



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Διπλωματική Εργασία

Μετάβαση από γραμμική σε κυκλική οικονομία:

Επιρροή στον τρόπο επεξεργασίας των αποβλήτων από εκσκαφές,
κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.) και ενσωμάτωσή τους στο
σκυρόδεμα

Βιάρου Ευτυχία (Α.Μ. 01103636)

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαδογιάννης Ευστράτιος

Αθήνα 2023



National Technical University of Athens

School of Civil Engineering

Diploma Thesis

Transition from a linear to a circular economy:

Influence on the processing of waste from excavations, constructions
and demolitions (CDW) and its incorporation into concrete

Viarou Eftychia (R.N. 01103636)

Supervisor Professor: Badogiannis Efstratios

Athens 2023

Ευχαριστίες

Καθώς ολοκληρώνω τις προπτυχιακές μου σπουδές στην Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με την παρούσα διπλωματική εργασία, τελειώνει και ένα μακρύ ταξίδι στον κόσμο των γνώσεων και επιστημών.

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές της σχολής μου για τις γνώσεις που μου πρόσφεραν με περίσσεια διάθεση και επιμονή.

Ευχαριστώ από καρδιάς τον καθηγητή και εισηγητή του θέματος της διπλωματικής μου κύριο Μπαδογιάννη Ευστράτιο, αρχικά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για τις ανεκτίμητες συμβουλές και τις συστάσεις στην συγγραφή του παρόντος πονήματος.

Επίσης είμαι ευγνώμων για την αμέριστη υποστήριξη και υπομονή της οικογένειάς μου και περισσότερο του συζύγου μου, Σταύρου, που στάθηκε δίπλα μου χωρίς ενδοιασμούς για την ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου.

Τέλος ελπίζω η εκπλήρωση των σπουδών μου και η διαδρομή αυτή να αποτελέσει παράδειγμα στους γιούς μου, Βασίλη και Άγγελο, να τους μεταδώσει το μήνυμα της δια βίου εκπαίδευσης και της θέλησης για μάθηση.

Βιάρου Έντοχία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσης διπλωματικής εργασίας πραγματεύεται την επιρροή της μετάβασης από γραμμική σε κυκλική οικονομία στον τρόπο επεξεργασίας των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.) και την μετέπειτα ενσωμάτωση αυτών στο σκυρόδεμα.

Αρχικά στο 1^ο κεφάλαιο τα: «Οικονομικά μοντέλα» αναλύονται τα μοντέλα της γραμμικής & κυκλικής οικονομίας, οι κρίσιμοι κλάδοι δραστηριοτήτων εφαρμογής των αρχών της κυκλικής οικονομίας, και η εφαρμογή της θεωρίας της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο.

Στο 2^ο κεφάλαιο τα: «Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)» καταγράφονται οι ορισμοί και η κατηγοριοποίησή τους, οι ευρωπαϊκές οδηγίες / νομοθετήματα που έχουν θεσπιστεί και η Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση μη επικίνδυνων απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) (Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.ΤΕ.Π.), στατιστικά στοιχεία).

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα προβλήματα της εφαρμογής διαδικασιών Α.Ε.Κ.Κ. και οι προτεινόμενες λύσεις, δηλαδή οι επιδόσεις διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. – δεδομένα Α.Ε.Κ.Κ. και η διαχείριση απορριμμάτων Α.Ε.Κ.Κ. στην πράξη.

Στο 4^ο κεφάλαιο οι: «Βασικές κατηγορίες επαναχρησιμοποιούμενων και ανακυκλώσιμων Α.Ε.Κ.Κ.» αναφέρονται οι πηγές των αδρανών υλικών (ανακυκλωμένα αδρανή σκωρίας χαλυβουργίας, υαλουργίας και από σκυρόδεμα) και γίνεται ανάλυση των μεθόδων επεξεργασίας και ανάκτησης υλικών από το σκυρόδεμα. Επιπλέον παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικάτων αδρανών που προκύπτουν από αυτό.

Στο 5^ο κεφάλαιο το: «Σκυρόδεμα» καταγράφονται τα συστατικά σκυροδέματος (τσιμέντο, αδρανή, νερό, πρόσθετα / πρόσμικτα), οι κατηγορίες, ιδιότητες και χαρακτηριστικά σκυροδέματος (βασικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά).

Στο 6^ο κεφάλαιο αναλύεται η περίπτωση της σύνθεσης σκυροδέματος με αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. και η επίδραση αυτών στις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του (εργασιμότητα – ρευστότητα, πυκνότητα, θλιπτική αντοχή, καμπτική αντοχή, εφελκυστική αντοχή, μέτρο ελαστικότητας, συρρίκνωση, ερπυσμός, διαπερατότητα – διείσδυση χλωριόντων).

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται επιγραμματικά τα συμπεράσματα από την επιρροή της μετάβασης από γραμμική σε κυκλική οικονομία στον τρόπο χρήσης και επεξεργασίας των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.).

Λέξεις κλειδιά

Γραμμική Οικονομία, Κυκλική Οικονομία, Α.Ε.Κ.Κ., Αδρανή Υλικά, Σκυρόδεμα

ABSTRACT

The subject of this thesis deals with the influence of the transition from a linear to a circular economy on the way of processing waste from excavations, constructions and demolitions (CDW) and the subsequent incorporation of these into concrete.

Initially in the 1st chapter: «Economic models» the models of the linear & circular economy are analyzed, the critical branches of activities for the application of the principles of the circular economy, and appliance of circular economy theory in the construction industry.

In the 2nd chapter: «Excavation, Construction and Demolition Waste (CDW) » presents the definitions and their categorization, the European directives / legislation that have been enacted and the Greek Legislation for the management of non-hazardous excavation, construction and demolition waste (CDW) (Technical Specifications, statistics).

In the 3th chapter, the problems of implementing CDW procedures are presented and proposed solutions are given, such as the management performance of CDW – data and waste management CDW in practice.

In the 4rd chapter: «Basic categories of reusable and recyclable CDW» refer to the sources of aggregate materials (recycled aggregates of steelmaking slag, glass and concrete) and the methods of processing and recovery of materials from concrete are analyzed. In addition, the characteristics of the resulting aggregates are presented.

In the 5th chapter: «Concrete» the components of concrete (cement, aggregate, water, additives / admixtures), the categories, properties and characteristics of concrete (basic properties and characteristics) are recorded.

In the 6th chapter, the case of concrete composition with CDW aggregates is analyzed and their effect on its properties and characteristics (workability – fluidity, density, compressive strength, flexural strength, tensile strength, modulus of elasticity, shrinkage, creep, permeability – chloride penetration).

In the 7th chapter, the conclusions on the influence of the transition from a linear to a circular economy on the way of using and processing waste from excavations, constructions and demolitions (CDW) are presented epigrammatically.

