως από χαλκό. Μερικά άλλα παραδείγματα μη σιδηρούχων απορριμμάτων είναι: μόλυβδος, ψευδάργυρος, νικέλιο, κασσίτερος, τιτάνιο, κοβάλτιο, χρώμιο, και τα πολύτιμα μέταλλα. Είναι υλικά που δεν χάνουν τις ιδιότητες στους στην ανακύκλωση, άρα μπορούν να ανακυκλωθούν άπειρες φορές.

Τα νέα μέταλλα γίνονται με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών κατά ποσοστό:

Αλουμίνιο> 33%, Χαλκός> 40%, Μόλυβδος> 35%, Ψευδάργυρος> 30%

#### Οι διαδικασίες ανακύκλωσης μη σιδηρούχων μετάλλων

1. Διαλογή: Τα διάφορα είδη μη-σιδηρούχων μετάλλων πρέπει να διαχωριστούν το ένα από το άλλο, καθώς και από άλλα ανακυκλώσιμα υλικά (χαρτί, πλαστικό).

2. Δεματοποίηση: Συμπιέζονται σε μεγάλα τμήματα για να διευκολύνουν το χειρισμό και τη μεταφορά.

3. Κοπή: Υδραυλικά μηχανήματα ικανά να ασκούν τεράστια πίεση χρησιμοποιούνται για να κόψουν τα μέταλλα σε διαχειρίσιμα μεγέθη.

4. Διαχωρισμός Media: Τεμαχιστές με ενσωματωμένα περιστρεφόμενα μαγνητικά τύμπανα διαχωρίζουν τα μη σιδηρούχα από τα σιδηρούχα μέταλλα. Αν χρειαστεί περαιτέρω διαχωρισμός, επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ηλεκτρικά ρεύματα, υψηλή πίεση ροής του αέρα και υγρά κυμαινόμενα συστήματα.

5. Τήξη: Τα ανακτηθέντα υλικά λιώνουν σε φούρνο, χύνονται και διαμορφώνονται σε ράβδους. Χρησιμοποιούνται είτε στη βιομηχανία χύτευσης, είτε μετατρέπονται σε επίπεδα φύλλα, είτε σφυρηλατούνται για να γίνουν σωλήνες.

#### **4.1.3.2.1 Ανακύκλωση αλουμινίου**

Το αλουμίνιο αποτελεί το ανακυκλώσιμο υλικό με την υψηλότερη αξία μεταπώλησης. Το 40% του αλουμινίου που παράγεται προέρχεται από ανακύκλωση. Ενδεικτικά στις Σκανδιναβικές χώρες, έχουν επιτύχει ποσοστό ανακύκλωση αλουμινίου 95% για παραγωγή δομικού αλουμινίου σε μορφή φύλλων και ελασμάτων.(ΕΛΒΑΛ)

Το ποσοστό ανάκτησης του αλουμινίου σχεδόν αγγίζει το 100%, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορεί να ανακυκλώνεται επ' άπειρον διατηρώντας την ποιότητα και τις φυσικές ιδιότητες του. Χρειάζεται μόνο το 5% της ενέργειας που χρησιμοποιεί η πρωτογενής παραγωγή αλουμινίου για την ίδια ποσότητα παραγωγής ανακυκλωμένου αλουμινίου. Για το λόγο αυτό, περίπου το 31% του συνόλου των αλουμινίων που παράγονται στις ΗΠΑ προέρχεται από ανακυκλωμένα απορρίμματα. Ένας τόνος ανακυκλωμένου αλουμινίου εξοικονομεί έως και 8 τόνους βωξίτη, 14.000 kWh ενέργειας, 6300 λίτρα πετρελαίου, 238 εκατ. Btu ενέργειας και 7,6 κυβικά μέτρα υγειονομικής ταφής.

Το όφελος σε σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εξαρτάται από τον τύπο της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Η ηλεκτρόλυση μπορεί να γίνει με τη χρήση ηλεκτρικής

ενέργειας από πηγές μη ορυκτών καυσίμων, όπως η πυρηνική, γεωθερμική, υδροηλεκτρική, και ηλιακή. Ο Καναδάς, η Βραζιλία, η Νορβηγία και η Βενεζουέλα έχουν 61 - 99% υδροηλεκτρική ενέργεια και είναι σημαντικοί παραγωγοί αλουμινίου.

Το αλουμίνιο έχει μικρό βάρος, και λόγω αυτού εξοικονομεί ενέργεια κατά την μηχανική επεξεργασία, την μεταφορά και τον χειρισμό. Έχει μεγάλη αντοχή σε διάβρωση, η οποία μειώνει τις απαιτήσεις συντήρησης και επιμηκύνει το χρόνο ζωής του προϊόντος. Τέλος, η ανακλαστικότητα του υλικού, προσφέρει σημαντικά θερμομονωτικά πλεονεκτήματα. Έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα, σκληρότητα και ευελιξία.

### Εφαρμογές

Το αλουμίνιο είναι κατάλληλο για όλες τις βιομηχανικές και οικοδομικές χρήσεις. Οι βασικές κατηγορίες είναι:

- Ναυπηγική βιομηχανία και μεταφορές (αεροπλάνα, τρένα, πλοία)
- Βιομηχανία κτιρίου & οικοδόμησης (κουφώματα, στέγες)
- Αυτοκινητοβιομηχανία,
- Συσκευασία & εμπορευματοκιβώτια,
- Κατασκευή ηλεκτρικών προϊόντων.
- Ηλεκτρική ενέργεια: Από το 1945, το αλουμίνιο έχει αντικαταστήσει το χαλκό στις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης.

### Άμεση ανακύκλωση αλουμινίου

Ένα παράδειγμα άμεσης ανακύκλωσης του αλουμινίου βρίσκουμε στις περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης παλιών κουφωμάτων από αλουμίνιο, το 2003, για την κατασκευή νέου στοιχείου πρόσοψης πλάτους 70cm με φεγγίτη στη Χάγη της Ολλανδίας. Αρχιτέκτονες ήταν ο Jan Korbes και η ομάδα αρχιτεκτόνων '2012 Architects'. (Superuse)

### Πρωτοβάθμια ανακύκλωση αλουμινίου

Σε πειραματικό στάδιο, έχουν γίνει κάποιες κατασκευές από ανακυκλωμένο αλουμίνιο, το οποίο έχει μείνει αυτούσια στη μορφή συσκευασιών μπύρας/αναψυκτικών. Πρότυπο είναι η κατοικία 'Up Cycling Can House' που κτίστηκε το 2013, στα πλαίσια της παρουσίασης στο Bonnaroo Music Festival (Manchester). Η κατασκευή αυτή, έχει κυλινδρικό σχήμα, όπου στην παράπλευρη επιφάνεια έχει μόνο κουτιά αλουμινίου, τα οποία ενώνονται μέσω ενός συρμάτινου πλέγματος που καλύπτει περιμετρικά την κατασκευή και την οροφή.

Περιμετρικά της κατοικίας υπάρχουν και μεταφορικοί στενοί διάδρομοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των κουτιών στην οροφή και από την οροφή ως υλικό πλήρωσης των τοιχωμάτων.



Διάγραμμα 21: Μια κατοικία, κάδος ανακύκλωσης κουτιών αλουμινίου, 'Up Cycling Can House'.

#### Δευτεροβάθμια ανακύκλωση αλουμινίου

Παράδειγμα δευτερογενούς ανακύκλωσης των κουτιών αλουμινίου σε δομικές εφαρμογές, βρίσκουμε στην Σάντα Μόνικα, στην Καλιφόρνια. Για να χρησιμοποιηθούν στα τοιχώματα της κατασκευής, έπρεπε πρώτα να συμπιεστούν ώστε να μειωθεί ο όγκος τους και στη συνέχεια να δραματοποιηθούν. Η κατασκευή έγινε από την ομάδα αρχιτεκτόνων Brooks & Scarpa. Η πρόσοψη του κτιρίου αποτελείται από υαλοπίνακες με πλαίσιο ανακυκλωμένου αλουμινίου.



Διάγραμμα 22: Κατοικία με τη χρήση συμπιεσμένων κουτιών αλουμινίου 'Crushed Cans Building'.

Ακόμη λευκές σκωρίες από την πρωτογενή παραγωγή αλουμινίου και από δευτερεύουσες δραστηριότητες ανακύκλωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πληρωτικό σε άσφαλτο και σκυρόδεμα.

#### **4.1.3.2.2 Ανακύκλωση χαλκού**

Ο χαλκός είναι ένα φυσικό ορυκτό στοιχείο, που μπορεί να ανακυκλωθεί πλήρως κι όμως να παράμεινε ανέπαφο σε κάθε είδους διάβρωση. Σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα στοιχεία, τα παγκόσμια αποθέματα χαλκού υπολογίζονται σε 2,6 δις τόνους, από τους οποίους μόνο 0,31 δις τόνοι (12%) έχουν εξορυχτεί σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας του και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται. Αυτό είναι αποτέλεσμα του μεγάλου ποσοστού ανακύκλωσης του (μεγαλύτερο από οποιοδήποτε άλλου μετάλλου) διατηρώντας το 95% των ιδιοτήτων του και της αξίας του πρωτογενούς μετάλλου. Με εξαίρεση το χαλκό για τη παραγωγή καλωδίων που χρησιμοποιεί καθαρό χαλκό, το υπόλοιπο 75% που χρησιμοποιείται σε εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού και ορειχάλκου, χυτήρια και άλλες βιομηχανίες, προέρχεται από ανακυκλωμένο σκραπ χαλκού (έμμεση ανακύκλωση). Ο χαλκός χρησιμοποιείται στις επικαλύψεις όψεων των κτιρίων και σε στέγες. Τρανό παράδειγμα του μεγέθους της αντοχής του στο χρόνο είναι η διατήρηση χάλκινων στεγών στην Ευρώπη, για πάνω από 4 αιώνες.

Η ανακύκλωση του χαλκού χρησιμοποιεί 85% λιγότερη ενέργεια από την πρωτογενή παραγωγή (ανακύκλωση: 10 εκατομμύρια Btu/τόνο και πρωτογενής παραγωγή: 95 εκατομμύρια Btu/τόνο). Με τη χρήση θραυσμάτων χαλκού, έχουν μειωθεί οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 65%. Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, το 40% της παγκόσμιας ζήτησης για χαλκό ικανοποιείται με τη χρήση ανακυκλωμένου.

Ο χαλκός έχει την καλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα μετά το ασήμι, είναι πολύ καλός αγωγός θερμότητας και γίνεται εύκολα κράμα με άλλα μέταλλα (μόλυβδος, κασσίτερος, ψευδάργυρος). Μερικές κοινές εφαρμογές για το ανακτημένο χαλκό είναι:

1. Ηλεκτρικές εφαρμογές: Σύρματα, κυκλώματα, διακόπτες και ηλεκτρομαγνήτες.
2. Σωληνώσεις: εξαρτήματα υδραυλικών και εξοπλισμός ψύξης, κλιματισμού και συστήματα υδροδότησης.
3. Στέγες και μόνωση.
4. Είδη οικιακής χρήσης: μαγειρικά σκεύη, πόμολα, και μαχαιροπίρουνα.

#### **4.1.3.2.3 Ανακύκλωση μολύβδου**

Το 35% του μολύβδου που χρησιμοποιείται είναι ανακυκλωμένο. Χρησιμοποιώντας δευτερογενή μολύβδο αντί του μεταλλεύματος μειώνονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 99%. Κύρια εφαρμογή του ανακυκλωμένου μολύβδου στον κατασκευαστικό τομέα είναι σε

κεραμικά και γυάλινα τζάμια για προστασία από την ακτινοβολία (ενάντια στις X-ακτίνες).

#### 4.1.3.2.4 Ανακύκλωση ψευδαργύρου

Η δευτερεύουσα παραγωγή ψευδαργύρου χρησιμοποιεί 76% λιγότερη ενέργεια από την πρωτοβάθμια. Επί του παρόντος, περίπου το 30% της παγκόσμιας παραγωγής ψευδαργύρου προέρχεται από το δευτεροβάθμιο ψευδάργυρο. Σχεδόν το 70% του ψευδαργύρου στο τέλος της ζωής του, ανακυκλώνεται. Σημαντικές χρήσεις του ψευδαργύρου στον οικοδομικό τομέα είναι :

1.Γαλβανισμός:Ο ψευδάργυρος εφαρμόζεται ως επικάλυψη για την προστασία του σιδήρου και χάλυβα από τη διάβρωση.

2.Ορείχαλκος (μπρούντζος): Δημιουργείται από κράμα ψευδαργύρου και χαλκού.

#### 4.1.4 Χώματα, πέτρες και μπάζα εκσκαφών

Συνηθίζεται τα χώματα, οι πέτρες και τα μπάζα εκσκαφών να χρησιμοποιούνται σε επιχωματώσεις ή διαμορφώσεις χώρων, δηλαδή υποβαθμισμένης αξίας εφαρμογές. Πιο κάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα που το χώμα δεν χρησιμοποιείται για χαμηλής αξίας εφαρμογές αλλά αποτελεί μέρος του κύριου κτιρίου.



Διάγραμμα 23: Rubble House, το κτίριο που αξιοποιεί το χώμα ως μέρος της κατασκευής.

Το Rubble House αποτελεί ένα τρανό παράδειγμα εφαρμογής της χρήσης του χώματος ως μέρος της κατασκευής. Κατασκευάστηκε το 1999, από τους Mike Lawless και Mark Whitby, στα πλαίσια του διαγωνισμού “Transitional Housing Competition for Refugees Returning from Kosovo” (Sinclair 2006). Οι τοίχοι του κατασκευάστηκαν από μεγάλους «κλώβους», φτιαγμένοι από πλαστικό ή γαλβανισμένο μεταλλικό πλέγμα ή πλέγμα καλαμιών/μπαμπού, και εμπλουτισμένοι με θρυμματισμένες πέτρες. Η αντοχή των τοίχων οφείλεται στον συνδυασμό του βάρους των πετρών με την ικανότητα τριβής του πλέγματος. Απλή και γρήγορη η κατασκευή του Rubble House, αφού το σύστημα φτάνει έτοιμο στο χώρο όπου θα κατασκευαστεί το κατάλυμα. Αρχικά, συναρμολογήθηκαν οι

«κλώβου» με τις ράβδους, ακολούθως εμπλουτίστηκαν με μπάζα και έτσι σχηματίστηκαν οι τοίχοι. Η οροφή για να είναι στεγανή και μονωμένη, είναι σαν σάντουιτς με φύλλα αλουμινίου και ενδιάμεσο μονωτικό πάπλωμα με ίνες νάιλον για ενίσχυση. Για να εξασφαλιστεί η πλήρη στεγανότητα της κατασκευής, οι άκρες της στέγης ενώνονται με σκρατς. Δεν χρειάστηκαν εργαλεία για τη συναρμολόγηση του.

Άλλο παράδειγμα της επαναχρησιμοποίησης των υλικών εκσκαφών βρίσκουμε στο κτίριο Dominus winery στη California που κατασκευάστηκε από τους Herzog και de Meuron, το 1998. Η εξωτερική κατασκευή του κτιρίου χαρακτηρίζεται από μονάδες μεταλλικού πλέγματος με πέτρες διαφόρων μεγεθών, με αξιοποίηση του τοπικού υλικού που μειώνει με αυτό τον τρόπο την κατανάλωση ενέργειας που θα χρειαζόταν για τη μεταφορά του. (Floornature 2002)



Διάγραμμα 24: Το κτίριο Dominus Winery, κατασκευασμένο από πέτρες, στην Καλιφόρνια.

Ο αρχιτέκτονας Ιρανοαμερικάνικης καταγωγής, Nader Khalili, στο έργο του Sandbag Solutions, με τη χρήση άμεσα ανακυκλώσιμων υλικών (χώμα και άμμο) κατασκεύασε προσωρινά καταλύματα για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Οι αμμόσακοι και το αγκαθωτό συρματόπλεγμα χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα στον πόλεμο, όμως τα υλικά αυτά με την κατάλληλη μετατροπή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα και οικονομικά για να στεγάσουν τα θύματα του πολέμου και άλλων καταστροφών. (Richardson 2007) Η ιδέα του πήγαζε από την επιχείρησή του για σχεδιασμό καταλυμάτων στο φεγγάρι με τη χρήση ανεπεξέργαστων υλικών στα πλαίσια του έργου του για τη ΝΑΣΑ. Η διαδικασία απλή, τα εργαλεία και τα υλικά που χρειάζονταν απλά και η εφαρμογή τους εύκολη και απλή ακόμα και για ανειδίκευτους ανθρώπους. Μακριοί αμμόσακοι σε σχήμα σωλήνα τοποθετήθηκαν κυκλικά ώστε να σχηματίσουν τη βάση. Ακολούθως έγινε πλήρωση των σάκων με τσιμέντο, ασβέστη και άσφαλτο (σε περίπτωση που τα υλικά αυτά δεν υπάρχουν στην περιοχή θα μπορούσαν οι σάκοι να πληρωθούν με χώμα). Η ίδια διαδικασία έγινε και για τους υπόλοιπους σάκους που τοποθετήθηκαν ανά επίπεδο για να σχηματίσουν ένα θόλο. Μεταξύ των επιπέδων, είχε τοποθετηθεί αγκαθωτό συρματόπλεγμα για να συγκρατεί τους σάκους. Κομμάτια πλαστικών σωλήνων υπάρχουν μεταξύ των σάκων για τη δημιουργία



κενών, ενώ οι πόρτες έχουν σχήμα αψίδας. Στα πλαίσια της ευαισθητοποίηση του Khalili έχει δημοσιεύσει προς ελεύθερη χρήση στην ιστοσελίδα του «Call Earth», τις οδηγίες κατασκευής των συγκεκριμένων καταλυμάτων.