Keywords

Linear Economy, Circular Economy, CDW, Aggregate Materials, Concrete

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
Λέξεις κλειδιά.....	iv
ABSTRACT.....	v
Keywords.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΩΝ - ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	x
Πίνακες.....	x
Διαγράμματα.....	x
Εικόνες.....	xi
Σχήματα.....	xi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xiii
1ο. Κεφάλαιο: «Οικονομικά μοντέλα».....	1
1.1 Γενικά στοιχεία.....	1
1.2 Μοντέλο γραμμικής & κυκλικής οικονομίας.....	1
1.2.1 Οικονομικό μοντέλο.....	1
1.2.2 Μοντέλο γραμμικής οικονομίας.....	2
1.2.3 Μοντέλο κυκλικής οικονομίας.....	4
1.2.4 Διαφορές Μοντέλου κυκλικής και γραμμικής οικονομίας.....	5
1.3 Κρίσιμοι κλάδοι δραστηριοτήτων εφαρμογής των αρχών της κυκλικής οικονομίας.....	7
1.4 Εφαρμογή της θεωρίας της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο.....	9
1.4.1 Ο ρόλος της τυποποίησης.....	11
2ο. Κεφάλαιο: «Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)».....	13

2.1	Ορισμοί και κατηγοριοποίηση.....	13
2.2	Ευρωπαϊκές οδηγίες / νομοθετήματα για την διαχείριση των απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.).....	16
2.2.1	Γενικά στοιχεία.....	16
2.2.2	Ανασκόπηση Ευρωπαϊκών οδηγιών.....	17
2.3	Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση μη επικίνδυνων απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)	22
2.4	Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.ΤΕ.Π.)	35
2.5	Στατιστικά στοιχεία Α.Ε.Κ.Κ. της Ελλάδας.....	41
3ο.	Κεφάλαιο: «Προβλήματα εφαρμογής διαδικασιών Α.Ε.Κ.Κ. και προτεινόμενες λύσεις».....	48
3.1	Επιδόσεις διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. – δεδομένα Α.Ε.Κ.Κ.	48
3.2	Διαχείριση απορριμμάτων Α.Ε.Κ.Κ. στην πράξη	49
3.2.1	Πρωτοβουλίες διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ.	50
3.2.2	Η νομοθεσίας για τα απόβλητα και η επιβολή – τήρηση αυτής.....	51
3.3	Πινακοποιημένα στοιχεία με τις οδηγίες και τα εμπόδια αύξησης της ανακύκλωσης των Α.Ε.Κ.Κ.	54
4ο.	Κεφάλαιο: «Βασικές κατηγορίες επαναχρησιμοποιούμενων και ανακυκλώσιμων Α.Ε.Κ.Κ.».....	60
4.1	Πηγές Αδρανών Υλικών.....	61
4.1.1	Ανακυκλωμένα αδρανή σκυροδέματος χαλυβουργίας	61
4.1.2	Ανακυκλωμένα αδρανή υαλουργίας.....	62
4.1.3	Επαναχρησιμοποίηση αδρανών.....	62
4.1.4	Ανακυκλωμένα αδρανή από σκυροδέμα	62
5ο.	Κεφάλαιο: «Σκυροδέμα».....	67
5.1	Γενικά Στοιχεία	67
5.2	Συστατικά σκυροδέματος.....	68

5.2.1	Τσιμέντο	68
5.2.2	Αδρανή	69
5.2.3	Νερό.....	72
5.2.4	Πρόσθετα / Πρόσμικτα.....	72
5.3	Κατηγορίες, ιδιότητες και χαρακτηριστικά σκυροδέματος.....	73
5.3.1	Γενικά	73
5.3.2	Κατηγορίες σκυροδέματος	74
5.3.3	Βασικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά	76
6ο.	Κεφάλαιο: «Σκυρόδεμα με αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. – Επίδραση στις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του».....	77
6.1	Ιδιότητες και χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που επηρεάζονται με την χρήση αδρανών Α.Ε.Κ.Κ.	77
6.1.1	Εργασιμότητα – Ρευστότητα	77
6.1.2	Πυκνότητα	78
6.1.3	Θλιπτική αντοχή	79
6.1.4	Καμπτική - Εφελκυστική αντοχή	80
6.1.5	Μέτρο Ελαστικότητας	80
6.1.6	Συρρίκνωση	80
6.1.7	Ερπυσμός.....	81
6.1.8	Διαπερατότητα – Διείσδυση χλωριόντων.....	81
7ο.	Κεφάλαιο: «Συμπεράσματα».....	83
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΩΝ - ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Πίνακες

Πίνακας 1.1: Διαφορές μεταξύ γραμμικής και κυκλικής οικονομίας.	7
Πίνακας 2.1: Απόβλητα από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις.....	14
Πίνακας 2.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες	18
Πίνακας 2.3 Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση μη επικινδύνων Α.Ε.Κ.Κ.....	23
Πίνακας 2.4: Προκοστολόγηση Α.Ε.Κ.Κ. σε Δημόσια Έργα της Περιφέρειας Θεσσαλίας. ..	34
Πίνακας 2.5: Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.ΤΕ.Π.).....	36
Πίνακας 2.6: Στοιχεία παραγωγής Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα με κριτήριο διαφορετικές πηγές (τιμές σε τόνους).....	42
Πίνακας 2.7: Αριθμός ΣΣΕΔ και ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης.....	43
Πίνακας 3.1: Οδηγοί / εμπόδια για την αύξηση της ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	55
Πίνακας 4.1: Κατηγορίες υλικών Α.Ε.Κ.Κ. με δυνατότητα ανακύκλωσης	60
Πίνακας 5.1: Συμβατικά μείγματα σκυροδέματος.	68
Πίνακας 5.2: Κατηγορίες Σκυροδέματος	75

Διαγράμματα

Διάγραμμα 2.1: Συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΕΟΑΝ).	44
Διάγραμμα 2.2: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΣΣΕΔ).....	45
Διάγραμμα 2.3: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΕΛΣΤΑΤ).....	46

Διάγραμμα 2.4: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (HMA).....	47
--	----

Εικόνες

Εικόνα 1.1: Απεικόνιση μοντέλου γραμμικής οικονομίας (take-make-dispose / παίρνω-φτιάχνω-διαθέτω).....	3
Εικόνα 1.2: Μοντέλο κυκλικής οικονομίας.....	4
Εικόνα 2.1: Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ. - Construction, demolition and excavation / CDW).....	13
Εικόνα 2.2: Υποχρεώσεις Διαχειριστών Α.Ε.Κ.Κ. σε Δημόσια έργα και έργα Κοινής Ωφέλειας.....	33
Εικόνα 2.3: Υποχρεώσεις Διαχειριστών Α.Ε.Κ.Κ. σε Ιδιωτικά οικοδομικά έργα.....	33
Εικόνα 2.4: Επικαιροποιημένα στατιστικά στοιχεία εισερχόμενων και εξερχόμενων Α.Ε.Κ.Κ.	43
Εικόνα 3.1: Ενδεικτικό παράδειγμα μετατροπής διαχειριστή Α.Ε.Κ.Κ. σε άτυπη χωματερή	53
Εικόνα 4.1: Ενδεικτική ροή της διαδικασίας ανακύκλωσης του σκυροδέματος.....	64
Εικόνα 4.2: Χαρακτηριστικό παράδειγμα άποψης ανακυκλωμένου αδρανούς, με επικολλημένο κονίαμα.....	66
Εικόνα 6.1: Υπερφασματική απεικόνιση του επικολλημένου κονιάματος σε αδρανή από Α.Ε.Κ.Κ. - Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται ο συνδυασμός πυριτίου και σιδήρου, ενώ με μπλε απεικονίζεται το επικολλημένο κονίαμα.....	78
Εικόνα 6.2: Θλιπτική αντοχή συνθέσεων σκυροδέματος με Α.Ε.Κ.Κ. και βιομηχανικά παραπροϊόντα.....	79

Σχήματα

Σχήμα_ 2.1: Ρόλος των δρώντων του ελέγχου των αποβλήτων στη διαδικασία διαχείρισης των αποβλήτων.....	40
Σχήμα_ 2.2: Καθολικό πλάνο του ελέγχου των αποβλήτων.....	41

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

3R: reduce, reuse and recycle / μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση

C&D: construction and demolition / κατασκευές και κατεδαφίσεις

CDW: construction and demolition waste

CD&E: Construction, demolition and excavation

CE: Circular Economy (Κυκλική Οικονομία)

CEAP: circular economy action plan

CEN: European Committee for Standardization / Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης

DfD/A: design for disassembly and adaptability

European Green Deal: Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας

NSAI: National Standards Authority of Ireland

PSS: product-service systems

S.S.D.: σταθερές μονάδες δίσκου αποθήκευσης δεδομένων

A.E.K.K.: Απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις

E.E.: Ευρωπαϊκή Ένωση

E.M.ΠΑ: Εθνικού Μητρώου Παραγωγών

ΟΟΣΑ: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συμβατικά, σε μια γραμμική οικονομία, τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (CDW) θεωρούνταν υλικά μηδενικής αξίας και, ως αποτέλεσμα αυτού, τα περισσότερα απόβλητα CDW καταλήγουν σε χωματερές. Τα τελευταία χρόνια, με την αύξηση της ευαισθητοποίησης συναρτώμενα με τη βιωσιμότητα και τη χρήση των πόρων, διάφορες χώρες (έτσι και η Ελλάδα μέσω της ΕΕ) άρχισαν να εξερευνούν νέα μοντέλα για να ελαχιστοποιήσουν τη χρήση περιορισμένων πόρων που σήμερα χρησιμοποιούνται υπερβολικά, κακοδιαχειρίζονται ή εξαντλούνται γρήγορα. Από αυτή την άποψη, η εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας (CE / Circular Economy) έχει αναδειχθεί ως ένα πιθανό μοντέλο για την μείωση των απορριπτικών επενεργειών των αποβλήτων από κατασκευές, κατεδαφίσεις και εκσκαφές στο περιβάλλον.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που εμποδίζουν την πλήρη μετάβαση στην Κυκλική Οικονομία στους τομείς των κατασκευών και των κατεδαφίσεων. Ως εκ τούτου, η παρούσα διπλωματική εργασία βιβλιογραφικής ανασκόπησης στοχεύει να εξετάσει κριτικά διαφορετικές πτυχές της επιρροή της μετάβασης από γραμμική σε κυκλική οικονομία στον τρόπο χρήσης και επεξεργασίας των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.). Περαιτέρω ερμηνεία γίνεται στον τρόπο που επηρεάζει η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών την σύνθεση νέων σκυροδεμάτων.

1ο.Κεφάλαιο: «Οικονομικά μοντέλα»

1.1 Γενικά στοιχεία

Η Σύγχρονη Οικονομία είναι μια πολύπλοκη μηχανή. Η δουλειά της είναι να κατανέμει περιορισμένους πόρους και να διανέμει το προϊόν σε μεγάλο αριθμό πρακτόρων - κυρίως ατόμων, εταιρειών και κυβερνήσεων- επιτρέποντας την πιθανότητα ότι η δράση κάθε πράκτορα μπορεί να επηρεάσει άμεσα (ή έμμεσα) τις ενέργειες άλλων πρακτόρων (Θεοδωροπούλου & Παστραπά, 2022).

Ο Άνταμ Σμιθ ονόμασε τη μηχανή το «αόρατο χέρι». Στο *The Wealth of Nations*, που δημοσιεύτηκε το 1776, ο Smith, που θεωρείται ευρέως ο πατέρας της οικονομίας, τόνισε την αυτορυθμιζόμενη φύση της οικονομίας - ότι οι πράκτορες που αναζητούν ανεξάρτητα το δικό τους κέρδος μπορεί να παράγουν το καλύτερο συνολικό αποτέλεσμα και για την κοινωνία. Οι σημερινοί οικονομολόγοι κατασκευάζουν μοντέλα -οδικούς χάρτες της πραγματικότητας-, για να βελτιώσουν την κατανόηση της οικονομίας και της κοινωνίας (Ouliaris, 2011).

Καθώς οι οικονομίες κατανέμουν αγαθά και υπηρεσίες, «εκπέμπουν» μετρήσιμα «σήματα» που υποδηλώνουν ότι υπάρχει τάξη που οδηγεί την πολυπλοκότητα.

1.2 Μοντέλο γραμμικής & κυκλικής οικονομίας

1.2.1 Οικονομικό μοντέλο

Ένα οικονομικό μοντέλο είναι ένα θεωρητικό ή μαθηματικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει και να αναλύσει τη συμπεριφορά και τις αλληλεπιδράσεις των οικονομικών συνιστωσών ενός συστήματος. Τα οικονομικά μοντέλα δεν μπορούν να καλύπτουν μια ευρεία γκάμα οικονομικών φαινομένων, όπως η παραγωγή, η κατανάλωση, η επένδυση, η ανάπτυξη, η ανεργία, η πληθωριστική πίεση, οι τιμές και πολλά άλλα.

Τα οικονομικά μοντέλα δεν είναι απλά ή πολύπλοκα, με μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας. Συχνά χρησιμοποιούνται μαθηματικές εξισώσεις, στατιστικά δεδομένα και αλγόριθμοι για να αναπαραστήσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οικονομικών μεγεθών και παραμέτρων. Οικονομολόγοι συχνά έχουν οικονομικά μοντέλα για να κατανοήσουν την οικονομία, να προβλέψουν αποτελέσματα και να λάβουν αποφάσεις βασισμένες σε ανάλυση.

Υπάρχουν πολλά είδη οικονομικών μοντέλων, όπως το μακροοικονομικό μοντέλο που εξετάζει την οικονομία ως σύνολο, το μικροοικονομικό μοντέλο που επικεντρώνεται στη συμπεριφορά των ατόμων και των προϊόντων, και τα πολυμερή μοντέλα που αναλύουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολλαπλών οικονομικών παραγόντων και χωρών.