Διάγραμμα 25: Οι προσωρινές κατοικίες Sandbag Solutions, με τη χρήση χώματος και άμμου.

## 4.2 Δευτερογενής Ανακύκλωση

### Ανακύκλωση μη οικοδομικών υλικών

Είναι υλικά μη βιοδιασπώμενα, όπως τα πλαστικά και οι ηλεκτρονικές συσκευές, αλλά δυστυχώς οι διεργασίες διάσπασης τους είναι δαπανηρές, ενεργειακά και οικονομικά. Δυστυχώς λίγα υλικά δεν χρειάζονται επεξεργασία και διαχωρισμό για να ξαναχρησιμοποιηθούν. Τα προϊόντα αυτά λοιπόν, λόγω της πολύπλοκης σύνθεσης τους μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αυτούσια, ακόμη και με την αλλαγή της χρήσης τους.

#### 4.2.1 Ανακύκλωση χαρτιού

Η ανακύκλωση 3.500 τόνων χαρτιού εξοικονομεί (Τζαναβάρια 2003):

- Περισσότερα από 50.000 δένδρα,
- Ενέργεια ίση με 4.000.000 kWh,
- Νερό ως και 1.000.000 m<sup>3</sup>

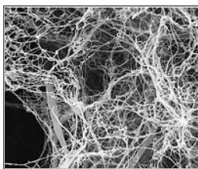
#### Διαδικασία ανακύκλωσης χαρτιού(Ecotec):

- Συλλογή και διαχωρισμός του χαρτιού από άλλα υλικά και στη συνέχεια, διαχωρισμός του χαρτιού ανάλογα με τα επίπεδα ποιότητάς του.
- Διαχωρισμός και απομάκρυνση όποιων προσμίξεων βρίσκονται στο διαχωρισμένο χαρτί.
- Δεματοποίηση σε μπάλες, που οδηγούνται στην αποθήκη για ταξινόμηση ανά είδος.

Το χαρτί είναι κυτταρίνη ξύλου και στη φυσική του κατάσταση είναι ένα στερεό ινώδες υλικό. Με τη ξήρανση του χαρτοπολτού, δημιουργείται υψηλό πορώδες που οδηγεί στην παραγωγή υλικού με μικρό βάρος και με καλές μονωτικές ιδιότητες. Είναι γεγονός ότι, πολλά είδη χαρτιού βάφονται ή περιέχουν χλωρίνη, επιβλαβή για το έδαφος, είναι πρόπον λοιπόν να αξιοποιούνται και όχι να καταλήγουν σε χωματερές. Ένας τρόπος αξιοποίηση του χαρτιού, είναι η παραγωγή «papercrete».

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζει η παραγωγή του «papercrete» είναι οι λιγότερες απαιτήσεις επεξεργασίας του χαρτοπολτού που έχει. Γενικά, το απλό μίγμα χαρτιού και νερού χρειάζεται αρκετή ώρα για να στεγνώσει και υφίσταται μείωση στον όγκο του κατά 15-25%. Ενώ το μίγμα με τσιμέντο Portland και χαρτί (50-50) ελαχιστοποιεί τον χρόνο στα μισά και έχει μικρότερη μείωση στον όγκο του, 3 έως 5%.

Το «papercrete» έχει διάφορες μορφές εφαρμογής, ως μονωτικό φύλλο, ως χυτό υλικό ή υπό τη μορφή δομικής μονάδας (τούβλο, τσιμεντόλιθος). Είναι ένα υλικό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε προσωρινά προκατασκευασμένα κτίρια έκτακτης ανάγκης (στέγαση σεισμοπλήκτων, ανθρώπων από υπανάπτυκτες χώρες, μεταβατικές κατοικίες), τα οποία απαιτούν πολύ μικρό κόστος κατασκευής. Το «papercrete» είναι ένα οργανικό υλικό που μέσω των κυτταρικών ινών του, αποκτά αντοχή και ακαμψία, που του επιτρέπουν να αντέχει τα φορτία καθ' όλο του το μήκος του και να μην λυγίζει υπό την άσκηση των κατακόρυφων φορτίων. Παράγεται συνήθως σε πάνελ αν και το μέγεθος του μπορεί εύκολα να διαφοροποιηθεί. Ανακυκλώνεται εντός της διαδικασίας παραγωγής (άμεση ανακύκλωση) και ελάχιστο υλικό πάει χαμένο. (Living in Paper 2007)



Διάγραμμα 26: Μικροφωτογραφία πορώδους αποξηραμένου χαρτοπολτού.



Διάγραμμα 27: Δομικά Στοιχεία από 'Papercrete' κατά την ξήρανση (αριστερά) και με διαμόρφωση οπής κοιλοδοκού (δεξιά).

Ένα παράδειγμα εφαρμογής του «papercrete» είναι το Carriage House, ένας χώρος που σχεδιάστηκε ως χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων, ως μαγαζί και αποθήκη για προσωπική χρήση του ιδιοκτήτη. Αποτελείται από σάκους με χώμα που χρησιμοποιούνται για μόνωση, καλυμμένοι με «papercrete» πάνω σε ένα προκατασκευασμένο μεταλλικό θόλο, πάτωμα από μπετόν και δύο τοίχους από ξύλο. Ο χώρος έχει επιφάνεια 81 τ.μ., αν και μπορεί να γίνει και αρκετά μεγαλύτερος με την προσθήκη σκελετού.



Διάγραμμα 28: Το κτίριο ‘Carriage House’ κατασκευασμένο από ‘Papercrete’.

#### 4.2.2 Ανακύκλωση χαρτονιού

Γενικά, το χαρτόνι είναι από χαμηλότερης ποιότητας ανακυκλωμένο χαρτί ή από ξυλοπολτό που χρησιμοποιείται για κατασκευή κουτιών συσκευασίας. Τα δομικά χαρακτηριστικά των υλικών από χαρτόνι, διαφοροποιούνται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Δηλαδή, οι ιδιότητες και η λειτουργία του εξασθενούν, αν οι συνθήκες του περιβάλλοντος έχουν υψηλή υγρασία ή υψηλές θερμοκρασίες. Για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό, οι «χάρτινες» αυτές κατασκευές έχουν επικάλυψη από πλαστικό, που προστατεύει από τη βροχή ή με την κατάλληλη ανάμειξη επικαλύπτεται με πυράντοχη μπογιά για αντίσταση στην πυρκαγιά. Διεθνώς, το είδος χαρτονιού που χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό λέγεται ‘cardboard’. Κατασκευάζεται από 85% ανακυκλωμένα υλικά, κυρίως φύλλα χαρτονιού από συσκευασίες βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων. Έχει πολύ χαμηλό κόστος, και τα φύλλα του μεταφέρονται και συναρμολογούνται εύκολα. Συνήθως χρησιμοποιείται σαν προσωρινή στέγαση (έκτακτη ανάγκη ή θερινή προκατασκευασμένη κατοικία). Για παράδειγμα, για τη προκατασκευασμένη κατοικία από ‘cardboard’ εξοικονομείται χαρτί 39 δέντρων και 30.000 λίτρα νερό. (House of the future 2014)

Στα πλαίσια της έκθεσης στο Σύδνεϋ, «Houses of the Future», το 2005, παρουσιάστηκε το «Cardboard House», το οποίο σχεδιάστηκε από τους αρχιτέκτονες Stutchbury and Pape. Κατασκευάστηκε από 85% ανακυκλωμένα υλικά (κυρίως πάνελ χαρτονιού) που πρόσφεραν οι βιομηχανίες Vizu σε πολύ χαμηλή τιμή, και μόλις σε 6 ώρες και με 2 άτομα, συναρμολογήθηκε. Χρησιμοποιείται ως προσωρινή στέγη για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, ή ως εξοχικό.



Διάγραμμα 29: Το προκατασκευασμένο κτίριο «Cardboard House» από χαρτόνι.

Μία άλλη, εναλλακτική, χρήση του χαρτονιού, είναι η επιλογή χαρτοπολτού από εφημερίδες για την παρασκευή μονωτικών φύλλων, τα λεγόμενα 'panels'. Σε αυτή την περίπτωση, το χαρτόνι χρησιμοποιείται ως υποστηρικτικό μέσο, όχι ως δομικό στοιχείο. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι δημοφιλής στην Αγγλία όπου έχει εφαρμοστεί σε περισσότερες από ένα εκατομμύριο κατοικίες τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Έχει υψηλή καμπτική αντοχή (260 psi), χαμηλό βάρος αλλά έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα (0.036 W/mK). Βέβαια, ο τρόπος τοποθέτησης του μπορεί να μειώσει στο ελάχιστο τις θερμικές γέφυρες. Επίσης, έχει υψηλή μονωτική ικανότητα. Κατά την κατασκευή του καταναλώνει πολύ λιγότερη ενέργεια συγκριτικά με άλλα συμβατικά μονωτικά υλικά. Ακόμη, εν αντίθεση με άλλους τύπους μονωτικών πάνελ, το συγκεκριμένο δεν περιέχει φορμαλδεΰδες και άλλες τοξικές ουσίες και ούτε παρουσιάζει προβλήματα στην επαφή με πλαστικά καλώδια. Επίσης διαθέτει παθητική πυρασφάλεια, όπως τα υλικά για ξύλινες κατασκευές τύπου 'timber – frame', ενώ μπορεί να αυξήσει την πυρασφάλεια του αυτή με τη χρήση ανόργανων αλάτων. (CIUR)

Παραδείγματα εφαρμογών χρήσεις του χαρτονιού ως συνθετικό υλικό παρουσιάζονται ακολούθως. Ένας αρχιτέκτονας που έχει διακριθεί στη χρήση επαναχρησιμοποιημένων κυλίνδρων από χαρτόνι, είναι ο Shingeru Ban. Οι paper tubes χρησιμοποιήθηκαν ως δοκοί στήριξης στεγάστρων. Ένα χαρακτηριστικό του έργο βρίσκεται στο κέντρο του Ρομβιδου στο Παρίσι, ένας προσωρινός χώρος εργασίας που κατασκευάστηκε το 2004, και έχει εμβαδόν 115m<sup>2</sup> με σκελετό αποτελούμενο από χάρτινους κυλίνδρους και μεταλλικά

υποστυλώματα. Οι τοίχοι πληρώθηκαν με φύλλα ανακυκλωμένης ξυλείας τύπου OSB, τα οποία έχουν επαλειφθεί με μεμβράνη διοξειδίου του τιτανίου, τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) και πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Μέσα στα επόμενα δέκα χρόνια, ο Shigeru Ban έχει κατασκευάσει διαφόρων μεγεθών και τύπων κτιρίων με κύριο δομικό υλικό τους κυλίνδρους από χαρτόνι. Μια χαρακτηριστική περίπτωση είναι η χαμηλού κόστους κατασκευή και εύκολη στην συναρμολόγηση, από πεπεισμένους κυλίνδρους χαρτονιού που πρότεινε προς κατασκευή, με αφορμή την ανάγκη στέγασης μεγάλου πληθυσμού αστέγων που προέκυψαν από τον σεισμό στην Ιαπωνία τον Ιούνιο του 1995. Χαρακτηριστικά το κόστος για 52m<sup>2</sup> ανήλθε στις 2.000\$.

Ο Shigeru Ban δεν σταμάτησε όμως εδώ. Μελέτησε σε βάθος τους χάρτινους κυλίνδρους, την στατική και δυναμική αντοχή τους σε μορφή κοιλοδοκών, και ανακάλυψε ότι μπορεί να φτιάξει στατικά υποστυλώματα, δηλαδή κολώνες που μπορούν να αναλάβουν φορτία, με τη χρήση του ανακυκλωμένου χαρτονιού. Συναρμολογούνται/αποσυναρμολογούνται εύκολα και γρήγορα (λόγω των προσαρμοσμένων άκρων των δοκών) ενώ προσφέρουν στεγανότητα και πυροπροστασία. Οι χάρτινοι κύλινδροι σταθεροποιούνται ο ένας δίπλα στον άλλο με τη χρήση κολλητικής στεγανωτικής ταινίας. Οι οικίσκοι αυτοί, οι οποίοι λέγονται 'paper log houses'. Οι κύλινδροι αυτοί, μπορούν να κατασκευαστούν επί τόπου και μετά το τέλος της χρήσης τους, αποσυναρμολογούνται εύκολα και ανακυκλώνονται. Το κύριο πλεονέκτημα που τους χαρακτηρίζει είναι η δυνατότητα προκατασκευής τους σε διάφορα πάχη και διαμέτρους. Η δυνατότητα αναλαβής βάρους εξαρτάται από αυτές τις παραμέτρους.



Διάγραμμα 30: Οικία Στέγασης των Σεισμόπληκτων του Kobe στην Ιαπωνία, κατασκευασμένη από κυλίνδρους πεπεισμένου χαρτονιού.

Για την υποστήριξη των κυλίνδρων χρησιμοποιήθηκαν κιβώτια μύρας εμπλουτισμένα με άμμο, τα οποία αποτέλεσαν την περιμετρική θεμελίωση του κτιρίου και προσέφεραν υγρασιμότητα στην κατασκευή από την υγρασία του εδάφους. Στους τοίχους

τοποθετήθηκαν οι χάρτινοι κύλινδροι ενώ στις οροφές ύφασμα σαν των αντίσκηνων. Ο Βαν στηριζόμενος στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, κατά τη θερινή περίοδο στην οροφή υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας κενού μεταξύ τοίχων και οροφής ώστε να κυκλοφορεί ο αέρας εντός του χώρου, ενώ το χειμώνα το κενό αυτό διατηρείται κλειστό ώστε να μένει ζεστός ο χώρος. Κάθε 'paper log house' έχει εμβαδόν γύρω στα 16 m<sup>2</sup>. Τα κιβώτια μπύρας χρησιμοποιήθηκαν επίσης για τη δημιουργία της σκάλας.

Με βάση το παράδειγμα της Ιαπωνίας, τα 'paper log houses' εφαρμόστηκαν και στην Τουρκία, για να στεγάσουν προσωρινά τους πληγέντες του σεισμού του 1999. Οι οικισμοί αυτοί αν και είχαν ίδια αρχή κατασκευής είχαν λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις (18 m<sup>2</sup>), αυτό οφείλεται στις διαφορετικές standard διαστάσεις του κοντραπλακέ που επικρατούσαν στην Τουρκία και λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους οικογενειών. Οι οικισμοί είχαν επιπλέον πλεονεκτήματα λόγω της καλύτερης μόνωσης που παρείχαν, η οποία οφειλόταν στα κομμάτια ανακυκλωμένου χαρτιού που τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό των κυλίνδρων και στην εφαρμογή υαλοπίνακα fiberglass στην οροφή. (DesingBoom)



Διάγραμμα 31: Η εφαρμογή του τύπου paper log houses και στην Τουρκία.

Ένα ακόμη έργο του Shigeru Ban είναι η κατασκευή μίας εκκλησίας στην πόλη Kobe, με σκοπό την αντικατάσταση της προηγούμενης, που καταστράφηκε από τον σεισμό. Για την κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν και πάλι κύλινδροι από πεπιεσμένο χαρτόνι. Το έργο ολοκληρώθηκε εντός 5 εβδομάδων με τη βοήθεια 160 εθελοντών. Η κατασκευή έπρεπε να ήταν γρήγορη και χωρίς την απαίτηση μελέτης σχεδιασμού ή στατικής, έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνικές της χάρτινης αρχιτεκτονικής, όπως και στα «paper logs houses». Δύο από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της κατασκευής ήταν το χαμηλό της κόστος καθώς και η έλλειψη απαίτηση εξειδικευμένου εξοπλισμού και συνεργείου. Το κτίριο μπορούσε να παρέχει στέγη σε 80 περίπου άτομα. Έχει ελλειψοειδές σχήμα με κυλίνδρους 58 σε αριθμός, 5 μέτρα σε ύψος, διάμετρο 330 χιλιοστά και πάχος 15 χιλιοστά. Στο μήκος του μεγάλου άξονα της έλλειψης οι κύλινδροι τοποθετήθηκαν σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους ώστε να σχηματίζεται ο χώρος της Αγίας Τράπεζας και ένας

πρόσθετος αποθηκευτικός χώρος στο πίσω μέρος της εκκλησίας ενώ στο μήκος του μικρού άξονα, οι κύλινδροι απείχαν περισσότερο, ώστε, με το άνοιγμα των μπροστινών υαλοπινάκων να δημιουργείται η αίσθηση της συνέχειας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. (Design Boom)



Διάγραμμα 32: Η εκκλησία του Shigeru Ban στο Kobe της Ιαπωνίας κατασκευασμένη από κυλίνδρους χαρτονιού.

Μία ακόμη περίπτωση εφαρμογής των οικισμών τύπου ‘paper log houses’ βρίσκουμε στην Ινδία το 2001, που κατασκευάστηκαν για να προσφέρουν προσωρινό κατάλυμα για τους σεισμόπληκτους. Λόγω της έλλειψης κιβωτίων μύρας στην περιοχή, χρησιμοποιήθηκαν μπάζα από κατεδαφίσεις κτιρίων σαν θεμελίωση. Επιπλέον, το πάτωμα καλύφθηκε με ξηραμένη λάσπη. Για την κατασκευή της οροφής, χρησιμοποιήθηκαν κομμένα καλάμια (bamboo) στα τόξα της θολωτής οροφής και ολόκληρα bamboo στα δοκάρια της στέψης. Συγκεκριμένα, η οροφή αποτελείτο από τρεις στρώσεις υλικών: πάνω από τα τόξα μπαμπού τοποθετήθηκε ένα τοπικό καλαμωτό υφαντό, πάνω του ένας πλαστικός μουσαμάς για στεγανοπροστασία και από πάνω του άλλη μία στρώση καλαμωτού υφαντού. Η διέλευση του αέρα γίνεται μέσω των αετωμάτων της οροφής, διότι οι μικρές τρύπες που έχει το πλεχτό επιτρέπουν τη κυκλοφορία του αέρα, δίνοντας την δυνατότητα στους κατοίκους να μαγειρέψουν χωρίς τη μόνιμη ενόχληση των εντόμων (που ευδοκιμούν λόγω του κλίματος).