Επιπλέον, υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις και σχολές στην οικονομική θεωρία, διάφορα μοντέλα, όπως η νεοκλασική, η Κευνσιανή, η μονεταριστική και η ποσοτική θεωρία του χρήματος, μεταξύ άλλων.

Συνοψίζοντας, ένα οικονομικό μοντέλο είναι ένα εργαλείο ανάλυσης που χρησιμοποιείται για να κατανοήσει και να προβλέψει τη συμπεριφορά της οικονομίας. Βασίζεται σε θεωρητικές προτάσεις, μαθηματικές εξηγήσεις και στατιστικά δεδομένα, και χρησιμοποιείται για να εξηγήσει και να προβλέψει τις οικονομικές προτάσεις. (Λιανός & Ψειρίδου, 2015), (Θεοδωροπούλου & Παστραπά, 2022).

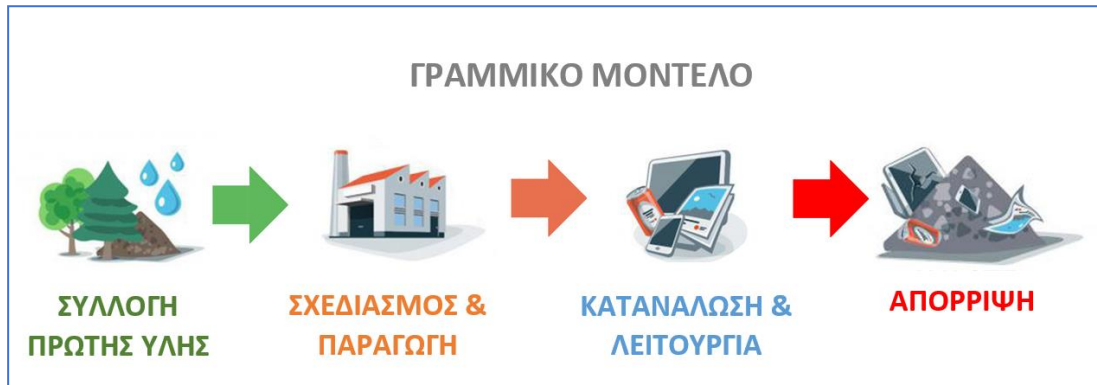
1.2.2 Μοντέλο γραμμικής οικονομίας

Το μοντέλο της γραμμικής οικονομίας είναι ουσιαστικά αρκετά εύκολο στην σύλληψη του τρόπου λειτουργίας του. Με απλά λόγια, σε μια γραμμική οικονομία, οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε προϊόν και στη συνέχεια απορρίπτονται μετά τη χρήση (Θεοδωροπούλου & Παστραπά, 2022).

Το μοντέλο take-make-dispose (παίρνω-φτιάχνω-διαθέτω) χρησιμοποιείται σε κλασικές γραμμικές οικονομίες (Εικόνα 1.1). Σε αυτού του τύπου οικονομικά μοντέλα στόχος είναι η αύξηση κερδών και μείωση του κόστους, με αρκετά προβλήματα ως προς το κοινωνικό και περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

Αυτός ο τρόπος παραγωγής δίνει έμφαση στη χρήση των αποκτηθέντων πρώτων υλών πριν από τη μετατροπή τους σε προϊόντα, απορρίπτοντας κατά συνέπεια ανεπιθύμητα υλικά, με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλου όγκου σκουπιδιών και απορριμμάτων.

Η αξία μιας γραμμικής οικονομίας παράγεται από τη μαζική παραγωγή και τις πωλήσεις προϊόντων από πολλές εταιρείες. Η γραμμική οικονομία είναι γνωστή ως «ανοιχτός κύκλος» λόγω του σχεδίου της, το οποίο είναι πανομοιότυπο με μια επίπεδη γραμμή.



Εικόνα 1.1: Απεικόνιση μοντέλου γραμμικής οικονομίας (take-make-dispose / παίρνω-φτιάχνω-διαθέτω).

Πηγή: (Σωτηρόπουλος, 2019).

Το πρωταρχικό ζήτημα με αυτό το είδος παραγωγής είναι η παράλογη χρήση περιορισμένων πόρων. Οι πόροι συνήθως δεν χρησιμοποιούνται στο τελικό προϊόν της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό έχει μια συνδυασμένη αρνητική επίδραση, καθώς έχει επιζήμιες επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον, όσο και στην κλιματική αλλαγή.

Σύμφωνα με τους Horbal, Mazuryk, & Mykytyn, (2021), η γραμμική οικονομία εξαντλεί τις πρώτες ύλες και την ενέργεια, με αποτέλεσμα τις εκπομπές CO_2 . Στατιστικά, περίπου το 68% των εισροών πρώτων υλών είναι μη ανανεώσιμες, θέτοντας σοβαρό πρόβλημα και απειλή για το περιβάλλον, δεδομένου ότι τα προϊόντα αυτά είτε καταστρέφονται είτε καίγονται (Horbal, Mazuryk, & Mykytyn, 2021).

Περισσότεροι από 160 εκατομμύρια νέοι φορητοί υπολογιστές κατασκευάζονται κάθε χρόνο. Η παραγωγή και τα υλικά που χρειάζονται για την δημιουργία της μητρικής πλακέτας, των S.S.D. και της οθόνης αντιπροσωπεύουν την πλειονότητα των εκπομπών ενός φορητού υπολογιστή, οι οποίες κυμαίνονται από 75% - 85% του συνολικού του αποτυπώματος άνθρακα.

Επιπλέον, μόνο στην ΕΕ, 160.000 «παλαιοί» φορητοί υπολογιστές απορρίπτονται καθημερινά. Αυτό είναι κρίσιμο αφού επαναλαμβάνεται ο κύκλος απόρριψης παλιών φορητών υπολογιστών και αγοράς νέων. Το 70% αυτών των φορητών υπολογιστών θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν, να επισκευαστούν ή να ανακατασκευαστούν, μειώνοντας την ανάγκη για πρώτες ύλες, ενέργεια και διάθεση απορριμμάτων (Malfa, Colla, & Peters, 2021), (European Union/Environment, 2023).

1.2.3 Μοντέλο κυκλικής οικονομίας

Η κυκλική οικονομία είναι πολύ πιο αξιόλογη και βιώσιμη από τη γραμμική οικονομία. Ο θεμελιώδης στόχος αυτής της οικονομίας είναι να διατηρήσει την προστιθέμενη αξία του υλικού με ταυτόχρονη μείωση των απορριμμάτων όσο το δυνατόν περισσότερο. Επικεντρώνεται στη χρήση προϊόντων ως πόρων. Η πρωτοβουλία 3R (reduce, reuse, and recycle / μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση) είναι η κύρια προσέγγιση που χρησιμοποιείται από την κυκλική οικονομία (Πεσμαζόγλου, 2015).

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, για παράδειγμα, οι εξαντλημένοι πόροι χρησιμοποιούνται στο ελάχιστο δυνατό βαθμό, ενώ τα παλιά, χρησιμοποιημένα προϊόντα επαναχρησιμοποιούνται στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Αρχική προσπάθεια κατανόησης της σημαντικότητας μετάβασης από το γραμμικό οικονομικό μοντέλο στο κυκλικό έγινε από τον από τον οικολόγο οικονομολόγο Boulding με την θεωρία Spaceship (διαστημόπλοιου) (Boulding, 1966). Επίσης στις αρχές της δεκαετίας του 1970 υπήρξε συζήτηση σχετικά με τα όρια στην ανάπτυξη, προσπαθώντας να αποδείξουν την σύνδεση και την αλληλεπίδραση μεταξύ των ορυκτών πόρων και της οικονομικής δραστηριότητας. Μια σχέση ομόγνωμα με την οποία η εξάντληση των φυσικών πόρων θα μπορούσε να συντελέσει σε μια οικονομική καταστροφή.



Εικόνα 1.2: Μοντέλο κυκλικής οικονομίας.

Πηγή: (Το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας σύμφωνα με την Ε.Ε., 2015).

Δεδομένου αυτού, η μετάβαση από τη γραμμική σε μια κυκλική οικονομία ενδείκνυται προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η ανθρωπότητα προχωρά με βιώσιμο τρόπο (Λιανός & Ψειρίδου, 2015).

Σχεδόν όλες οι συσκευές θα επαναχρησιμοποιούνται σε μια κυκλική οικονομία. Μια συσκευή θα επισκευαστεί εάν δυσλειτουργεί. Όταν αυτό δεν είναι εφικτό, δημιουργούνται νέα προϊόντα από αυτό. Τα απόβλητα χρησιμεύουν ως η νέα πρώτη ύλη στην κυκλική οικονομία. Η παλιά τάξη παραγωγής, κατανάλωσης και διάθεσης δεν ισχύει πλέον (Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Tam, 2021).

Αυτό ελαχιστοποιεί τις εκπομπές CO_2 διατηρώντας παράλληλα τις πρώτες ύλες και το περιβάλλον. Ενθαρρύνει επίσης την απασχόληση, τα νέα επιχειρηματικά εγχειρήματα και την καινοτομία (Bocken, Bakker, & De Pauw, 2016).

1.2.4 Διαφορές Μοντέλου κυκλικής και γραμμικής οικονομίας

Μια κυκλική οικονομία είναι κατ' ουσίαν διαφορετική από μια γραμμική οικονομία. Σε μια γραμμική οικονομία εξορύσσουμε πρώτες ύλες τις οποίες επεξεργαζόμαστε σε προϊόν που πετιέται μετά τη χρήση. Αντίθετα σε μια κυκλική οικονομία, κλείνουμε τους κύκλους όλων αυτών των πρώτων υλών με πολλαπλές διαδικασίες και όχι απλώς με την ανακύκλωση. Με λίγα λόγια με την κυκλική οικονομία διαφυλάσσεται η αξία, η παραγωγή γίνεται πιο βιώσιμη και τα επιχειρηματικά μοντέλα αποκτούν πολυμορφικό χαρακτήρα. Αυτές οι πτυχές εξηγούνται λεπτομερέστερα παρακάτω.

1.2.4.1 Από τις νέες πρώτες ύλες στη διατήρηση της αξίας

Το γραμμικό σύστημα και το κυκλικό σύστημα διαφέρουν μεταξύ τους στον τρόπο με τον οποίο δημιουργούν ή διατηρούν την αξία. Η γραμμική οικονομία ακολουθεί το μοντέλο «take-make-dispose», πρώτα εξασφαλίζονται οι πρώτες ύλες, στη συνέχεια μετατρέπονται σε προϊόντα, τα οποία μετά την χρήση τους απορρίπτονται. Η αξία δημιουργείται σε αυτό το οικονομικό σύστημα παράγοντας και πουλώντας όσο το δυνατόν περισσότερα προϊόντα.

Μια κυκλική οικονομία ακολουθεί την προσέγγιση 3R: reduce, reuse and recycle / μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Ελαχιστοποιείται η χρήση πόρων (μειώνεται), μεγιστοποιείται η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και εξαρτημάτων (επαναχρησιμοποίηση) και τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, οι πρώτες ύλες επαναχρησιμοποιούνται (ανακυκλώνονται) με υψηλά πρότυπα (Michellini, Moraes, Cunha, Costa, & Ometto, 2017).

1.2.4.2 Οικολογική απόδοση και οικολογική αποτελεσματικότητα

Μία επιπλέον διαφοροποίηση έγκειται στην προοπτική του κάθε μοντέλου ως προς την βιωσιμότητα. Η γραμμική οικονομία εστιάζει στην οικολογική απόδοση, ενώ η κυκλική στην οικολογική αποτελεσματικότητα. Η πρώτη επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση του οικολογικού αντίκτυπου, ενώ η δεύτερη, πέραν της ελαχιστοποίησης του οικολογικού αντίκτυπου, συνεκτιμά και τις κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους. (Di Maio, Rem, Baldé, & Polder, 2017) (Kjaer, Pigosso, Niero, Bech, & McAloone, 2018)

Σε ότι αφορά στην προοπτική της επαναχρησιμοποίησης της κυκλικής οικονομίας και προκειμένου να επιτευχθεί οικολογική αποτελεσματικότητα, οι υπολειμματικές ροές πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται για μια λειτουργία που είναι ίδια (λειτουργική ανακύκλωση) ή ακόμη μεγαλύτερη (ανακύκλωση) από την αρχική λειτουργία του υλικού. Ως αποτέλεσμα, η αξία διατηρείται πλήρως ή και αυξάνεται.

Για παράδειγμα: αλέθουμε το σκυρόδεμα σε κόκκους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ίδιου ή ενός ισχυρότερου τοίχου.

Αυτό είναι διαφορετικό σε μια γραμμική οικονομία. Ένα οικολογικά αποδοτικό σύστημα λειτουργεί συνήθως σε downcycling: ένα προϊόν επαναχρησιμοποιείται για εφαρμογή χαμηλής ποιότητας που μειώνει την αξία του υλικού και καθιστά δύσκολη την εκ νέου χρήση της ροής υλικού (Bocken, Bakker, & De Pauw, 2016).

Για παράδειγμα: τα υπολείμματα σκυροδέματος επεξεργάζονται σε άσφαλτο στο οδόστρωμα. Αυτή η άσφαλτος είναι χαμηλότερης αξίας και είναι πιο δύσκολο να την επεξεργαστείτε ή/και να την χρησιμοποιήσετε ξανά.

1.2.4.3 Η διαφορά μεταξύ γραμμικής και κυκλικής οικονομίας

Οι διαφορές μεταξύ γραμμικής και κυκλικής οικονομίας καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Kjaer, Pigosso, Niero, Bech, & McAloone, 2018), (Michelini, Moraes, Cunha, Costa, & Ometto, 2017):

Πίνακας 1.1: Διαφορές μεταξύ γραμμικής και κυκλικής οικονομίας.