Διάγραμμα 33: Ο χώρος στέγασης των σεισμόπληκτων από χάρτινους κυλίνδρους στην Ινδία.

Μια άλλη κτιριακή εφαρμογή με κύριο δομικό υλικό το χαρτόνι είναι η δημιουργία ενός κτιρίου εκπαίδευσης, του «Cutting-Edge Cardboard», στο Essex του Ηνωμένου Βασιλείου από τους αρχιτέκτονες Cottrell & Vermeulen. Το εν λόγω κτίριο, κατασκευάστηκε το 2000 και κτίστηκε με χρήση μόνο ανακυκλωμένων υλικών (κατά κύριο λόγο χαρτόνι), έτσι κόστισε πολύ λίγο. Έμπνευση για τη συγκεκριμένη ιδέα ήταν η τέχνη αναδίπλωσης χαρτιού ‘origami’ που με την βοήθεια της ανακάλυψαν την αντοχή που έχει το αναδιπλωμένο χαρτί. Έχοντας διατηρήσει το ίδιο μοτίβο αναδίπλωσης με την τεχνική origami, φαίνεται η επίδραση του στα δυναμικά γραφικά που δεσπόζουν στην πρόσοψη του κτιρίου. Τα δομικά μέρη του κτιρίου αποτελούσαν απόβλητα χαρτιού, κουτιά τύπου tetrapak και αντικολλητικά φύλλα χαρτονιού, τα οποία συνδέθηκαν μεταξύ τους. Το επιτυχές αυτό επιχείρημα, αγκάλιασαν οι κάτοικοι της περιοχής που συμμετείχαν κατά τη φάση της συλλογής των υλικών και της κατασκευής. Τα χάρτινα φύλλα λειτούργησαν ως μονωτικό υλικό αφού εμπεριείχαν αεροθάλαμους. Για να μπορεί η κατασκευή να αντέξει την επιβολή φορτίου στις ενώσεις (ακμές) χρησιμοποιήθηκε σύνθετη ξυλεία. (Richardson 2007)



Διάγραμμα 34: Η αίθουσα διδασκαλίας ‘cutting – edge cardboard house’ κατασκευασμένη από φύλλα χαρτονιού.

Μια διαφορετική εφαρμογή του χαρτονιού στις δομικές κατασκευές είναι το δεματοποιημένο μίγμα από χαρτόνι και πλαστικό, ή όπως αλλιώς λέγεται Refuse Derived Fuel (RDF). Με τη χρήση επάλληλα διατεταγμένων κύβων RDF στα περιμετρικά τοιχώματα, οι αρχιτέκτονες Gabriel Comstock, Any Jo Holtz και Andrew Olds της ομάδας ‘Rural Studio’ (Alabama USA) σχεδίασαν και κατασκεύασαν την κατοικία ‘Corrugated Cardboard Pod’. Η οροφή κατασκευάστηκε από ανακυκλωμένη ξυλεία. Η κατασκευή στο σύνολο κόστισε περίπου 15.000€, που τα 2/3 οφείλονται στο κόστος εργατικών.





Διάγραμμα 35: Η κατοικία ‘Corrugated Cardboard Pod’ κατασκευασμένη από RDF.

### Συσκευασίες Τύπου Tetrapak (Συσκευασίες χυμών και γαλάτων)

Οι συσκευασίες αυτές αποτελούνται από 77% χαρτί, 18% πολυαιθυλένιο και 5% αλουμίνιο. Η ανακύκλωση τους απαιτεί πρώτα των διαχωρισμό των υλικών τους, συνεπώς αυξάνεται το κόστος και η κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, σύμφωνα με τον οργανισμό Smart Shelter Foundation, θα ήταν προτιμότερη η επαναχρησιμοποίηση τους ως φύλλα στέγης ή πάνελ, αφού πρώτα υποστούν την κατάλληλη θερμική συμπίεση. Το πολυαιθυλένιο με το λιώσιμο του μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως συνδετικό άλλων υλικών καθώς επίσης μπορεί να αυξάνει την αντοχή των πάνελ.



Διάγραμμα 36: Πλακίδια και Φύλλα μετά από θερμική συμπίεση του τύπου Tetrapak.

### **4.2.3 Ανακύκλωση ελαστικών και παρμπρίζ αυτοκινήτων**

#### Υλικά

Η εκρηκτική ανάπτυξη στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας τις τελευταίες δεκαετίες συνοδεύτηκε από σημαντική αύξηση του όγκου ελαστικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Οι σημαντικές εξελίξεις στον τομέα της βιομηχανικής ανακύκλωσης μπορούν πλέον να εγγυηθούν την επαρκή αποκατάσταση των εκατομμυρίων ελαστικών που απορρίπτονται καθημερινά. Πλέον, κάθε χρόνο, περίπου 100 εκατομμύρια ελαστικά επεξεργάζονται από τη βιομηχανία ανακύκλωσης. Στο παρελθόν, τα άχρηστα ελαστικά συχνά απορρίπτονταν παράνομα σε λίμνες, κατά μήκος της πλευράς του δρόμου, κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις, τα αποθέματα ελαστικών κατέληγαν να καίγονται, απελευθερώνοντας τοξίνες και ρύπους στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Ακόμη τα ελαστικά μπορούν να

κρατήσουν το νερό, δημιουργώντας ένα ιδανικό περιβάλλον αναπαραγωγής για τα έντομα, τα τρωκτικά και άλλα παράσιτα που μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες στον άνθρωπο.

Τα ελαστικά αποτελούνται κυρίως από καουτσούκ, υφάσματα και χάλυβα. Η ανακύκλωση ελαστικών μεταφράζεται σε χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, μείωση εκπομπών και μείωση των πρώτων υλών καουτσούκ που απαιτούνται για την κατασκευή, γεγονός που συμβάλλει στη διατήρηση των φυσικών πόρων όπως το αργό πετρέλαιο.

Ένα ελαστικό είναι ένα προϊόν που προορίζεται να είναι σχεδόν άφθαρτο. Εξαιτίας αυτού, τα ελαστικά ήταν δύσκολο να σπάσουν και να ανακυκλωθούν, αλλά αυτό έχει αλλάξει.

#### Διαδικασίες ανακύκλωσης

1.Ταξινόμηση: Τα ελαστικά ταξινομούνται κατά μέγεθος και σύνθεση.

2.Τεμαχισμός: Ο τεμαχιστής χρησιμοποιεί ισχυρά μαχαίρια για να κόψει τα ελαστικά σε μικρότερα κομμάτια (συνήθως λωρίδες). Η διαδικασία κάνει το ελαστικό πιο ανθεκτικό και ευέλικτο.

3.Αφαίρεση σιδήρου: Το ελαστικό τεμαχίζεται περαιτέρω και αφαιρούνται οι ίνες χάλυβα. Χρησιμοποιούνται μαγνήτες για το διαχωρισμό του χάλυβα από το ελαστικό.

4.Άλεση: Μόλις αφαιρεθεί ο χάλυβας, οι λωρίδες τοποθετούνται σε κοκκοποιητές, ανάλογα με την τελική χρήση του ελαστικού.

#### Ειδικές διαδικασίες

1.Κρυογονική μέθοδος: Τα τεμαχισμένα ελαστικά παγώνουν τη χρήση υγρού αζώτου. Τέτοιες θερμοκρασίες προκαλούν δραματική αλλαγή των φυσικών ιδιοτήτων του ελαστικού και γίνεται πολύ εύθραυστο. Έτσι, διευκολύνεται η άλεση και η απομάκρυνση του σιδήρου και χάλυβα. Η κρυογονική άλεση μετατρέπει το καουτσούκ σε λεπτή σκόνη, που στη συνέχεια χρησιμοποιείται σε προϊόντα όπως ο συνθετικός χλοοτάπητας.

2.Πυρολυτική μέθοδος: Περιλαμβάνει τη θέρμανση των ελαστικών σε ένα περιβάλλον χωρίς οξυγόνο και την αποσύνθεση τους σε έλαια, αέρια και απανθρακωμένα.

#### Εφαρμογές

1. Καύσιμο : Τα ελαστικά θραύσματα που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα μπορούν να παράγουν την ίδια ποσότητα ενέργειας όπως το πετρέλαιο και 25% περισσότερη από τον άνθρακα.

2. Κοκκοποιημένα απορρίμματα ελαστικού χρησιμοποιούνται σε κλιβάνους τσιμέντου, εργοστάσια χαρτιού, καθώς και σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Τα τεμαχισμένα ελαστικά χρησιμοποιούνται ως γέμισμα για τη σταθεροποίηση ασθενούς εδάφους και ως μόνωση για δρόμους, τοίχους και βάθρα γεφυρών.
4. Σκόνη και κόκκοι καουτσούκ (καουτσούκ ασφάλτου) χρησιμοποιούνται εκτενώς σε εφαρμογές ασφάλτου, στο σχεδιασμό, ανακατασκευή και συντήρηση δρόμων. Βελτιώνει την οδική απόδοση, προσδίδοντας επιπλέον πρόσφυση, μειώνοντας τα επίπεδα του θορύβου, παρέχοντας ασφάλεια και περισσότερη διάρκεια ζωής από τη συμβατική ασφαλτο και μειώνοντας το κόστος συντήρησης.
5. Το κοκκώδες καουτσούκ χρησιμοποιείται στην κατασκευή αθλητικών εγκαταστάσεων. Έχει ιδιότητες απορρόφησης κραδασμών, ιδανικό για επιφάνειες τρεξίματος και παιδικές χαρές.
6. Το καουτσούκ βελτιώνει την αποστράγγιση όταν χρησιμοποιείται σε γρασίδι.
7. Τα ελαστικά περιέχουν σημαντικές ποσότητες χάλυβα (καλώδια) που μπορούν να ανακτηθούν πλήρως και να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη στον τομέα της χαλυβουργίας.

### Γεγονότα

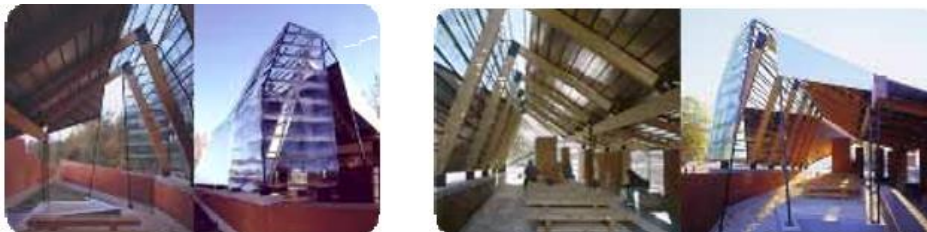
Η ανακύκλωση ενός ελαστικού χρησιμοποιεί 20 λίτρα λιγότερο πετρέλαιο από την κατασκευή ενός νέου και κοστίζει 30% με 70% λιγότερο. Η ανακύκλωση ελαστικών συμβάλει στη μείωση του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα ενός προϊόντος (4 έως και 20 φορές χαμηλότερο αποτύπωμα).

### Χρήση ελαστικών στην οικοδομική βιομηχανία

Η επεξεργασία τους αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία, καθώς τα μηχανήματα πρέπει να διαχωρίσουν τα υλικά που συνθέτουν το ελαστικό. Τα ελαστικά διαχωρίζονται κατά την κοπή τους σε τρεις κατηγορίες: το λάστιχο σε κόκκο, το ατσάλι και την πούδρα του ελαστικού. (Ecotec) Γενικά, τα λάστιχα είναι υλικά πολύ γερά και ελαστικά, γεγονός που τα καθιστά ασταθή στην τοποθέτηση. Αλλά, εφόσον είναι κενά εσωτερικά, μπορούν να πληρωθούν με χόμα ώστε να αυξηθούν οι αντοχές τους στην πίεση και να έχουν καλύτερη συσσώρευση θερμότητας. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις κατασκευές, παρά μόνο συνδυασμένα με άλλα υλικά εφαρμόζονται σε ελαστικές κατασκευές. Είναι εύκολα στον τεμαχισμό και αποτελούν άριστο υλικό κάλυψης. (Hinte 2007)

Τα παρμπρίζ αυτοκινήτων αποτελούνται από πολύ ανθεκτικά γυαλιά και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε γυάλινες οροφές ή όψεις, όπως έχει γίνει στο κτίριο Mason's Bend Community Center στην Alabama του Rural Studio. Χρειάστηκαν 80 παρμπρίζ για την δημιουργία της στέγης. Οι τοίχοι κατασκευάστηκαν από πατημένο πυλό (τοπική άργιλος, τσιμέντο και νερό), τα δοκάρια από τα κυπαρίσσια της περιοχής και τα γυαλιά στηρίζονται σε μεταλλικό σκελετό, φτιαγμένο από κομμάτια μετάλλων από κοντινές χωματερές. Χρησιμοποιήθηκαν, επίσης τα κρύσταλλα ασφαλείας των πλευρικών παραθύρων του αυτοκινήτου για την αποφυγή ανοίγματος οπών. (Hinte 2007)

Ακόμη ένα παράδειγμα με τη χρήση γυαλιών από παρμπρίζ υπάρχει στο κατάστημα παπουτσιών Duchì, όπου οι αρχιτέκτονες "2012 Architects" κατασκεύασαν τα ράφια από 130 παρμπρίζ τυλιγμένα με πλαστικό. Είχαν ακριβώς τις αναλογίες που επιζητούσαν και το μόνο που χρειαζόταν ήταν η αποσύνδεση και η τοποθέτηση τους. Για τη βιτρίνα και τα ράφια, χρησιμοποιήθηκαν 40 κρύσταλλα από πλευρικά παράθυρα. Στην επίστρωση δαπέδου χρησιμοποιήθηκε ανακυκλωμένο πλαστικό. Γενικά, η κατασκευή χαρακτηρίζεται κατά 90% από ανακυκλωμένα υλικά.(Hinte 2007)



Διάγραμμα 37: Κατάστημα παπουτσιών με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού από παρμπρίζ αυτοκινήτων.

Στα μέσα του 1970, ο αρχιτέκτονας Michael Reynolds σχεδίασε το πρώτο «γεώπλοιο», όπως το ονόμασε. Πυλώνες για την κατασκευή του ήταν : α) Να κατασκευαστεί από γηγενή και ανακυκλώσιμα υλικά, β) να διατηρεί την αυτονομία του ως προς το νερό και την ενέργεια, όπως για παράδειγμα με τη συλλογή βρόχινου νερού από την οροφή και μετατροπή του μέσω ειδικής συσκευής σε πόσιμο και γ) να μην απαιτεί κάποια τεχνική ειδίκευση από τον κατασκευαστή. Κτίστηκε λίγο πιο κάτω από τη στάθμη του εδάφους ώστε να προσφέρει θερμική ενέργεια. Η νότια όψη είναι γυάλινη, ενώ οι υπόλοιποι τοίχοι διαμορφώθηκαν από ελαστικά αυτοκινήτων, τα οποία εμπλουτίστηκαν με ξερό χώμα ώστε να συλλέγουν τη θερμότητα κατά την ημέρα, δίνοντας μία ευχάριστη θερμοκρασία μετά τη δύση του ηλίου. Η διαδικασία κατασκευής έχει ως εξής : αρχικά, γίνεται εκσκαφή για τη δημιουργία κοιλότητας και το χώμα που αφαιρείται τοποθετείται στα λάστιχα, που

βρίσκονται στην τελική τους θέση γιατί μετά θα ήταν αρκετά βαρετά για να μετακινηθούν. Ακολούθως το χώμα συμπίεστηκε στο λάστιχο με βαριοπούλα. Πλαστικά ή γυάλινα μπουκάλια αποτέλεσαν το υλικό πλήρωσης των λεπτών τοίχων και των κενών μεταξύ των λάστιχων. Τα κύρια πλεονεκτήματα της κατασκευής είναι η δυνατότητα ανάληψης μεγάλων φορτίων από τους τοίχους και η πυρασφάλεια τους, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των λάστιχων. Τα γεώπλοια έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής, αφού τα λάστιχα παρέχονται δωρεάν, ενώ χρησιμοποιούνται και σαν καταλύματα εκτάκτου ανάγκης μετά από φυσικές καταστροφές. (Hinte 2007)



Διάγραμμα 38: «Γεώπλοιο», κατασκευασμένο από ελαστικά αυτοκινήτων, ανακυκλωμένο γυαλί και χώμα.

Η ομάδα «The Mille Gomme» το 2005, αποσυναρμολόγησε ένα ξύλινο σπίτι και δημιούργησε ένα λειτουργικό σπίτι κήπου με διαστάσεις 8 x 2,5 μέτρα. Αποτελείται από ξύλινα πλαίσια και λεπτές πολυσύνθετες πλάκες. Έγινε μόνωση από πετροβάμβακα (μία πλαστική μεμβράνη που αναπνέει) και μία στρώση παλιών λάστιχων για να αντέχει η κατασκευή στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Η εσωτερική επένδυση έγινε από διάφορα είδη επαναχρησιμοποιημένου ξύλου και τα παράθυρα διαθέτουν επαναχρησιμοποιημένο γυαλί με μόνωση. Ο αέρας διακινείται εντός του χώρου μέσω των τεσσάρων οπών που υπάρχουν στην οροφή και στους τοίχους. (Refunc)



Διάγραμμα 39: Ένα σπιτάκι κήπου από παλαιά ελαστικά, επαναχρησιμοποιημένο ξύλο και γυαλί.

Συμμετοχή του ΤΕΠΑΚ στο ερευνητικό πρόγραμμα «Αναγέννησις» για τη χρήση χρησιμοποιημένων ελαστικών στην οικοδομική βιομηχανία

Το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, και συγκεκριμένα το τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής συμμετέχει στο ερευνητικό πρόγραμμα «Αναγέννησις». Στις 6 Ιουλίου 2015, το Imperial College London παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που έγιναν στα πλαίσια του έργου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μερικά υλικά από χρησιμοποιημένα ελαστικά, αφού ανακυκλωθούν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά, με εισαγωγή τους στο σκυρόδεμα, στη δόμηση οικολογικών κτηρίων, και ταυτόχρονα να παρέχουν μεγαλύτερη σεισμική αντοχή. Τέτοια υλικά είναι το τριμμένο καουτσούκ, τα λινά και το σύρμα από χάλυβα.

Συγκεκριμένα, με την εισαγωγή του ανακυκλωμένου καουτσούκ στο σκυρόδεμα, προσφέρει στις κατασκευές την δυνατότητα τα κρίσιμα σημεία να παραμορφωθούν μέχρι και 50 φορές πιο πολύ σε σύγκριση με το συμβατικό σκυρόδεμα. Ακόμη, αν ανακυκλωθεί το σύρμα από χάλυβα και εισαχθούν οι ίνες του στο σκυρόδεμα σε συνδυασμό με άλλες ίνες χάλυβα, προσφέρει αύξηση στην καμπτική αντοχή και στην δυσθραυστότητα, με αποτέλεσμα λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, έως και 97%. Οι ίνες αυτές είναι λεπτότερες από τις συμβατικές, συνεπώς το σκυρόδεμα περιέχει περισσότερες ίνες και αυτό ωφελεί ιδιαίτερα στη μείωση των ρωγμών κατά την πήξη του σκυροδέματος. Ακόμη, χρησιμοποιούνται για να αποφευχθεί η εκρηκτική αποκόλληση του σκυροδέματος, η οποία συνήθως συμβαίνει λόγω πρόκλησης πυρκαγιάς σε κατασκευές και σήραγγες. Σύμφωνα με τον καθηγητή Διόφαντο Χατζημιτσή και τους ερευνητές Δρ Κυριάκος Νεοκλέους και Δρ Κυριάκος Θεμιστοκλέους του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου, «αυτά είναι υλικά υψηλής ποιότητας με πολύτιμες ιδιότητες και πρέπει να επαναχρησιμοποιηθούν». Η αποτέφρωση των ελαστικών, που μπορούν να προσφέρουν τόσα πολλά είναι μεγάλο λάθος και η επίδειξη της χρησιμότητάς τους, σε συνδυασμό με την αφύπνιση των ιθυνόντων κρίνεται απαραίτητη. Η πρώτη εταιρεία που ξεκίνησε την ανακύκλωση και επεξεργασία του ανακυκλωμένου σύρματος ελαστικών ήταν στη Βρετανία, η Twincon Ltd.

#### *Έργο «Αναγέννησις»*

Ξεκίνησε το 2014 με αναμενόμενη ολοκλήρωση το 2017 και χρηματοδοτείται από το 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, στο πλαίσιο των ερευνητικών προγραμμάτων «Turning waste into a resource through innovative technologies, processes and services».

Το έργο συντονίζεται από το Πανεπιστήμιο του Sheffield και συμμετέχουν 17 φορείς από 8 ευρωπαϊκές χώρες (Βοσνία, Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία, Ιταλία, Κροατία,

Κύπρος και Ρουμανία) και η Ευρωπαϊκή Ένωση για την Ανακύκλωση των Ελαστικών. Από την Κύπρο, το ΤΕΠΑΚ και η Zebra General Constructions Ltd συμμετέχουν.

Τα επόμενα βήματα στο έργο είναι η εφαρμογή της χρήσης των υλικών αυτών σε αντισεισμικές εφαρμογές, αποσβεστήρες κραδασμών και εφέδρανα γεφυρών. Ακόμη, αναμένονται θα γίνουν προγράμματα για να πεισθούν οι επαγγελματίες και οι διαχειριστές υποδομών για τα πλεονεκτήματα των νέων υλικών.

#### **4.2.4 Ανακύκλωση άλλων υλικών**

##### **4.2.4.1 Υφάσματα**

Τα απόρρητα υφασμάτων συνήθως είναι παλιά ενδύματα και μοκέτες. Για να μπορέσουν να αξιοποιηθούν ξανά θα πρέπει πρώτα να επεξεργαστούν και να κοκκοποιηθούν. Αποτελούνται από 36% πολυπροπυλένιο, από 18% νάιλον και από 46% μίγμα ανθρακικού ασβεστίου, καουτσούκ, στυρενίου και βουταδιενίου.

Ένας τρόπος χρήσης των υφασμάτων σε κόκκους είναι η προσθήκη τους στο σκυρόδεμα, αντικαθιστώντας τα λεπτόκοκκα αδρανή. Η μηχανική αντοχή τους εξαρτάται από την περιεκτικότητα τους σε νάιλον, όσο μεγαλύτερη τόσο μειωμένη αντοχή έχουν. Συγκριτικά με το συμβατικό σκυρόδεμα, το σκυρόδεμα που περιέχει κοκκοποιημένα υφάσματα έχει υψηλότερη ολκιμότητα.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της χρήσης των ανακυκλωμένων μοκετών βρίσκουμε στο κτίριο «Lucy House», το οποίο κατασκευάστηκε με πρωτοβουλία του Rural Studio, το 2001, και έχει επιφάνεια 75 m<sup>2</sup>. Ένα μεγάλο μέρος των τοιχωμάτων κατασκευάστηκε από επάλληλη τοποθέτηση 20774 ανακυκλωμένων κομματιών μοκετών. Το κτίριο έχει ένα ημιυπόγειο με υπνοδωμάτιο, τρία υπνοδωμάτια, ένα μπάνιο και ένα σαλόνι. Η τεχνική τοποθέτησης των μοκετών ήταν σαν την τοποθέτηση των τούβλων (το ένα πάνω στ' άλλο), ανά πέντε τεμάχια για κάθε δομικό στοιχείο. Λόγω της αδυναμίας παραλαβής του φορτίου από τους τοίχους, έπρεπε να το τοποθετηθούν μεταλλικά υποστρώματα με διάμετρο 0,1m στις γωνίες και ανάμεσα των παραθύρων και να ανοιχτούν οπές για τη διέλευση τους. Από τη στέψη του τοίχου περνά μία ξύλινη δοκός, πάνω στην οποία έχουν βιδωθεί οι κολώνες ώστε να ενεργοποιούν τη δύναμη της προέντασης στους τοίχους (Sinclair 2006). Το αρνητικό βέβαια είναι ότι η όλη διαδικασία απαιτεί επίπονη και πολλή χειρονακτική εργασία καθώς έπρεπε να γίνει συμπίεση των κομματιών και τα πλείστα να κοπούν σε συγκεκριμένες διαστάσεις. Ενώ το κύριο θετικό

της κατασκευής είναι αισθητική της λόγω της εναλλαγής των πολλών και διαφορετικών χρωμάτων μοκέτας που χρησιμοποιήθηκαν, που αν και φαίνεται μία μπλε-γκρι απόχρωση από μακριά, από κοντά, ποικίλα φωτεινά χρώματα αποκαλύπτονται. (Hinte 2007)



Διάγραμμα 40: Η κατοικία 'Lucy House' με τη χρήση ανακυκλωμένων κομματιών μοκέτας.

Η πρόταση της I-Beam Design, για τη χρήση των ξύλινων παλέτων ως δομικό υλικό ήρθε το 1999 με το έργο της Pallet House. Οι σχεδιαστές Azin Valy και Suzan Wines κατασκεύασαν τους συγκεκριμένους οικισμούς ως μεταβατικές κατοικίες για τους πρόσφυγες του Κόσσοβου, αφού η μέση διάρκεια ζωής τους είναι 5 χρόνια.

Κάθε παλέτο κοστίζει μόνο 5 δολάρια και χρησιμοποιείται για μεταφορά αναγκαίων προμηθειών στη περιοχή. Το σπίτι αυτό επιτρέπει ποικιλία στην κατασκευή, στο μέγεθος και τη διάταξη και είναι εύκολο και γρήγορο στην κατασκευή. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης, τοπικά υλικά όπως μάζα κατεδαφίσεων, πέτρες, χώμα, λάσπη, πλαστικά και σκυρόδεμα. Είναι κατάλληλο για όλες τις κλιματικές ζώνες. (Sinclair 2006)

#### **4.2.4.2 Ιστιοπλοϊκά πανιά**

Τα ιστιοπλοϊκά πανιά, εφόσον σκιστούν, δεν μπορούν να επιδιορθωθούν αλλά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αυτούσια, καθώς διαθέτουν μεγάλη αντοχή στον άνεμο και χαμηλή απορροφητικότητα σε νερό. Το 1932, ο Albert Frey σχεδίασε την πρώτη κατοικία που καλύπτεται από ιστιοπλοϊκό πανί, με μεταλλικό και ξύλινο σκελετό. Το πανί που χρησιμοποιήθηκε ήταν επεξεργασμένο με ειδική ναυτική κόλλα και τοποθετήθηκε σαν εξωτερική επένδυση πάνω στα ξύλινα πάνελ (επικαλυμμένα με αστάρι από μόλυβδο). Τα πάνελ στερεώθηκαν με καρφιά χάλυβα ανά 15 cm. Ωστε το ξύλο να είναι προστατευμένο και να έχει μεγαλύτερη θερμική μόνωση, τοποθετήθηκαν 3 στρώσεις ελαιοχρώματος και 1 στρώση με χρώμα αλουμινίου. Στη στέγη και το πάτωμα χρησιμοποιήθηκε το πανί και η εξωτερική επιφάνεια χρειάζεται συντήρηση κάθε τρία χρόνια (βαφή). (Ludwig 1998)



#### 4.2.4.3 Πόρτα πλυντηρίου

Για την ανακύκλωση μίας πόρτας πλυντηρίου γίνεται προηγουμένως αποσυναρμολόγηση, για την ξεχωριστή ανακύκλωση του γυαλιού, των μετάλλων και των πλαστικών, μια διαδικασία που καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας. Αντί όμως για αυτό, είναι προτιμότερο οι πόρτες να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες ως άριστα υδατοστεγανά παράθυρα. Η ομάδα αρχιτεκτόνων “2012 Architects” κατασκεύασαν το WasAutoMatiek bar από πόρτες πλυντηρίων και φούρνο πιτσαρίας (Richardson 2007). Κατασκευασμένο από πάνελ αλουμινίου πλυντηρίων ρούχων, χρησιμοποιημένους μεταλλικούς σωλήνες, λάστιχα αυτοκινήτων, ιστιοπλοϊκά πανιά για σκιασμό και δάπεδο στίβου για πάτωμα. (Hinte 2007)



Διάγραμμα 41: Ένα μπαρ κατασκευασμένο από πόρτες πλυντηρίων, μεταλλικούς σωλήνες, λάστιχα αυτοκινήτου και ιστιοπλοϊκά πανιά.

#### 4.2.4.4 Πλαστικό

##### Διαδικασίες ανακύκλωσης

1. Ταξινόμηση: Πραγματοποιείται μηχανικά ή χειροκίνητα.
2. Τεμαχισμός και συμπίεση: Τεμαχισμός σε μικρότερα κομμάτια για να διευκολύνει το χειρισμό και τη μεταφορά.
3. Πλύσιμο: Πλένονται και αλέθονται σε μικρότερες νιφάδες.
4. Τήξη ή διαμόρφωση σε κόκκους ή σφαιρίδια.
5. Μεταρρύθμιση/Μεταποίηση.

##### Γεγονότα

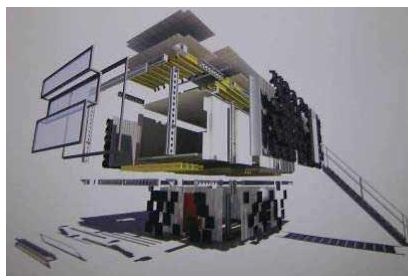
1. Για ένα τόνο ανακυκλωμένου πλαστικού εξοικονομούνται 5.774 kWh ενέργειας, 2.604 λίτρα πετρελαίου, 98 εκατομμύρια Btu ενέργειας και 22 m<sup>3</sup> χώρου υγειονομικής ταφής.
2. Κατά την παραγωγή ανακυκλωμένου πλαστικού εξοικονομείται 80-90% ενέργεια συγκριτικά με την παραγωγή πλαστικών από παρθένα υλικά (πετρέλαιο, φυσικό αέριο).

3. Για 12 εκατομμύρια τόνους ανακυκλωμένου πλαστικού, παράγεται κέρδος ίσο με 5 δισεκατομμύρια δολάρια ανά έτος.

Το πλαστικό εισήχθη στη βιομηχανική παραγωγή μόλις το 1907. Χαρακτηρίζεται από ανθεκτικότητα, μικρό βάρος και χαμηλό κόστος. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπολογίζεται ότι το 2008 παρήχθησαν περίπου 25 εκατ. τόνοι πλαστικών αποβλήτων εκ των οποίων μόλις 5,3 εκατ. τόνοι (21,3%) ανακυκλώθηκαν. Ευρωπαϊκός στόχος είναι μέχρι το 2020 να φτάσει στο 75%.

Το πλαστικό έχει ως βάση το πετρέλαιο, με χρήση του 4% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου για την κατασκευή του. Για την παραγωγή των πρώτων υλών του πλαστικού, δηλαδή του αιθυλενίου, του στυρένιου, του βενζόλιου και του προπυλένιου, εκτελούνται βιομηχανικές διεργασίες, οι οποίες καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας, εκπέμπουν πτητικές οργανικές ενώσεις και φυσικά παράγουν επιβλαβή απόβλητα. Το πρόβλημα των πλαστικών εγγυάται στο γεγονός ότι διασπώνται δύσκολα, προκαλώντας έτσι ρύπανση, η οποία διαφοροποιείται με το είδος και την ποιότητα καύσης τους. Τα πλαστικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσυνθετικά. Τα θερμοπλαστικά, όπως η σελουλόζη, το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) το πολυστυρένιο (PS), τα πολυακρυλικά και οι ρητίνες, μπορούν να ανακυκλωθούν. Ενώ τα θερμοσυνθετικά πλαστικά (όπως το fiberglass) μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μία φορά.

Στο παρόν στάδιο, οι δομικές εφαρμογές από ανακυκλωμένο πλαστικό είναι περιορισμένες κυρίως λόγω ότι η μορφοποίηση του πλαστικού είναι περίπλοκη διαδικασία και αυξάνει το κόστος κατασκευής. Ωστόσο, υπάρχουν παραδείγματα όπως το 'casa pollo (chicken house)' που σχεδιάστηκε από τον Ισπανό αρχιτέκτονα Santiago Cirugeda. Μία εύκολη και γρήγορη προς κατασκευή οικία. Αποτελεί την πρόταση του αρχιτέκτονα για εναλλακτικού τύπου αστικές κατοικίες, που στήνονται και αποσυναρμολογούνται εύκολα και οπουδήποτε. Αφορά κατοίκηση νέων, και είναι κατοικίες λίγων τετραγωνικών και χαμηλού κόστους. Οι προτάσεις που είχε η ισπανική κυβέρνηση ήταν τέσσερις, ανάμεσα τους και το Casa Pollo. (Bohigas και Arenas 2006)



Διάγραμμα 42: Το 'Casa Pollo' κατασκευασμένο από φύλλα ανακυκλωμένου πλαστικού.

Οι προτάσεις χρηματοδοτήθηκαν από το υπουργείο κατοικίας, την κυβέρνηση της Καταλανίας και το αστικό συμβούλιο της Βαρκελώνης προκειμένου τα αποτελέσματά τους να δημοσιοποιηθούν στη διεθνή έκθεση οικοδόμησης της Βαρκελώνης (Construmat 2005). Ο Cirugeda υλοποίησε την ιδέα του σε ένα κενό δημόσιο χώρο (που παραχώρησε το τοπικό συμβούλιο), ώστε το κοινό να μπορεί να παρακολουθήσει τη διαδικασία ανέγερσης του. Το 2005, λοιπόν, κατασκευάστηκε η διώροφη κατοικία επιφάνειας 30m<sup>2</sup> σε σχήμα «Τ». Η κατασκευή ολοκληρώθηκε εντός επτά ημερών από συνεργείο 12 ατόμων, το οποίο ανέλαβε την ανέγερση, τη συλλογή και τη μεταφορά του υλικού στην περιοχή, όπου και συναρμολόγησε τον χαλύβδινο και ξύλινο σκελετό. Στη συνέχεια έγινε η κατασκευή του δαπέδου και του μπάνιου από ανακυκλωμένο ξύλο τύπου OSB (Oriented Strand Board) σε συνδυασμό με μεταλλικά και πολυκαρβονικά φύλλα. Τέλος, στην κατασκευή των τοιχίων χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένα μαύρα καλούπια από πλαστικό, τα οποία λειτουργούν σαν επιφάνειες απορρόφησης θερμότητας λόγω του μελανού χρώματός τους. Συνολικά, η κατασκευή κόστισε 25.000€. Τώρα, το 'casa pollo' έχει μεταφερθεί στο ισπανικό χωριό Lacorzana, ενώ ο Cirugeda βρίσκεται σε συζητήσεις με τις αρχές της Βόρειας Ισπανικής Βασκικής Χώρας για την κατασκευή κοινωνικών κατοικιών χαμηλού κόστους συνολικής έκτασης 35.500 τετραγωνικών ποδιών και κόστους 1.000.000€.