	Γραμμική	Κυκλική
Σχέδιο βημάτων	Πάρε-φτιάξε-απέρριψε	Μείωσε, επαναχρησιμοποίησε, ανακύκλωσε
Προοπτική Βιωσιμότητας	Οικολογική Απόδοση	Οικολογική Αποτελεσματικότητα
Όρια συστήματος	Βραχυπρόθεσμα, από την αγορά έως τις πωλήσεις	Μακροπρόθεσμα, πολλαπλοί κύκλοι ζωής
Προοπτική Επαναχρησιμοποίησης	Downcycling	Ανακύκλωση, διαδοχική και υψηλής ποιότητας ανακύκλωση.
Επιχειρηματικό μοντέλο	Επικεντρώνεται στα προϊόντα	Επικεντρώνεται στις υπηρεσίες

1.3 Κρίσιμοι κλάδοι δραστηριοτήτων εφαρμογής των αρχών της κυκλικής οικονομίας

Ένα επιχειρηματικό μοντέλο περιγράφει τα μέσα δημιουργίας αξίας, υλοποίησης αξίας και διανομής αξίας ενός οργανισμού. Οι Lahti, Wincent, & Parida, (2018) σημειώνουν: «Τα χαρακτηριστικά ενός επιχειρηματικού μοντέλου καθορίζουν την πρόταση αξίας για τον πελάτη και τον μηχανισμό τιμολόγησης της εταιρείας, υποδεικνύουν πώς οργανώνεται η εταιρεία και με ποιους συνεργάζεται για να παράγει αξία και προσδιορίζουν πώς η εταιρεία δομεί την αλυσίδα εφοδιασμού της». Σε έναν ιδιωτικό οργανισμό που λειτουργεί σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον το οποίο αναμένεται να μεγιστοποιήσει τις αποδόσεις σε όσους του έχουν δανείσει χρήματα, όπως οι περισσότερες επιχειρήσεις, υπάρχει ένα προφανές κίνητρο για εξωτερική ανάθεση περιβαλλοντικών και κοινωνικών δαπανών. Όπου αυτό επιτρέπεται από το ρυθμιστικό περιβάλλον, μπορεί ακόμη και να υποστηριχθεί ότι αυτό αποτελεί επιχειρηματική επιταγή, εάν η επιχείρηση δεν πρόκειται να υποτιμηθεί από τους ανταγωνιστές (Lahti, Wincent, & Parida, 2018).

Έχει διαπιστωθεί ότι ένας από τους κύριους σκοπούς μιας κυκλικής οικονομίας αποτελεί η μείωση της περιβαλλοντικής ζημίας, η οποία είναι ευρέως κατανοητό ότι είναι ένας από τους τομείς που είναι πιο επιρρεπείς στην εξωτερική ανάθεση κόστους. Αυτό τονίζει τη σημασία της δημόσιας πολιτικής για την εσωτερίκευση αυτού του κόστους στις

εταιρείες που το προκαλούν, εάν πρόκειται να «διανθίσουν» οι εταιρείες και τα επιχειρηματικά μοντέλα κυκλικής οικονομίας (Diaz Lopez, Bastein, & Tukker, 2019).

Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι όλες οι κινήσεις προς μια κυκλική οικονομία σε επιχειρηματικό επίπεδο οδηγούν σε ανταγωνιστικό μειονέκτημα, και υπάρχει τώρα μια σημαντική βιβλιογραφία σχετικά με το πώς ορισμένες εταιρείες προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν τη σκέψη της κυκλικής οικονομίας για εμπορικό όφελος ή βρήκαν ότι έχει αποδώσει τέτοια οφέλη όταν επιδιώκονται για περιβαλλοντικούς λόγους. Προφανή πιθανά οφέλη από την κυκλικότητα μπορεί να προκύψουν από την εξοικονόμηση πόρων σε αγορασμένες εισροές ή το κόστος διάθεσης αποβλήτων, από βελτιωμένες διαδικασίες διαχείρισης εσωτερικών ή εφοδιαστικής αλυσίδας ή από το αυξημένο ηθικό των εργαζομένων και τη φήμη των πελατών που μπορεί να προκύψουν από την αντιληπτή εταιρική κοινωνική ευθύνη που συνεπάγεται έμφαση στη μεγαλύτερη κυκλικότητα (Tukker, 2015).

Οι Lahti, Wincent, & Parida, (2018) θεωρούν ότι: *«Ένα κυκλικό επιχειρηματικό μοντέλο έχει σχεδιαστεί για να δημιουργεί και να συλλαμβάνει αξία, ενώ βοηθά στην επίτευξη μιας ιδανικής κατάστασης χρήσης πόρων (π.χ. εύρεση ενός μοντέλου που μοιάζει περισσότερο με τη φύση και πλησιάζει στην επίτευξη της πλήρους ανακύκλωσης των υλικών). Κατά συνέπεια, ο στόχος του επιχειρηματικού μοντέλου μετατοπίζεται από την επίτευξη κερδών μέσω της πώλησης προϊόντων ή αντικειμένων στην επίτευξη κερδών μέσω της ροής πόρων, υλικών και προϊόντων με την πάροδο του χρόνου, συμπεριλαμβανομένης της επαναχρησιμοποίησης αγαθών και των πόρων ανακύκλωσης. Αυτό το σκεπτικό υποδηλώνει ότι οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον παρέχοντας και αποσπώντας αξία μέσω αυτής της εναλλακτικής πρότασης αξίας»*. Και αυτό μπαίνει στην «καρδιά» του προβλήματος. Τα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα επιδιώκουν ουσιαστικά να αναδιαρθρώσουν τη χρήση υλικών πόρων από μια εταιρεία προκειμένου να επιτευχθεί περιβαλλοντική βελτίωση, σε ένα πλαίσιο στο οποίο η αξία μιας τέτοιας βελτίωσης συνήθως δεν αναγνωρίζεται στις ιδιωτικές αποδόσεις της εταιρείας. Οποιοδήποτε κόστος προκύψει κατά την αναδιαμόρφωση θα συνεπάγεται επομένως μείωση της κερδοφορίας ή θα πρέπει να οδηγήσει σε μειωμένο κόστος ή σε αυξημένες ευκαιρίες αλλού.

Η τυπολογία των κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων του ΟΟΣΑ (2019) ξεχωρίζει πέντε μοντέλα για ειδική ανάλυση (OECD/Business Models for the Circular Economy, 2019):

1. **Μοντέλα κυκλικής προσφοράς**, τα οποία αντικαθιστούν τις παραδοσιακές εισροές με ανανεώσιμες, βιολογικές ή ανακτημένες εισροές
2. **Μοντέλα ανάκτησης πόρων**, τα οποία χρησιμοποιούν ροές αποβλήτων για την παραγωγή δευτερογενών υλικών
3. **Παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος**, μέσω της κατασκευής πιο ανθεκτικών προϊόντων ή προϊόντων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να επισκευαστούν, να ανακαινιστούν και να ανακατασκευαστούν
4. **Μοντέλα κοινής χρήσης**, μέσω των οποίων τα υποχρησιμοποιημένα καταναλωτικά αγαθά χρησιμοποιούνται πιο εντατικά με την κοινή χρήση τους
5. **Συστήματα προϊόντων-υπηρεσιών** (product-service systems / PSS), το επιχειρηματικό μοντέλο που επικεντρώνεται στις υπηρεσίες αντί για τα προϊόντα.

Το PSS ήταν στην πραγματικότητα το θέμα του Stahel (1982) (αν και εκεί αναφερόταν ως «Επέκταση ζωής προϊόντος»), το οποίο δημιούργησε το πρώτο διάγραμμα μιας κυκλικής οικονομίας. Από τότε το PSS έχει αποτελέσει αντικείμενο εκατοντάδων ερευνητικών εργασιών σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων, συμπεριλαμβανομένων των Πληροφοριακών Συστημάτων, της Διοίκησης Επιχειρήσεων και της Μηχανικής και Σχεδιασμού, καθώς και, πιο πρόσφατα, της κυκλικής οικονομίας (Tukker, 2015).

Τα προαναφερόμενα μοντέλα μπορούν να έχουν εφαρμογή σε διάφορους κλάδους δραστηριοτήτων, όπως της βιομηχανίας, τον κατασκευαστικό, της μεταποίησης, κ.α. και να εφαρμόζονται αναλόγως των αναγκών και των απαιτήσεων. Ένας από τους κυριότερους, λόγω περιβαλλοντικού αντίκτυπου, αποτελεί ο κατασκευαστικός κλάδος, με τον οποίο θα ασχοληθούμε και αναλύσουμε πιο κάτω.

1.4 Εφαρμογή της θεωρίας της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο

Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (A.E.K.K. - Construction, demolition and excavation / CDW) θεωρούνται μια από τις μείζονες ροές αποβλήτων στην ΕΕ και παγκοσμίως. Επιπρόσθετα αν αναλογιστούμε ότι στην Ευρώπη σημαντικός αριθμός κατασκευών φτάνει στο τέλος ζωής τους μπορούμε και να συμπεράνουμε ότι θα παρουσιαστεί ακόμα μεγαλύτερη αύξηση απορριμμάτων κατεδάφισης. Συνεπώς, ο κατασκευαστικός τομέας αποτελεί ταυτόχρονα έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές φυσικών πόρων αλλά και παραγωγό απορριμμάτων.

Γενικά υπάρχει η αντίληψη ότι αρκετά από τα υλικά που προκύπτουν από κατεδαφίσεις και ανακαινίσεις θεωρούνται ακατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση ή υψηλής ποιότητας ανακύκλωση. Κινήσεις εμπνευσμένες από την κυκλική οικονομία μπορούν να αναστρέψουν μια τέτοια αντίληψη, σε ότι αφορά στην πρόληψη δημιουργίας απορριμμάτων και την ποσοτική και ποιοτική αύξηση της ανακύκλωσης στα εργοτάξια.

Ενώ ο μεγάλος όγκος και η φύση των οικοδομικών απορριμμάτων θέτει πολλές διαχειριστικές προκλήσεις, ταυτόχρονα αποτελούν ξεκάθαρη ευκαιρία εφαρμογής αποτελεσματικών πρακτικών κυκλικής οικονομίας που συνδέονται με τη διαχείριση και την ανακύκλωση απορριμμάτων. Οι εργασίες επίχωσης χαμηλής αξίας (πλήρωση κενών στα εργοτάξια) και ανάκτησης χαμηλής ποιότητας (για παράδειγμα, ανακυκλωμένο και θρυμματισμένο τσιμέντο ή αδρανή στην οδοποιία) αποτελούν βασικές εργασίες για την ορθή εφαρμογή των ιδεών της κυκλικής οικονομίας. Εξίσου σημαντικό, οι σαφείς πληροφορίες για τα ανακυκλωμένα υλικά για τη βελτίωση της εμπιστοσύνης των χρηστών στις πρακτικές κυκλικής οικονομίας.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεωρεί τον κατασκευαστικό τομέα προτεραιότητα για το σχέδιο δράσης της για την κυκλική οικονομία. Για το λόγο αυτό, τον Μάρτιο του 2020, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το καινοτόμο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία (circular economy action plan / CEAP), το οποίο αποτελεί βασικό πυλώνα της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (European Green Deal). Η μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία θα μειώσει την οικολογική πίεση, θα μετριάσει την απώλεια βιοποικιλότητας και θα διασφαλίσει τη βιώσιμη ανάπτυξη (European Union/A new Circular Economy Action Plan, 2020).

Μέσω μιας ποικίλης σειράς μη νομοθετικών και νομοθετικών μέτρων, το σχέδιο δράσης εστιάζει σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Αυτά περιλαμβάνουν σχεδιασμό προϊόντων, βιώσιμη κατανάλωση, πρόληψη και μείωση των απορριμμάτων, ενδυνάμωση των καταναλωτών, επενδύσεις σε τομείς που σχετίζονται με την κυκλικότητα (για παράδειγμα, ηλεκτρονικές συσκευές και συσκευασία) και σχέδια διακυβέρνησης πολλαπλών επιπέδων.

Τέτοιες πρακτικές μπορούν, με τη σειρά τους, να βοηθήσουν στην επίτευξη των στόχων της πολιτικής της ΕΕ για τα απόβλητα. Επί του παρόντος, οι χώρες της ΕΕ προσπαθούν να μειώσουν τα απόβλητα και να επιτύχουν στόχους ανάκτησης υψηλών ποσοστών (70% έως το 2020).

Στην προσπάθεια εφαρμογής της σύμβασης-πλασίου για την αειφόρο διαχείριση των πόρων, οι χώρες της Ευρώπης πραγματοποιούν έρευνες, για να έχουν τις αναγκαίες πληροφορίες συναρτώμενες με την χρήση των φυσικών πόρων και κυρίως των απορριμμάτων, που ενδέχεται μετά από κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν αντί αυτών, στοχεύοντας σε μια βιώσιμη ανάπτυξη. Έτσι θα συγκροτηθεί η αφετηρία για την δημιουργία επιόντων ευρωπαϊκών πολιτικών στο τμήμα της αειφόρου χρήσεως των πόρων.

1.4.1 Ο ρόλος της τυποποίησης

Τα μέτρα τυποποίησης συμβάλλουν στην εφαρμογή πρακτικών κυκλικής οικονομίας αναπτύσσοντας πλαίσια, καθοδήγηση, εργαλεία υποστήριξης και απαιτήσεις για τη βιώσιμη χρησιμοποίηση των πόρων και της ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα την αξία και την ποιότητα των υλικών για όλη τη διάρκεια του κύκλου. Η καλή πρακτική περιλαμβάνει τη διασφάλιση της διαχείρισης και πρόληψης των απορριμμάτων ποιότητας και τη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας της ανακύκλωσης.