#### Δρόμοι από πλαστικό στην Ολλανδία

Η Ολλανδία είναι η πρώτη χώρα στον κόσμο που βρίσκεται τόσο κοντά στο να επιτύχει κάτι που θα συνταράξει τα νερά στην κατασκευαστική βιομηχανία, και συγκεκριμένα στην κατασκευή οδών, αφού πρόκειται να αντικαταστήσει τη συμβατική άσφαλτο με άσφαλτο από ανακυκλωμένο πλαστικό. Το δημοτικό συμβούλιο του Ρόντερνταμ συνεργάζεται με την εταιρεία VolkerWessels και την KWS Infra για να εφαρμόσουν αυτό το νέο σχέδιο ασφαλτόστρωσης.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της «πράσινης» επιλογής είναι πολλά, ειδικά όμως η μειωμένη ανάγκη για συντήρηση, η ανθεκτικότητα στη διάβρωση και η μεγαλύτερη αντοχή σε ακραίες θερμοκρασίες από -40 έως 80 βαθμούς Κελσίου. Επίσης έχει καλύτερη πρόσφυση (συγκριτικά με τη συμβατική άσφαλτο), δεν φθείρει τα ελαστικά των οχημάτων και μειώνει το θόρυβο κύλισης. Ακόμη, η εφαρμογή του ανακυκλωμένου πλαστικού στους δρόμους γίνεται σε πολύ λιγότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τη συμβατική

άσφαλτο, ενώ ο χρόνος ζωής του πλαστικού είναι τρεις φορές μεγαλύτερος. Πέρα από τα πρακτικά και οικονομικά πλεονεκτήματα που προσφέρει, έχει και περιβαλλοντικά οφέλη, αφού μειώνει την ασύστολη συσσώρευση τόνων πλαστικών απορριμμάτων, ενώ βοηθά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (αφού η άσφαλτος ευθύνεται για το 2% των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές, 1,6 τόνους ετησίως). Εάν το σχέδιο εγκριθεί από το δημοτικό συμβούλιο, οι πρώτοι δρόμοι με ανακυκλωμένο πλαστικό θα αρχίσουν να κατασκευάζονται στα επόμενα χρόνια. Το πρώτο πείραμα σε πραγματικές συνθήκες και τα πρώτα τεστ θα πραγματοποιηθούν με την τοποθέτηση των νέων δρόμων στο Ρόττερνταμ της Ολλανδίας.

Η κατασκευή θα αποτελείται από προκατασκευασμένα κομμάτια πλαστικού, έτοιμα για συναρμολόγηση, ώστε να μπορούν να εγκατασταθούν και να αντικατασταθούν εύκολα και γρήγορα. Έτσι, εύκολα και γρήγορα μπορεί να κατασκευαστεί ή να επιδιορθωθεί το οδικό δίκτυο. Τα προκατασκευασμένα αυτά πλαστικά, έχουν κενό χώρο στο εσωτερικό τους για να μπορούν να εισαχθούν σωλήνες ύδρευσης ή καλώδια ή αγωγοί αποστράγγισης του βρόχινου νερού, χωρίς να είναι απαραίτητη η εκσκαφή του δρόμου. Μία τέτοια τεχνολογία είναι η πλέον κατάλληλη για εδάφη ασταθή όπως εδάφη με άμμο.

Μία άλλη πρόταση για τη χρήση πλαστικών στους δρόμους παρουσίασε ο καθηγητής χημείας, ο Rajagopalan Vasudevan, στο Bloomberg. Η δική του ιδέα είναι, το ανακυκλωμένο πλαστικό να χρησιμοποιηθεί στην άσφαλτο, ώστε να αντικαταστήσει την πίσσα. Έτσι, θα είχαμε ανθεκτικότερους, οικονομικότερους και οικολογικότερους δρόμους.

Γενικά, οι πολιτικοί μηχανικοί στις μέρες μας θα πρέπει να προνοούν όχι μόνο για την τοποθέτηση των δρόμων και των δομών αλλά και για τη μελλοντική αφαίρεση και αντικατάστασή τους. Έτσι αυτή φαίνεται να είναι η ευκολότερη λύση για την αποσυναρμολόγηση και την αντικατάστασή τους.



Διάγραμμα 43: Οι δρόμοι κατασκευασμένοι από πλαστικό.

#### 4.2.4.5 Scrap House

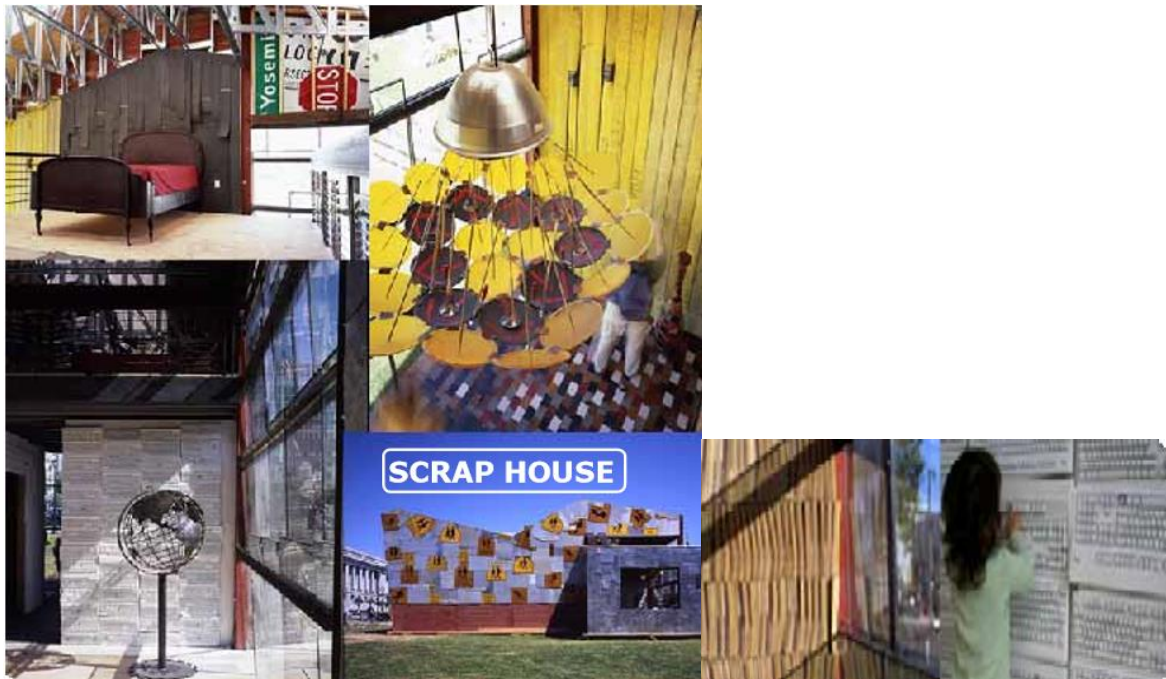
Με αφορμή την παγκόσμια ημέρα περιβάλλοντος, στις 2 Ιουνίου 2005, συστάθηκε μια ομάδα αποτελούμενη από αρχιτέκτονες, καλλιτέχνες, δημοτικούς συμβούλους και μηχανικούς ώστε να κατασκευάσουν ένα σπίτι-έκθεμα εξ ολοκλήρου από άχρηστα υλικά, το «Scrap House», στο San Francisco. Εντός 3 εβδομάδων έγινε η συλλογή των υλικών και σε άλλες 2 εβδομάδες η κατασκευή.

Οι εσωτερικοί τοίχοι είναι επενδυμένοι με χρησιμοποιημένα πληκτρολόγια υπολογιστών, τηλεφωνικούς καταλόγους (για την μόνωση και ηχομόνωση του χώρου), μεταλλικά και ξύλινα κομμάτια κουφωμάτων και πυροσβεστικούς σωλήνες.

Οι τέσσερις εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάστηκαν από γυάλινα ανακυκλωμένα κομμάτια, ποικίλων μεγεθών. Η προέλευση των γυάλινων κομματιών είναι στοκ από εταιρείες που παραγγέλλουν γυαλί για την κατασκευή μεγάλων κτιρίων για την αποφυγή καθυστερήσεων παράδοσης λόγω κάποιων σπασιμάτων γυαλιών. Οι υπόλοιποι τοίχοι καλύπτονται από μεταλλικές πινακίδες, από υπόλοιπα εταιριών μεταλλικών κατασκευών, και ταμπέλες οδικής κυκλοφορίας. (Public architecture)

Ιμάντες που παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για μεταφορά αντικειμένων, τώρα διαμορφώνουν ένα μέρος του πατώματος και ένα τοίχο. Ενώ το άλλο μέρος του πατώματος κατασκευάστηκε από παλιές πόρτες (με τα ανοίγματα να καλύπτονται από τσιμέντο) και το δάπεδο των υπνοδωματίων από πολύχρωμα δερμάτινα κομμάτια.

Με τη χρήση παλιών υπαίθριων πινάκων ανακοινώσεων, κατασκευάστηκε η οροφή και η περίφραξη, ενώ με μεταλλικά κομμάτια (από χρησιμοποιημένα ράφια) έγιναν τα ζευκτά της στέγης. (Scrap house)



Διάγραμμα 44: Το “Scrap House” κατασκευασμένο εξ’ ολοκλήρου από ανακυκλώσιμα υλικά.

#### 4.2.4.6 Container

Τα container μεταφοράς πρωτοεμφανίστηκαν το 1955 και σήμερα ανέρχονται σε αριθμό πάνω από 17 εκατομμύρια ανά τον κόσμο, με τα πλείστα από αυτά να ακινητούν. Το κόστος επιστροφής τους αγγίζει τα 1000 ευρώ το ένα, περίπου όσο και η αγορά τους. Έχουν σταθερή γεωμετρία (με μήκος 6,5 ή 13 μέτρα). Τα container μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μονάδες θεμελίωσης, λόγω της ανθεκτικής τους κατασκευής και είναι άμεσα διαθέσιμα. Διαθέτουν ένα σκελετό από ατσάλι που δύσκολα υποχωρεί. Επιπλέον, είναι συχνά μονωμένα και υδατοστεγανά και διαθέτουν ξύλινο δάπεδο.

Με την εισαγωγή των container στο δομικό περιβάλλον ασχολήθηκαν οι Lot-ek Architects. Μερικά από τα έργα τους είναι το CHK (Container Home Kit), το Container Mall και το MDU (Mobile Dwelling Unit). Το MDU, ξεκίνησε πειραματικά το 1999 όπου τα container θα μετατρέπονταν σε καταλύματα για τους αστικούς «νομαδικούς» πληθυσμούς που θα κατέφταναν στα λιμάνια. (The architects newspaper)

Μια προσέγγιση της περίπτωσης MDU, αποτελεί το «Future Shack», και είναι μία οικονομική και γρήγορη λύση για τους άστεγους πρόσφυγες. Ο αρχιτέκτονας του, ο Godsell μετέτρεψε τα container σε κατοικίες εντός μίας ημέρας.

Με τα υποστηρίγματα που διαθέτουν τα container επιτρέπουν στη μονάδα να «αγκυρωθεί» στο έδαφος με ασφάλεια, χωρίς εκσκαφή. Το εσωτερικό διαθέτει επιστροφή από φύλλα κοντραπλακέ με θερμομόνωση, ενώ τα μικρά ανοίγματα που έχουν εξασφαλίζουν τον σωστό αερισμό και οι φεγγίτες στην οροφή το φυσικό εσωτερικό φωτισμό. Όταν η χρήση των μονάδων και πάλι τελειώσει, εύκολα πακετάρονται, μεταφέρονται ή αποθηκεύονται για μελλοντική χρήση. (Richardson 2007)

Ένα έργο μεγαλύτερης κλίμακας είναι οι Container Cities που είναι συγκροτήματα κατοικιών από containers πλοίων. Η πρώτη Container City κατασκευάστηκε εντός τεσσάρων ημερών στα λιμάνια του Trinity Buoy Wharf του Λονδίνου, το 2001, από τους αρχιτέκτονες Nicholas Lacey and Buro Happold. Σε στοίβες τοποθετήθηκαν 20 containers ώστε να δημιουργηθεί ένα τετραώροφο συγκρότημα, που θα στέγαζε 12 χώρους εργασίας στους τρεις πρώτους ορόφους και τρία διαμερίσματα στον τελευταίο. Με πολύ χαμηλό κόστος, αποτελούνται κατά 80% από ανακυκλωμένα υλικά. Τα container μπορούν να δεχθούν οποιαδήποτε εξωτερική επικάλυψη ώστε να μην διακρίνονται. Ένα άλλο πλεονέκτημα τους ήταν το εύκολο λύσιμο και ξαναμοντάρισμα τους. Με αυτή την εναλλακτική μέθοδο κατασκευής, έχουν ήδη φτιαχτεί συγκροτήματα κατοικιών, γραφεία, κέντρα νεότητας, αίθουσες διδασκαλίας, μαγαζιά, κ.λπ. (Container city)



Διάγραμμα 45: Το Keetwonen, συγκρότημα 1000 μονάδων από container.

Ακόμη ένα παράδειγμα μεγάλης κλίμακας εφαρμογής container είναι η εστία Keetwonen στο Άμστερνταμ. Είναι ένα συγκρότημα 1000 μονάδων με σκοπό τη στέγαση φοιτητών, σχεδιασμένο από τους TempoHousing. Διαθέτει και υδατοστεγανή στέγη. (Inhabitat)

Επίσης, η Freitag, ελβετική εταιρία, έφτιαξε το νέο της κατάστημα στη Ζυρίχη, ύψους 26 μέτρων, από παλιά σκουριασμένα container πλοίων, που καθαρίστηκαν και ενισχύθηκαν με μεταλλικά πλαίσια, και σχημάτισαν ένα πολυώροφο κτίριο. (Telstar Logistics 2006)

Ακόμη, ένα παράδειγμα χρήσης container είναι το Nomadic Museum, στο Manhattan, μια προσωρινή - μετακινούμενη κατασκευή που στεγάζεται σε 37 containers, εμβαδού 45.000 m<sup>2</sup>, που σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Shigeru Ban. Το μουσείο εκτός από τα

containers αποτελείται και από άλλα ανακυκλωμένα υλικά όπως στην οροφή και στις κολώνες όπου υπάρχουν χάρτινοι σωλήνες. Το μουσείο αυτό έχει κάτι διαφορετικό, μετακινείται. Πρώτα, το 2005, συναρμολογήθηκε στη Νέα Υόρκη, μεταφέρθηκε στην Καλιφόρνια το 2006, και μετά στο Τόκυο, 2007.



Διάγραμμα 46: Το Νομαδικό μουσείο κατασκευασμένο από παλιά containers.

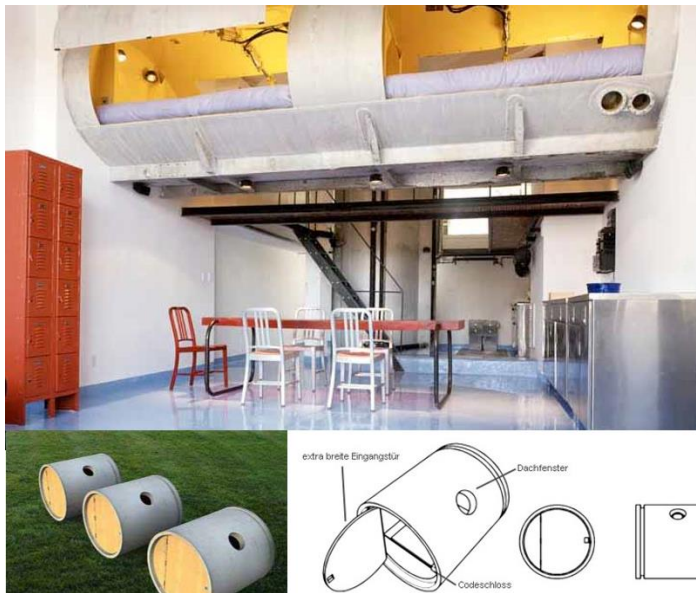
Μία ακόμη περίπτωση είναι το 12-container house, ένα διώροφο σπίτι. Η κατασκευή μοιάζει με μεταλλική κατασκευή αφού φέρει μεταλλικό εξωτερικό σκελετό. (Architecture and Hygiene)



Διάγραμμα 47: Το 12-container house, το οποίο όπως λέει και το όνομα του είναι κατασκευασμένο από 12 containers.



#### 4.2.4.7 Αεροσκάφη



Διάγραμμα 48: Καμπίνες παλαιών αεροσκαφών μετατρέπονται σε κατοικίες.

Τα πλείστα επιβατικά αεροσκάφη οδηγούνται σε τεμαχισμό και το εναπομένον αλουμίνιο πωλείται, και ελάχιστα παρουσιάζονται ως εκθέματα σε πολεμικά και τεχνολογικά μουσεία. Λιγότερα, όμως, χρησιμοποιούνται από μερικούς ανθρώπους σαν κατοικίες. Συνήθως ο τύπος αεροσκάφους-κατοικίας που προτιμάται είναι το Boeing 727, όπως επίσης και το Boeing 307 και Douglas DC-8. Ένα αεροσκάφος είναι αεροστεγές, χαμηλού κόστους κατοικία, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η οικία «Little Trump» της Jo Ann Ussery. Με αφορμή την καταστροφή του σπιτιού της από θύελλα το 1994 αγόρασε το μεγαλύτερο τμήμα ενός παλιού Boeing 727 της Continental Airlines για 2000\$. Σπαταλώντας ακόμη 4000\$ για μεταφορά κι άλλα 24000\$ για ανακαίνιση, έφτιαξε το σπίτι της. Η κατοικία αποτελείται από τρεις κρεβατοκάμαρες, ένα καθιστικό-τραπεζαρία, μια κουζίνα, ένα χώρο πλυντηρίων και το μπάνιο. Τα παράθυρα του αεροπλάνου βοηθούν στο φυσικό φωτισμού της οικίας. Οι υπερυψωμένοι χώροι αποσκευών έγιναν αποθηκευτικοί χώροι, η σκάλα έγινε γκαρνταρόμπα και η τουαλέτα διατήρησε το χρηστικό της χαρακτήρα. (Airport journals)


Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελεί η βιβλιοθήκη του Guadalajara στο Μεξικό, που κατασκευάστηκε το 2005 από τους Lok-ek architects με τη χρήση ατράκτων Boeing 727/737 τοποθετημένων παράλληλα, σχηματίζοντας μια επικλινή στοίβα. Με την

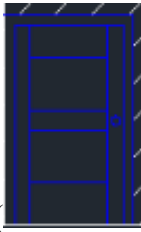
μετακίνηση των ατράκτων στην ίδια κατεύθυνση, δημιουργούνται δύο μεγάλοι ανοιχτοί χώροι στη στοίβα για να χρησιμοποιηθούν για τον χώρο υποδοχής της βιβλιοθήκης και τον χώρο διαβάσματος. Ενώ στις επαναλαμβανόμενες ατράκτους αεροπλάνου βρίσκονται τα βιβλία. Στη γυάλινη όψη του, βρίσκεται ενσωματωμένο ένα διάφανο σύστημα προβολής με LED. (Lot-ek)

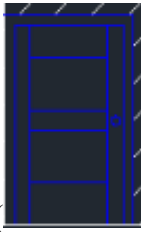
Ανάλογο παράδειγμα βρίσκουμε και στο πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον, όπου ένα μεγάλο τμήμα της ατράκτου ενός Boeing 747 μετατράπηκε σε φοιτητικό αναγνωστήριο. Το δάπεδο είναι κατασκευασμένο από μια σχάρα γεμισμένη με διάφανη ρητίνη. Στο χώρο αποσκευών, δηλαδή κάτω από το πάτωμα, είναι εγκατεστημένο ένα σύστημα περιστροφής του δαπέδου. Το δάπεδο είναι ευμετάβλητο προς χρήση, αφού αποτελείται από τμήματα, δηλαδή μπορεί να μετατραπεί από επίπεδη επιφάνεια μέχρι και αμφιθέατρο.

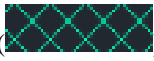
## 5 Ενδεικτικό σενάριο

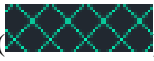


Παράθυρα (  ): Το γυαλί των παραθύρων (κόκκινο χρώμα) θα καλύπτει από επαναχρησιμοποιημένους υαλοπίνακες ή παρμπρίζ αυτοκινήτων (αυτούσια, χωρίς οποιαδήποτε επεξεργασία όπως θραύση) και το πλαίσιο τους (κίτρινο χρώμα) από ανακυκλωμένα μέταλλα ή ξύλο που πάρθηκε από παλιά κουφώματα.




Πόρτες (  ): Όπως και τα κουφώματα των παραθύρων θα μπορούσαν να γίνουν από ανακυκλωμένο ξύλο ή μέταλλο (κυρίως αλουμίνιο).



Οροφή (  ): Θα μπορούσε να κατασκευαστεί από κατάρτια ξύλου και να επενδυθεί με ελαστικά για την εξασφάλιση της στεγανότητας της οροφής.



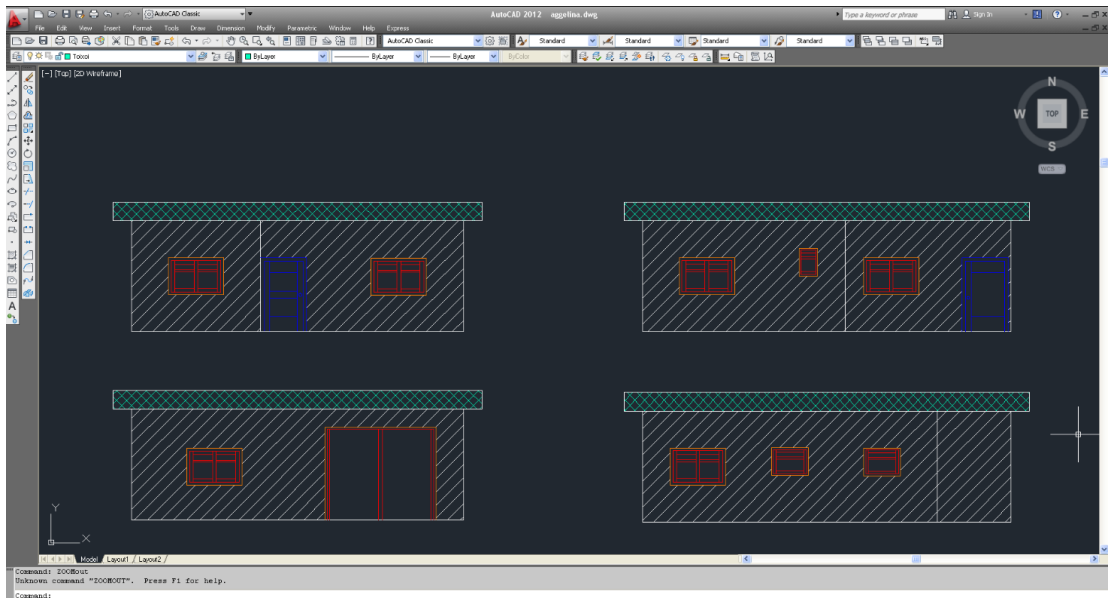
Τοίχοι (  ): Οι τοίχοι θα κατασκευαστούν από παλέτα και θα επενδυθούν με επαναχρησιμοποιημένες μοκέτες καθώς επίσης, η χρήση ελαστικών θα βοηθούσε στην στεγανότητα των τοιχίων.

Πατώματα: Θα επενδυθούν με παλέτα ή μοριοσανίδες ξύλου τύπου O.S.B.

Φέροντας Οργανισμός: Θα μπορούσε να κατασκευαστεί από προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος ή κατάρτια από ξύλο.

Θερμομόνωση: Μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση χαρτιού τύπου Warmcell, αφρώδες ή διογκωμένο γυαλί ή πλαστικό που θα χρησιμοποιηθεί στη χύτευση του σκυροδέματος.

Δευτερεύοντες χώροι (π.χ. αποθήκη, βεράντα κλπ.) : Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ιστιοπλοϊκό πανί που θα προσφέρει στεγανότητα.








Διάγραμμα 49: Παρουσίαση του ενδεικτικού κτιρίου, κατασκευασμένο από ανακυκλώσιμα υλικά, στο πρόγραμμα AutoCAD.


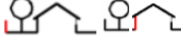

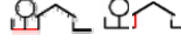

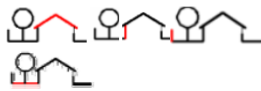




## 6 Συμπεράσματα



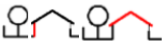

Με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών, οικοδομικών ή μη, στον κατασκευαστικό τομέα μειώνεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω του οικοδομικού τομέα, ο όγκος απορριμμάτων και γίνεται εξοικονόμηση των πρώτων υλών. Αν και υπάρχει προκατάληψη για την αισθητική των κτιρίων από ανακυκλώσιμα υλικά, αφού οι εικόνες τέτοιων κτιρίων προέρχονται από παραγκουπόλεις, μέσω αυτής της εργασίας διαπιστώνεται πως τέτοιες κατασκευές μπορούν να είναι πολύ ωραίες αισθητικά καλύπτοντας ταυτόχρονα όλες τις λειτουργικές ανάγκες.

Για πολλά χρόνια, στον οικοδομικό τομέα κυριαρχούσε το ξύλο και η πέτρα. Όμως αυτό αλλάζει και οι μορφές εξελίσσονται ταυτόχρονα με την τεχνολογία, τις τεχνικές, τα υλικά και τις αξίες. Τα λόγια του Taeke de Jon, καθηγητής οικολογίας στο πολυτεχνείο του Delft, έρχονται να επιβεβαιώσουν τη θεωρία αυτή: «ο σχεδιασμός γίνεται με βάση τα μέσα και όχι με βάση τον στόχο» (Hinte 2007). Φυσικά, είναι απαραίτητο να εξετάζονται και να ερευνούνται θέματα ασφάλειας και καταλληλότητας των υλικών αυτών όπως πυρασφάλεια, υδατοστεγανότητα, στατικότητα, θερμομόνωση κ.α. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα υλικά ανάλογα με τις δυνατότητες χρήσης τους και τα σημεία εφαρμογής τους :

Πίνακας 2 : Δυνατότητες χρήσης ανακυκλώσιμων υλικών και σημεία εφαρμογής τους.

Υλικά	Μορφές υλικού	Δυνατότητες χρήσης του υλικού				Σημεία εφαρμογής
		Θερμομόνωση	Στεγανότητα	Υλικό πλήρωσης	Υλικό του Φ.Ο.	
Ξύλο	Κουφώματα			√		
	Μοριοσανίδες O.S.B.			√		
	Παλέτα			√		
	Καρούλια καλωδίων (Φ10-30cm)			√		
	Κατάρτια				√	

	πλοίων					
Σκυρόδεμα	Προκατασκευασμένα στοιχεία				√	
	Μπάζα			√		
	Αγωγοί οχετών (Φ2m)				√	Ως μονάδα κατοίκησης
Γυαλί	Παρμπρίζ αυτοκινήτων (μήκος 1,2m και ύψος 0,6-0,7m)			√		
	Μπουκάλια			√		
	Υαλοπίνακες		√	√		
Λάστιχο	Ελαστικά αυτοκινήτων		√	√	√	
Πλαστικό	Πλαστικές συσκευασίες		√			
	Πλαστικά καλούπια (χύτευσης σκυροδέματος)	√			√	
Χαρτί	Κύλινδροι πεπιεσμένου χαρτιού(Φ106mm, t 4mm)			√	√	
	Χάρτινες συσκευασίες			√		
	Warmcel – θερμομόνωση	√				

Μέταλλα	Κουφώματα			√		
	Container(6.5m*2.4m)				√	Ως μονάδα κατοίκησης
	Ατρακτοί αεροσκαφών (Φ3,5m)				√	Ως μονάδα κατοίκησης
	Μέλη οικιακών συσκευών			√		
Υφάσματα	Ιστιοπλοϊκό πανί		√	√		
	Μοκέτες			√		

Πέρα από την τοποθέτηση ή τη χρήση τους, τα υλικά πρέπει να εξετάζονται και ως προς τη διάρκεια ζωής τους, τις επιπτώσεις, το κόστος μεταφοράς και την αξία τους (Καρβούνης, Γεωργακέλλος 2003). Απαραίτητο για να επιτύχει η ανακύκλωση είναι ο εντοπισμός των συνθηκών, του κατάλληλου είδους ανακύκλωσης ή του συνδυασμού.

Η εν λόγω επισκόπηση της εφαρμογής των ανακυκλώσιμων υλικών σε δομικές κατασκευές πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη διερεύνηση των πιθανών τρόπων αξιοποίησης ενός ή περισσότερων υλικών-απόβλητων σε κατασκευές για την παραγωγή δομικών υλικών, στην Κύπρο. Η συγκεκριμένη ανασκόπηση επικεντρώθηκε σε κτιριακές εφαρμογές που χρησιμοποιούσαν ως δομικά υλικά, μόνο ανακυκλώσιμα προϊόντα, που είτε επαναχρησιμοποιούνταν αυτούσια (χωρίς επεξεργασία), είτε ανακυκλώνονταν με σκοπό μία διαφορετική χρήση από την αρχική. Δεν έγινε ιδιαίτερη επέκταση σε άλλες χρήσεις των υλικών αυτών όπως μόνωση ή διακόσμηση. Τα δομικά υλικά που παράχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία προκατασκευασμένων ή πρότυπων οικισμών. Η προσπάθεια αξιοποίησης των αποβλήτων/υπολειμμάτων για την παραγωγή δομικών υλικών, αποτελεί καινοτομία, διότι το υπόλειμμα στην παρούσα φάση αποτελεί μία εξολοκλήρου απόβλητη ύλη που συνήθως καταλήγει σε χωματερές, αντίθετα με τα ανακυκλώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται ως 'πρώτη ύλη' σε βιομηχανικές εφαρμογές. Η προσέγγιση στις δομικές εφαρμογές από ανακυκλώσιμα υλικά χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στα υλικά που έχουν υποστεί επεξεργασία ή όχι πριν τη χρήση τους. Δηλαδή

στις περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, αντίστοιχα. Με τον όρο επαναχρησιμοποίηση εννοούμε και την επαναχρησιμοποίηση στην ίδια, αρχική, εφαρμογή και σε διαφορετική, χωρίς όμως να υποστεί κάποια επεξεργασία. Βασικό χαρακτηριστικό της πρώτης περίπτωσης εφαρμογών είναι ότι η υλοποίηση της δομικής εφαρμογής γίνεται με επιλογή συγκεκριμένου τύπου αποβλήτου, όπως τα παλέτα. Συγκεκριμένα, πρέπει το απόβλητο να έχει επιθυμητά φυσικά χαρακτηριστικά όπως μορφή και διαστάσεις. Χαρακτηριστικές εφαρμογές της περίπτωσης αυτής είναι το ‘Casa Pollo’ όπου, πλαστικά καλούπια χύτευσης σκυροδέματος επιλέχθηκαν ως τοιχία, το ‘Tire House’ και το ‘La Fabrique’ όπου, υαλοπίνακες και πλαίσια παραθύρων από κατεδαφισμένες κατοικίες επιλέχθηκαν για την κατασκευή των τοίχων και της οροφής καθώς επίσης και οι περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης ολόκληρων παλετών ως δομικά κελύφη πρότυπων οικισμών. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι η επαναχρησιμοποίηση των μη επεξεργασμένων υλικών περιορίζει σημαντικά τη λειτουργικότητα και τη βιωσιμότητα της κατασκευής. Επίκεντρο, σε τέτοιες περιπτώσεις, ήταν πάντα η αισθητική, εξού και το γεγονός ότι οι περισσότερες από αυτές τις κατασκευές αποτελούν εκθέματα αρχιτεκτονικής αισθητικής χωρίς κάποια ευρεία εφαρμογή. Παρόλα αυτά αποτελούν ιδανικές περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης των υλικών-αποβλήτων, καθώς δεν καταναλώνουν ενέργεια για την επεξεργασία τους και ούτε παράγουν ρύπους κατά την μεταποίηση τους. Στη δεύτερη περίπτωση τα υλικά ανακυκλώνονται για να δημιουργήσουν αυτοτελή δομικά υλικά ή για να αναμειχθούν με συμβατικά. Συγκεκριμένα, σε ορισμένες περιπτώσεις, για να γίνει ανακύκλωση υλικών από απόβλητα και να αναμειχθούν με συμβατικά υλικά, θα έπρεπε να αλλάξουν τα φυσικά τους χαρακτηριστικά μέσω επεξεργασίας (κοκκοποίησης ή θρυμματισμού). Αυτό γίνεται διότι, εκτός από την εξοικονόμηση κόστους, πόρων και ενέργειας, μέσω της ανακύκλωσης στοχεύουμε στη λειτουργική ή/και αισθητική βελτίωση ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστικών του νέου δομικού υλικού. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις της δεύτερης περίπτωσης αποτελούν τα φύλλα ‘LiTraCon’ και ‘Bling Crete’ από ανακυκλωμένο έντυπο χαρτί, που χρησιμοποιούνται στη δημιουργία του ‘Papercrete’ που προκύπτει από την ανάμειξη υψηλής αντοχής σκυροδέματος με ίνες και σφαιρίδια ανακυκλωμένου γυαλιού αντίστοιχα. Τα υλικά αυτά αποτελούν μια βιώσιμη λύση ως προς τη χρήση εναλλακτικών δομικών υλικών για εφαρμογές σε κατασκευές με ειδικές απαιτήσεις ή/και χαμηλό κόστος. Τα ανακυκλώσιμα υλικά (κατόπιν επεξεργασίας) ως δομικά υλικά, αποτελούν μία λύση που συνδυάζει τη λειτουργικότητα και την καινοτομία. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις επεξεργασίας των ανακυκλώσιμων υλικών στοχεύουν στη δημιουργία πρότυπων δομικών υλικών τα οποία θα συνδυάζουν αισθητική και



επαρκείς μηχανικές αντοχές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία, τόσο μεμονωμένα (περίπτωση ‘Paper Log House’), όσο και συνδυασμένα με άλλα δομικά υλικά (περίπτωση ‘Crushed Cans Building’).

Συνοψίζοντας, ο πυρήνας αυτής της εργασίας είναι η αναφορά εκείνων των περιπτώσεων όπου τα ανακυκλώσιμα υλικά εφαρμόστηκαν ως εναλλακτικά δομικά υλικά, και περιελάμβανε μια ενδεικτική περιγραφή των εφαρμογών όπου, τα εν λόγω υλικά κατέληξαν από απόβλητα μίας βιομηχανίας/κατασκευής σε ‘πρώτη ύλη’ μίας άλλης. Στόχος της διατριβής αυτής, είναι να αποτελέσει έναυσμα για την δημιουργία και στην Κύπρο, κατασκευών που δημιουργούνται σχεδόν εξολοκλήρου από ανακυκλώσιμα υλικά και έχουν χαμηλό κόστος, λειτουργικότητα και αισθητική και δεν παράγουν ούτε κατά την κατασκευή και ούτε κατά τη χρήση σχεδόν καθόλου ρύπους.

## 7 Προτάσεις

- Δημιουργία ενός οργανωμένου δικτύου διαχείρισης υλικών προς απόρριψη (συλλογή, διαχωρισμός, μεταφορά, μεταφόρτωση, προσωρινή αποθήκευση, αξιοποίηση και διάθεση). Στόχος είναι τα υλικά αυτά να μην καταλήγουν σε ΧΥΤΑ αλλά να αξιοποιούνται. Η οργάνωση και δημιουργία μιας σελίδας ανακυκλώσιμων οικοδομικών υλικών, στην θα αναζητάς ή θα προσφέρει υλικά θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη. Ανά τον κόσμο, αυτό ήδη συμβαίνει. Θετική θα ήταν και η συμβολή του κράτους σε αυτή την προσπάθεια, με την παροχή κινήτρων όπως μείωση της φορολογίας και έγκριση τέτοιων κατασκευών από πολεοδομικές αρχές.

- Στις μέρες μας, πολλοί άνθρωποι είναι άστεγοι ή μετανάστες και έχουν ανάγκη από ένα σπίτι. Με τη βοήθεια των διεθνών οργανισμών και των αρμόδιων φορέων, μπορούν οι άνθρωποι αυτοί να εκπαιδευτούν για να κατασκευάζουν βιώσιμα σπίτια με ανακυκλωμένα υλικά.

- Η ανακύκλωση των οικοδομικών ή άλλων υλικών θα πρέπει να λειτουργεί (πάντα με σεβασμό στο περιβάλλον) με βασικές αρχές: (α) την ευρύτερη λογική οικονομίας και (β) τη σχεδίαση για αποσυναρμολόγηση. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό μειώνονται τα απόβλητα των κατεδαφίσεων και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Συγκεκριμένα, ο καλύτερος τρόπος είναι η αύξηση της ζωής των κτιρίων μέσω της χρήσης ποιοτικών υλικών και του ευέλικτου σχεδιασμού του κτιρίου (πιθανή μελλοντική αλλαγή χρήσης). «Ο στόχος είναι από την κούνια στην επανενσάρκωση» και όχι από την κούνια στον τάφο όπως λέγαμε μέχρι τώρα.

(α) Ευρύτερη λογική οικονομίας

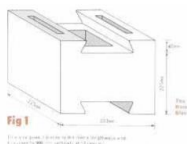
Πρώτον, όπου είναι εφικτό να προτιμάται η χρήση ανακυκλωμένων υλικών για την εξοικονόμηση πόρων και την αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Δηλαδή, τα υλικά να ξαναχρησιμοποιούνται όταν έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Επιθυμητό είναι κάθε υλικό να επαναχρησιμοποιηθεί όσο το δυνατό περισσότερες φορές. Πρώτα όμως, θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός, ο οποίος είναι δύσκολος και κοστίζει. Αυτό συμβαίνει διότι: 1. Τα απορρίμματα είναι αναμειγμένα, 2. κάθε αντικείμενο αποτελείται από συνδυασμό υλικών, 3. τα αντικείμενα εμποτίζονται με ξένα υλικά κατά τη χρήση τους. Είναι σίγουρο, ότι όσο περισσότερη επεξεργασία έχει δεχθεί ένα υλικό, τόσο πιο πολύ ενέργεια απαιτεί για να διασπαστεί στις αρχικές ύλες του. Με βάση τα πιο πάνω, είναι

φανερó ότι η διαδικασία είναι πιο απλή και εύκολα με τη χρήση καθαρών υλικών παρά επεξεργασμένων και μειώνεται η ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγουν στις χωματερές.

#### (β) Σχεδίαση για αποσυναρμολόγηση

Υπάρχουν δύο τρόποι αποσυναρμολόγησης : 1) Ανάστροφη αποσυναρμολόγηση : οι ενώσεις επιτρέπουν την ανέπαφη αποσύνδεση των στοιχείων (απομάκρυνση βιδών, κουμπωτές συνδέσεις), 2) Μη ανάστροφη αποσυναρμολόγηση : για να αποσυνδεθούν τα στοιχεία είτε σπάζουν είτε κόβονται, μία μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα, καθώς οι κατασκευαστικές μέθοδοι, όπως ο σκελετός από σκυρόδεμα, δεν επιτρέπουν άλλη αντιμετώπιση. Έτσι, κρίνεται σημαντικό ο τρόπος σύνδεσης των οικοδομικών στοιχείων να διευκολύνει την αποσύνδεση τους τόσο από άποψη ταχύτητας, όσο και κόστους και ποιότητας των υλικών που προκύπτουν (δεν καταστρέφονται κατά τη διαδικασία αποσύνδεσης τους). Έτσι, μετά το τέλος της αρχικής τους χρήσης, δεν κατεδαφίζονται, αλλά θα αποσυναρμολογούνται για να ξαναχρησιμοποιηθούν σε νέες κατασκευές.

Ένα παράδειγμα εύκολης αποσυναρμολόγησης βλέπουμε στην πιο κάτω εικόνα:



Διάγραμμα 50: Μία διαφορετική σύνδεση των τσιμεντόλιθων, που δεν απαιτεί ισχυρό κονίαμα και παραλαμβάνει τις σεισμικές δυνάμεις.

Ο σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα κινείται προς αυτή την κατεύθυνση, αφού πειραματικά αναπτύσσονται και δοκιμάζονται σε πανεπιστήμια όπως το ΕΜΠ, του Μιλάνου και της Λισσαβόνας, ειδικές συνδέσεις INERD των ράβδων δικτύωσης με την κολώνα. Πλαστικοποιημένοι πείροι ορθογωνικής διατομής διέρχονται διαμέσου ελασμάτων ώστε να απορροφούν την σεισμική ενέργεια. Λόγω της πλαστικοποίησής τους, μπορούν να αντικαθίστανται εύκολα με καινούργιους χωρίς να επηρεάζεται ο υπόλοιπος μεταλλικός σκελετός. (Βάγιας, Ερμόπουλος, Ιωαννίδης 2005)

Στα πλαίσια του διαγωνισμού «Life Cycle Building Challenge 2007», οι συνεργάτες Mark D. Webster, Dirk M. Kestner, James C. Parker, Matthew H. Johnson βραβεύθηκαν για την ιδέα που είχαν για ένα σύστημα σύμμικτων πλακών, που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των μελών της πλάκας μετά το τέλος της ζωής του κτιρίου. Με την προτεινόμενη μέθοδο κατασκευής επιτρέπεται η συνεργασία πλάκας και δοκαριών για την παραλαβή των φορτίων, και η μείωση του ύψους του χαλύβδινου δοκαριού έως και 30%.

Στα πλαίσια του ίδιου διαγωνισμού, βραβεύθηκε και ο Eric Silva, ο οποίος κατασκεύασε ένα περίπτερο εμβαδού 3.380m<sup>2</sup> στο πάρκο South lake Union στο Seattle. Το κτίριο σχεδιάστηκε με σκοπό την μελλοντική αποσυναρμολόγηση, μεταφορά, επανασυναρμολόγηση και επαναχρησιμοποίηση του. Αποτελούμενο από τέσσερις αυτοτελείς μονάδες, που συνδέονται σε τρία σημεία. Ακόμη, στις ράμπες στην είσοδο οι αρθρώσεις που τις ενώνουν επιτρέπουν την προσαρμογή στην εκάστοτε τοπογραφία. (Lifecycle Building Challenge)



Διάγραμμα 51: Το περίπτερο που σχεδιάστηκε με σκοπό τη μελλοντική εύκολη αποσυναρμολόγηση, μεταφορά και επανασυναρμολόγηση.

## 8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abraham, R.J. (1963). «Elementare Architektur.» Salzburg.
2. Airport journals () <<http://www.airportjournals.com>>
3. Annunziato, L. (2002). «Refuse to Renewal».
4. Architecture and Hygiene (). “12 container house.” <[http://www.architectureandhygiene.com/12conHouse/12con\\_main.html](http://www.architectureandhygiene.com/12conHouse/12con_main.html)>
5. Arquiseo’s (2009). «Casa pollo. Santiago Cirugeda.» <<http://arquiseos.wordpress.com/2009/06/09/casa-pollo-santiago-cirugeda/>>
6. Asam, C. (2005). «Untersuchung der Wiederverwendungsmöglichkeiten von demontierten Fertigteilelementen aus Wohnungsbautypen der ehemaligen DDR für den Einsatz im Wohnungsbau. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken an der TU-Berlin.» Stuttgart.
7. Bass, L. (2011). “Planning and Uncovering Industrial Symbiosis: Comparing the Rotterdam and Ostergotland regions.” Business Strategy and the Environment, Wiley, <[http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BAAS%202011%20Planning%20and%20Uncovering%20Industrial%20Symbiosis.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BAAS%202011%20Planning%20and%20Uncovering%20Industrial%20Symbiosis.pdf)>
8. Bohigas, J. and Arenas, L. (2006). «Six minimal apartment projects APTM.» Construmat-Fira de Barcelona, Barcelona.
9. BRE Smartwaste (). <<http://www.smartwaste.co.uk/>>
10. Bureau of International Recycling (). “Ferrous Metals.” <<http://www.bir.org/industry/ferrous-metals/>>
11. Capetown.dj (). “People of Cape Town.” <<http://www.capetown.dj/people/people.html>>
12. Cappelli, L. Guallart, V. and Müller. (2006). «Self-sufficient housing.» IAAC, 1st Advanced Architecture Contest, Barcelona.
13. Cie (). <<http://en.cie.nl/projects/25>>
14. CIUR (UK) Limited (). <<http://www.ciur.co.uk/>>
15. Community Wood Recycling (). “Waste wood in the UK.” <<http://www.communitywoodrecycling.org.uk/learn-more/waste-wood/>>
16. Contairer City (). <[www.containercity.com](http://www.containercity.com)>

17. Dac and Cities (2014). “Kalundborg: Industrial Symbiosis – Waste Makes Resource.” Dac and Cities, <<http://www.dac.dk/en/dac-cities/sustainable-cities/all-cases/waste/kalundborg-industrial-symbiosis---waste-makes-resource/>>
18. Desert Rose concrete coating (). <<http://www.thedesertrose.com>>
19. Designboom Architecture (). “Pallet House.” And “Paper Loghouse.” <<http://www.designboom.com/architecture/pallet-house/>,  
<[http://www.designboom.com/history/ban\\_paper.html](http://www.designboom.com/history/ban_paper.html)>
20. Dezeen magazine (2013). “La fabrique by Bureau A.” <<http://www.dezeen.com/2013/09/14/la-fabrique-pavilion-recycled-windows-by-bureau-a/>>
21. Dickson, E.M. (1972). «The recycling ethic.»
22. Dorsthorst, B.J.H. and T. Kowalczyk. (2002). «Design for recycling.» Design for Deconstruction and Materials Reuse, Karlsruhe, Germany.
23. Dunn, C. (2008). “Cardboard Houses of the future.” Treehugger <<http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/cardboard-houses-of-the-future.html>>
24. Ecotec (). <<http://www.ecotec.gr>>
25. Edwards Air Force Base (). <[www.edwards.af.mil](http://www.edwards.af.mil)>
26. Eklund, M. (). “Industrial symbiosis for regional development – Swedish experiences.” Environmental Technology and Management, Linköpings universitet.
27. Ettinghausen, R. and Oleg, G. (1994). «The art and Architecture of Islam.» Yale University Press, Hong Kong.
28. Euronews (2012). «Ηλεκτρικές συσκευές ανακυκλώνονται σε... πλακάκια.» <<http://gr.euronews.com/2012/12/14/protecting-the-environment-can-be-profitable/>>
29. European Commission (2015). “Packaging and Packaging Waste.” <[http://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/index_en.htm)>
30. European Commission (2015). “Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive).” <<http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>>
31. European Commission (2014). “DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, amending Directives 2008/98/EC on waste, 94/62/EC on packaging and packaging waste, 1999/31/EC on the landfill of waste, 2000/53/EC on end-of-life vehicles, 2006/66/EC on batteries and

accumulators and waste batteries and accumulators, and 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment.”  
<<http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/Legal%20proposal%20review%20targets.pdf>>

32. European Industrial Symbiosis Association (). <<http://www.eur-isa.org/>>
33. Fayet R. (2003). “Verlangen nach Reinheit oder Lust auf Schmutz.” Beiträge des Symposiums.
34. Fercher (). <<http://www.fercher.at/en/index.html>>
35. Fischer, J. O. (2006). «Cut and paste». Architecture. Reuse, issue 6
36. Frampton, K. (1999). «Μοντέρνα Αρχιτεκτονική-Ιστορία και κριτική.» εκδόσεις θεμέλιο, Αθήνα.
37. Franzoia, E. (2002). “Herzog and De Meuron, Dominus Winery, California.” Floornature  
<<http://www.floornature.com/articoli/articolo.php?id=12&sez=3&lang=en>>
38. Freecycle.org (). <[www.freecycle.org](http://www.freecycle.org)>
39. Fuhrmann, E. (1979). «The long-life car.» Future.
40. Gausa M., Guallart V., Móller W., Soriano F., Porras F., Morales J. (2003). «The metapolis dictionary of advanced architecture.» City, technology and Society in the information age, Barcelona.
41. Glass for Europe (). “Recycling.”  
<<http://www.glassforeurope.com/en/issues/recycling-of-glass-products.php>>
42. Green Diary (). “A house made of recycled drink cans – cheers.”  
<<http://www.greendiary.com/a-house-made-of-recycled-drink-cans-cheers.html>>
43. Greenhomebuilding.com (). “Hybrid questions and answers involving papercrete.”  
<<http://www.greenhomebuilding.com/QandA/hybrid/papercrete.htm>>
44. Hapag- Lloyd (). <<http://www.hapag-lloyd.com/en/home.html>>
45. Hinte E., Peeren C., Jongert J., (2007). «SuperUse: Constructing New Architecture by Shortcutting Material Flows.» OIO Publishers, Rotterdam, Netherlands.
46. House of the future (2014). “Simple things you can do to use eco-friendly energy.”  
<<http://www.housesofthefuture.com.au>>
47. ICLEI (). <<http://www.iclei-europe.org>>
48. In.gr (). «ΣΕΒΙΑΝ : Η ανακύκλωση και η ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων από την βιομηχανία στην υπηρεσία της πράσινης ανάπτυξης.»

- <http://archive.in.gr/news/reviews/placeholder.asp?lngReviewID=829017&lngChapterID=-1&lngItemID=1135724>>
49. Indigo Development (2003). “The Industrial Symbiosis at Kalundborg, Denmark.” Indigo Development, <<http://www.indigodev.com/Kal.html>> (June 12, 2003)
  50. Industrial Metal Recycling Company Inc. (). <<http://industrialmetalrecycling.com/>>
  51. Inhabitat (). <<http://www.inhabitat.com>>
  52. Inspiration Green (). “Can Construction.” <<http://www.inspirationgreen.com/aluminum-can-construction.html>>
  53. International Synergies (2013). “Exploiting Industrial Symbiosis in Birmingham.” International Synergies – Industrial Ecology Solutions, <<http://www.international-synergies.com/projects/8-project/248-exploiting-industrial-symbiosis-in-birmingham>>
  54. ISRI (). “Plastic.” <[http://www.isri.org/recycling-industry/commodities-specifications/plastics#.VZgKH\\_mqqko](http://www.isri.org/recycling-industry/commodities-specifications/plastics#.VZgKH_mqqko)>
  55. Jacobsen, B.N. (2006). “Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark - A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects.” Journal of Industrial Ecology, <[http://exima.dk/cases/Journal\\_of\\_Industrial\\_Ecology\\_1012239.pdf](http://exima.dk/cases/Journal_of_Industrial_Ecology_1012239.pdf)>
  56. Judith, C. (1992). «Ανακυκλωμένο Χαρτί.» Αθήνα: εκδόσεις Ερευνητές
  57. Kalundborg Symbiosis <<http://www.symbiosis.dk/en>>
  58. Koolhaas, R. (). «OMA/Rem Koolhaas 1987-1993.» el croquis τεύχος 53.
  59. Krautheimer, R. (1991). «Παλαιοχριστιανική και Βυζαντινή αρχιτεκτονική.» Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.
  60. Labkultur (). “WORM Rotterdam - How architecture can be beneficial to the environment.” <<http://www.labkultur.tv/en/blog/worm-rotterdam-how-architecture-can-be-beneficial-environment>>
  61. Lielienfeld, R. and Rathjes, W. (1998). “Use less stuff, environmental solutions for who we really are.”
  62. Lifecycle Building Challenge (). <<http://www.lifecyclebuilding.org>>
  63. Living in Paper (2007). “Formal Tests.” <<http://www.livinginpaper.com/tests.htm>, <http://www.livinginpaper.com/business.htm>>
  64. Lloyd, K. (1970). “Domebook”
  65. Lot – ek (). <[www.lot-ek.com](http://www.lot-ek.com)>



66. Ludwig, M. (1998). *Mobile Architektur, Geschichte und Entwicklung transportabler und modularer Bauten*. Stuttgart: Deutsche Verlag-Anstalt
67. Mango, C. (1978). "Byzantine Architecture." Milano: Electa Editrice
68. McDonough, William and Braungart, M. (2002). "Cradle to Cradle, Remaking the way we make things." North Point Press, NY.
69. Müller, E.A. και Schmid, F. (2004). «Heizen und Kühlen mit Abwasser.» EnergieSchweiz, Bern  
<[http://www.infrastrukturanlagen.ch/dokumente/brosch\\_web.pdf](http://www.infrastrukturanlagen.ch/dokumente/brosch_web.pdf)>
70. My ninja please (2006). "Samuel Mockbee and Rural Studio: Mason's Bend Community Center." <[http://architecture.myninjaplease.com/?akst\\_action=share-this&p=322](http://architecture.myninjaplease.com/?akst_action=share-this&p=322)>
71. My peanut butter bacon (2013). "Heineken Houses - Beer Bottle Bricks." <<http://mypeanutbutterbacon.blogspot.gr/2013/06/heineken-houses-beer-bottle-bricks.html>>
72. Naftemporiki. Gr (2015). «Άσφαλτος από ανακυκλωμένο πλαστικό στην Ολλανδία.» <<http://www.naftemporiki.gr/story/980720/ollandia-asfaltos-apo-anakuklomeno-plastiko>>
73. New York Architecture (). "The Nomadic Museum." <<http://www.nyc-architecture.com/CHE/CHE-037.htm>>
74. NISP (). <<http://www.nispnetwork.com/>>
75. Notcot <[http://www.notcot.com/archives/2007/10/shipping\\_contai.php](http://www.notcot.com/archives/2007/10/shipping_contai.php)>
76. "Norrköping Industrial Symbiosis Network." Industrial Symbiosis in Sweden, <<http://www.industriellekologi.se/symbiosis/norrkoping.html>>
77. OSB Guide (). <[www.osbguide.com](http://www.osbguide.com)>
78. Pappas, C. (1957). "L'urbanisme et architecture populaire dans les Cyclades." Paris:Dunod
79. Pawley, M. (1975). "Garbage housing." Sussex: Architectural press
80. Pawley, M. (1973). «Garbage housing.» Architectural Design.
81. Pawley, M. (1976). «Towards a consumer industry based world housing system»,The Architects' Journal.
82. Payne, G.K. (1973). «Functions of informality. A case study of squatters» settlements in India. D,Architectural Design
83. Ponte, A. (2006). «Art and Garbage». Lotus International, issue 128

84. Public Architecture (). <<http://www.publicarchitecture.org/>>
85. Rapoport, A. (1976). “Ανάπτυξη αρχιτεκτονική και πολιτιστικοί παράγοντες.” Αρχιτεκτονικά Θέματα, Αθήνα.
86. Recyclart, (2013). “Wood art pavilion from recycled pallets.” <<http://www.recyclart.org/2013/03/wood-art-pavillion-from-recycled-pallets/>> (Jul. 28, 2015)
87. Recyclart, (2011). “Up-Cycling can house.” <<http://www.recyclart.org/2011/04/up-cycling-can-house/>> (Jul. 27, 2015)
88. Recyclart, (2010). “Crushed cans building.” <<http://www.recyclart.org/2010/03/crushed-cans-building/>> (Aug. 2, 2015)
89. Recyclart, (2009). “Tire House.” <<http://www.recyclart.org/2009/05/tire-house/>> (Aug. 2, 2015)
90. Recyclart, (2010). “Pallet house.” <<http://www.recyclart.org/2010/03/pallet-house/>> (Jul. 29, 2015)
91. Recyclicity.net (). <[http://www.recyclicity.net/index\\_en.jsp](http://www.recyclicity.net/index_en.jsp)>
92. Recycling Metal Industries (). <<http://www.recyclingmetal.com.au/>>
93. Refunc (). <<http://refunc.nl/>>
94. Reuse Development Organization <<http://www.redo.org/>>
95. Richardson, P. (2007) «XS Green: Big Ideas. Small Buildings.» Thames & Hudson
96. Rural Studio (). <<http://www.ruralstudio.org>>
97. Scrap House <[www.scraphouse.org](http://www.scraphouse.org)>
98. Shigeru Ban Architects, (2014). «Paper Church - Kobe, Japan, 1995-2005 (disassembled).» WORKS - Disaster Relief Projects <[http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995\\_paper-church/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-church/index.html), [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_paper-log-house-turkey/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_paper-log-house-turkey/index.html), [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995\\_paper-log-house-kobe/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-log-house-kobe/index.html), <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#paper-tube-structure>> (Aug. 6, 2015)
99. Shigeru Ban Architects America (). <[http://www.dmany.com/site\\_sba/?page\\_id=331](http://www.dmany.com/site_sba/?page_id=331)>
100. Sinclair, Cameron and Stohr K. (2006). «Design like you give a Damn, Architectural Responses to Humanitarian Crises.» Architecture for Humanity, United Kingdom: Thames and Hudson

101. Smart Shelter Foundation (). ‘Production of building materials out of rejected solid waste’ <[www.smartshelterfoundation.org](http://www.smartshelterfoundation.org)>
102. SSD Architecture and Urbanism (2006) “Big Dig House.” <<http://www.ssdarchitecture.com/works/residential/big-dig-house/>>
103. Steel Frame Housing (2015). «Γιατί να επιλέξετε χάλυβα.» <[http://www.steelframebuild.com/whysteel\\_gr.html](http://www.steelframebuild.com/whysteel_gr.html)>
104. State Metal Industries, INC. (). “Aluminum Recycling Facts According To ISRI.” <<http://www.statemetalindustries.com/aluminum-recycling-facts-according-isri/>>
105. Steel Recycling Institute (). “Steel is North America's #1 Recycled Material.” <<http://www.recycle-steel.org/>>
106. Steel Works (). “Steel is the World's Most Recycled Material.” <<https://www.steel.org/Sustainability/Steel%20Recycling.aspx>>
107. Superuse (2010). “Glossed Dreamspace.” <<http://www.superuse.org/story.php?title=Glossed-Dreamspace-1>>
108. SuperUse Studios (). <[www.2012architecten.nl](http://www.2012architecten.nl)>
109. Superuse (2014). “Organic Factory.” <<http://www.superuse.org/story/organic-factory-2/>>
110. Sustainable London (2007). «Addressing Climate Change in the capital.»
111. Telstar Logistics (2006). “Freitag Takes Container Architecture to New Heights.” <[http://telstarlogistics.typepad.com/telstarlogistics/2006/10/freitags\\_contai.html](http://telstarlogistics.typepad.com/telstarlogistics/2006/10/freitags_contai.html)>
112. The architects newspaper (). <[http://www.archpaper.com/feature\\_articles/shipping\\_news.html](http://www.archpaper.com/feature_articles/shipping_news.html)>
113. The aluminum association (). “Aluminum Recycling.” <<http://www.aluminum.org/sustainability/aluminum-recycling>>
114. Total Materia (). “Recycling Aluminum Alloys.” <<http://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=ktn&NM=222>>
115. University of Florida (). “Powell Center for Construction and Environment.” <<http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings.pdf>>
116. U.S. Environmental Protection Agency (). “Industrial Materials Recycling.” <<http://www.epa.gov/osw/consERVE/imr/index.htm>>

117. Waste Management World (). “A way forward for glass recycling.” <<http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-10/issue-1/features/a-way-forward-for-glass-recycling.html>>
118. We make money not art (2009). “Book review - Unfolded - Paper in Design, Art, Architecture and Industry.” <<http://we-make-money-not-art.com/archives/2009/10/post-31.php#.UuDfctJYmmw>>
119. WRA (). “Panel Board.” <<http://www.woodrecyclers.org/about-wood-recycling/panel-board/>>
120. Woolley T., Kimmis S., Harrison P., Harrison R. (1998). «Green building handbook.» E&FN Spon, Cornwall
121. Wrap (2014). “What is industrial symbiosis?” wrap, <<http://www.wrap.org.uk/content/what-industrial-symbiosis>>(Apr. 9, 2014)
122. Ανέλιξη (). «Μονώσεις αφρώδους γυαλιού.» <<http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/kathara-ulika-kai-technologies/oikodomika-proionta/monoseis/oriktes-monoseis/monoseis-afrodoys-gyalioy/>>
123. Αραχωβίτης, Γ. (2005). «Η νοσταλγία της ατελούς εμπορευματικής παραγωγής ή ας ξαναδούμε τα αυθαίρετα» Αρχιτέκτονες, τεύχος 54.
124. Ασημομύτης Γ., Μπαμιεδάκης Α., Τζωρτζάκης Ν. (1978). “Η ανακύκλωση σαν οικοδομική δραστηριότητα.” Ε.Μ.Π, Αθήνα.
125. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2005). «Σχεδιασμός Δομικών έργων από χάλυβα.» εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
126. Βαλταρά Σ. και Μουτσάτσου Κ. (2005). “Ανακύκλωση κτιρίων.” Σχολή Αρχιτεκτόνων μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
127. Γεωργαλά, Γ. (2007). «Περιορισμός οικοδομικών απορριμμάτων - Η κατάσταση στην Ελλάδα.» <[http://www.ecodomisi.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=41](http://www.ecodomisi.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=41)>
128. Γκουϊντάλιας, Ι. (2011). ‘Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων Χαρακτηρισμού Δομικών Υλικών, Διάγνωσης, Φθοράς & Ενεργειακής Απόδοσης σε Ιστορικά Συγκροτήματα Κτιρίων & Μνημείων.’
129. Ελαφρός, Γ. (2007). «5000 τόνοι μπάζα πνίγουν καθημερινά την Αττική».

130. ΕΛΒΑΛ (). «Λεξικό όρων.»  
<<http://www.elval.gr/default.asp?pid=243&la=1>>
131. Εργοταξιακά Θέματα (). «Σε «περιπέτειες» η ανακύκλωση μάζων.»  
<<http://www.ergotaxiaka.gr/article.php?ID=60>>
132. Ευαγγελινός, Ε. (2005). «Περιβαλλοντικά ήπιες οικοδομικές συνθέσεις και τεχνικές.»
133. Ευθυμίουπουλος, Η. (2000). «Οικολογική δόμηση.» Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, ΥΠΕΧΩΔΕ-Διεύθυνση οικιστικής πολιτικής και κατοικίας. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
134. Ζαβιτσάνου, Γ. (2007). «Όλα όσα θα θέλατε να ξέρετε για την ανακύκλωση»
135. I-BEAM Architecture and Design (). «The earth awards.» <<http://www.i-beamdesign.com/projects/refugee/refugee.html>>
136. Κ.Κανελλάκης Α.Ε. Βιομηχανία Ανακύκλωσης Πλαστικών (). «Προϊόντα / Τι παράγουμε.» <<http://www.k-kanellakis.gr/proionta/ti-paragoume/>>
137. Καραϊσκού Ε., Μαλαματένιου Ε., Οικονομοπούλου Φ. (2008). ‘Αρχιτεκτονική & Ανακύκλωση: Μια Σχέση Αλληλεπίδρασης’, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
138. Καραλή, Μ. (2002). «Οι αγροτικές κατοικίες στην Έξωμερια της Τήνου.» Πολιτιστικό τεχνολογικό ίδρυμα ΕΤΒΑ, Αθήνα.
139. Καρβούνης, Σ.Κ. (1998). «Ανάλυση συστημάτων τεχνολογίας.» και «Βιομηχανική παραγωγή.» εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
140. Καρβούνης Σ.Κ. και Γεωργακέλλος Δ. (2003). «Διαχείριση του περιβάλλοντος.» εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
141. Κορωναίος Α.Γ. και Σαργέντης Γ.Φ. (2005). ‘Δομικά Υλικά & Οικολογία’, Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
142. ΚΥΠΕ (2015). «Σημαντικά τα πλεονεκτήματα από τη χρήση αποβλήτων γυαλιού.» Larnaka online  
<<http://larnakaonline.com.cy/announcement.php?id=69908>> (June 11, 2015)
143. Κυπριακή Δημοκρατία (). «Κατάλογος Αδειοδοτημένων Διαχειριστών Αποβλήτων για Επεξεργασία.» Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος  
<<http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/FBA64502608887D3>>

C2257AFA002EBFE9/\$file/Katalogos\_Adiidotimenon\_Gia\_Epexergasia\_Apovliton.pdf>

144. Λαλουδάκη, Ε. (2008). «Η ζέστη ήρθε από μακριά.» ΒΗMagazino.
145. Λάσκαρης, Κ. (). “Διαχείριση φυσικών πόρων και προστασία περιβάλλοντος, προβλήματα και ειδικές προσεγγίσεις.” έκδοση Ε.Μ.Π. Αθήνα.
146. Λοιζίδου, Μ. (2014). «Η βιομηχανική συμβίωση ως μοχλός βιώσιμης ανάπτυξης.» Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. <<http://www.esymbiosis.gr/site/images/loizidou.pdf>>
147. Λοιζίδου, Μ. (2014). «Βιομηχανική Συμβίωση και Βιώσιμη Ανάπτυξη.» Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. <[http://www.esymbiosis.eu/esymbiosis\\_uploads/loizidou\\_21\\_12\\_2014.pdf](http://www.esymbiosis.eu/esymbiosis_uploads/loizidou_21_12_2014.pdf)>
148. Λορεντζάτος, Ζ. (1969). “Ο αρχιτέκτονας Δημήτρης Πικιώνης.” Αθήνα: εκδόσεις Ίκαρος.
149. Μαντουβάλου Μ. και Ε.Μπάλλα. (2005). «Αυθαίρετα, πολιτικές και μικροπολιτική.» Αρχιτέκτονες, τεύχος 54.
150. Μπούρας, Χ. (2001). «Ιστορία της Αρχιτεκτονικής.» 2ος τόμος, Αρχιτεκτονική στο Βυζάντιο, το Ισλάμ και την Δυτική Ευρώπη κατά τον Μεσαίωνα, εκδοτικός οίκος Μέλισσα, Αθήνα.
151. Μωδέα, Β. και Σταυροπούλου, Β. (2012). ‘Δομικά Υλικά Κελύφους.’ Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.
152. Νάτση, Α. (2006). “Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών για βιώσιμο σχεδιασμό.” Σχολή αρχιτεκτόνων μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
153. Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (2014). «Ο Νίκος Χρυσόγελος για την έκθεση του ευρωκοινοβουλίου για τα απόβλητα πλαστικά.» <[http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=478:2014-02-10-14-43-24&catid=11&Itemid=485&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=478:2014-02-10-14-43-24&catid=11&Itemid=485&lang=en)>
154. Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (2013). «Οδηγία 94/62/ΕΚ.» <[http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=420:94-62-ec&catid=73&Itemid=567&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=420:94-62-ec&catid=73&Itemid=567&lang=en)>
155. Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (2013). «Οδηγία 00/53/ΕΚ.» <[http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=423:00-53-ec&catid=73&Itemid=567&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=423:00-53-ec&catid=73&Itemid=567&lang=en)>

156. Οικονόμου, Ο. (2005). «Από την καλύβα του Καραγκιόζη στο σαράι του Πασά.» Αρχιτέκτονες, τεύχος 54.
157. «Ο χαλκός.»  
<<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/museum/mater/metal/copper.doc>>
158. Παπαλάμπρος, Λ. (2015). «Από ανακυκλωμένο πλαστικό οι δρόμοι του μέλλοντος.» <<http://www.zougla.gr/automoto/article/apo-anakiklomeno-plastiko-i-dromi-tou-melontos>>
159. Παρπούνας, Κ. (). “Κόστος ΧΥΤΥ - Μας εκπλήττει το αυτονόητο;” Green dot Cyprus<[http://www.greendot.com.cy/gr/view-subpage-greeniversity/53/the-cost-of-residuals-landfill---why-are-we-surprised?-\(greek\)](http://www.greendot.com.cy/gr/view-subpage-greeniversity/53/the-cost-of-residuals-landfill---why-are-we-surprised?-(greek))>
160. Πασπαλλής Χ. και Γεωργακόπουλος Α. (2000). “Παθολογία και αποκατάσταση δομικών στοιχείων φέροντος οργανισμού παραδοσιακών κτιρίων.” Διπλωματική εργασία, τμήμα πολιτικών μηχανικών, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη.
161. Πικιώνη, Α. (1994). “Δημήτρης Πικιώνης-Διαμόρφωση του περί την Ακρόπολη αρχαιολογικού χώρου 1954-1957.” Αθήνα: εκδόσεις Μπαστα-Πλέσσα
162. Ρωμανός, Α. (2005). «Κατοικίες εκτός σχεδίου.(Πρόβλημα ή λύση;).” Αναδημοσίευση από Αρχιτέκτονες τεύχος 54.
163. Σκορδίλης, Α. (2011). «Παρουσίαση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα Απόβλητα.» Δρ. Χημικός Μηχανικός, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.<<http://www.blod.gr/lectures/Pages/viewlecture.aspx?LectureID=45#>>
164. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (2015). «Εργαστηριακές δοκιμές οδηγούν σε νέες χρήσεις υλικών από ανακυκλωμένα ελαστικά.» <<https://www.cut.ac.cy/news/article/?contentId=126410&languageId=2>>
165. Τζαναβάρα, Χ. (2003). «30 εκατ. ευρώ το χρόνο στα σκουπίδια» Ελευθεροτυπία.
166. Τομπάζης, Α. (2007). «Γράμμα σ’ ένα νέο αρχιτέκτονα.» εκδόσεις Libro, Αθήνα,
167. Τριανταφύλλου, Δ. (2007). «Τα σκουπίδια τραγουδούν ακόμη» ΒΗMagazino.
168. Τσιαμπάος, Κ. (2007). «The Container 2.» <<http://kostastsiambaos.blogspot.com/2007/09/container-2.html>>

169. Τσίρκος, Α. (2013). 'Σύγχρονα Δομικά Υλικά Κατασκευών.' Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.
170. Φιλιππίδης, Δ. (1982). «Ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική-Κυκλάδες.» Αθήνα: εκδόσεις Μέλισσα.
171. Φιλιππίδης, Δ. (1984). «Νεοελληνική αρχιτεκτονική.» εκδόσεις Μέλισσα, Αθήνα.
172. Φωτιάδου, Σ.Φ. (2010). 'Χρήση Αφρώδους Κυτταρικού Γυαλιού ως Αδρανές.' Συνέδριο με Θέμα: Ενέργεια, Σημερινή Εικόνα: Σχεδιασμός & Προοπτικές, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
173. Φωτονιάτας, Δ. (2010). 'Μελέτη Αγοράς Δομικών Υλικών Χάλυβα.' Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
174. <http://www.naturalbuilding.co.uk/>