Η ενιαία αγορά της ΕΕ παρέχει ένα τέλειο σενάριο για τον καθορισμό προτύπων βιωσιμότητας και τον επηρεασμό της δημιουργίας των προϊόντων και των προτύπων διαχείρισης της αλυσίδας αξίας. Στο πλαίσιο της CEN (European Committee for Standardization / Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης), οι τεχνικές επιτροπές TC350 έχουν ασχοληθεί με τη βιωσιμότητα στις κατασκευαστικές εργασίες μέσω της δημοσίευσης εγγράφων όπως το EN 15643:2021 *«Βιωσιμότητα των κατασκευαστικών έργων – Πλαίσιο για την αξιολόγηση κτιρίων και έργων πολιτικού μηχανικού»* και EN 15978:2011 *«Βιωσιμότητα των κατασκευαστικών εργασιών – Αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιδόσεων κτιρίων – Μέθοδος υπολογισμού μεταξύ άλλων, τα οποία έχουν υιοθετηθεί ως ιρλανδικά πρότυπα από την NSAI»*. Επιπλέον, η υποεπιτροπή CEN/TC 350/SC 1 ιδρύθηκε το 2021 για την παραγωγή προτύπων στον τομέα της κυκλικής οικονομίας στο δομημένο περιβάλλον, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών και απαιτήσεων για το καλύτερο πέρασμα σε μια κυκλική οικονομία.

Επί του παρόντος, το κύριο πρότυπο που συνδέεται με την κυκλική οικονομία, το οποίο επίσης λαμβάνει υπόψη τα πράσινα κτίρια είναι το πρόσφατα δημοσιευμένο ISO 20887:2020 *«Βιωσιμότητα σε κτίρια και έργα πολιτικού μηχανικού – Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση και προσαρμοστικότητα – Αρχές, απαιτήσεις και καθοδήγηση που υποστηρίζουν την υιοθέτηση εξαρτημάτων τυπικού μεγέθους για την επαναχρησιμοποίηση δομικών στοιχείων»*. Αυτό επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση αρχών σχεδιασμού για

αποσυναρμολόγηση και προσαρμοστικότητα (design for disassembly and adaptability - DfD/A). Αυτά αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση τόσο της διάρκειας ζωής όσο και της διάρκειας σχεδιασμού. Οι πτυχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση δύνανται επιπροσθέτως να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση ή/και την πρόληψη της σπατάλης και την αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων ενθαρρύνοντας εναλλακτικές σκέψεις κατά τη φάση καθορισμού του έργου.

Ένα πρότυπο κυκλικής οικονομίας που βρίσκεται επί του παρόντος υπό ανάπτυξη είναι το ISO/WD 59004: *«Κυκλική οικονομία -Ορολογία, αρχές και οδηγίες εφαρμογής στοχεύουν στην ανάπτυξη πλαισίων, καθοδήγησης, υποστηρικτικών εργαλείων και απαιτήσεων για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων όλων των εμπλεκόμενων οργανισμών για τη μεγιστοποίηση της συμβολής στη βιώσιμη ανάπτυξη»*. Στο πλαίσιο αυτού του προτύπου, άλλα τρία, επίσης υπό ανάπτυξη, και συνδέονται με την κυκλική οικονομία. Αυτά είναι το ISO/WD 59010: *«Κυκλική οικονομία -Κατευθυντήριες γραμμές για επιχειρηματικά μοντέλα και αλυσίδες αξίας»*. ISO/WD 59020: *«Κυκλική οικονομία -Μέτρηση πλαισίου κυκλικότητας»* και ISO/CD TR 59031: *«Κυκλική οικονομία -Προσέγγιση βάσει απόδοσης – Ανάλυση περιπτώσεων»*.

Τέλος δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι, όπως όλα τα αδρανή, έτσι και τα αδρανή από Α.Ε.Κ.Κ. οφείλουν να προμηθεύονται την ειδική σήμανση CE, ώστε να αποχαρακτηριστούν από απόβλητα.

2ο.Κεφάλαιο: «Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)»

2.1 Ορισμοί και κατηγοριοποίηση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε προσπάθεια ορισμού της γενικής έννοιας των αποβλήτων μέσα από τις οδηγίες της Ε.Ε. Στην πρώτη οδηγία του 1975 (75/442/ΕΟΚ) αναφέρεται ο όρος του στερεού αποβλήτου, ορισμός που με τις επόμενες οδηγίες άρχισε να τροποποιείται και να διαχωρίζεται ακόμη περισσότερο. Ομόγνωμα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα 2008/98/ΕΚ, ο όρος «απόβλητα» ορίζεται ως *οποιαδήποτε ουσία ή αντικείμενο που ο κάτοχος απορρίπτει ή σκοπεύει ή καλείται να απορρίψει*.

Σύμφωνα δε με την Ελληνική Νομοθεσία, η οποία ουσιαστικά προσαρμόζεται στις προαναφερόμενες οδηγίες, και συγκεκριμένα με τον Ν.4042/2012, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει: *«απόβλητα, κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχος του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.»* Στον ίδιο Νόμο πραγματοποιείται επιπλέον διαχωρισμός των ορισμών των αποβλήτων, όπως επικίνδυνα απόβλητα και απόβλητα έλαια.

Τα Α.Ε.Κ.Κ. συνίστανται από τα υπολείμματα (παλιοσίδερα, χρησιμοποιημένο σκυρόδεμα, προϊόντα ξύλου, ασφάλτου κ.α.) που δημιουργούνται κατά την κατασκευή, την ανακαίνιση και την κατεδάφιση κτιρίων, δρόμων και άλλων τεχνικών εργασιών (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ. - Construction, demolition and excavation / CDW).

Πιο λεπτομερώς, τα απόβλητα Α.Ε.Κ.Κ. άπτονται σε ένα διευρυμένο τομέα υλικών, αναλόγως της πηγής προέλευσης και δύνανται να διαιρεθούν στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. **Υλικά κατασκευαστικών έργων** (εργοταξιακά υλικά)
2. **Υλικά κατεδάφισης - ανακαίνισης** (ξύλο, αδρανή υλικά, σκυρόδεμα, τούβλα και άλλα οικοδομικά υλικά).
3. **Υλικά οδοποιίας** (ασφαλτούχα κράματα και αδρανή).
4. **Υλικά εκσκαφής** (χώμα, άμμος, χαλίκι, πέτρες κ.α.).

Ωστόσο, αυτές οι ροές απορριμμάτων δημιουργούνται με ποικίλες διαδικασίες και διαφορετικά χαρακτηριστικά, σε ότι αφορά στις ποσότητες, την δομή τους και τη δυνατότητα επεξεργασίας και ανάκτησης. Συνήθως τα οικοδομικά απόβλητα είναι λιγότερο αναμειγμένα, ξεκάθαρα διαχωρισμένα και η δυνατότητα ανάκτησής τους είναι μεγαλύτερη από τα απόβλητα κατεδάφισης.

Αναλυτικότερη κατηγοριοποίηση των Α.Ε.Κ.Κ. περιλαμβάνεται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ – Απόφαση 2001/118/ΕΚ), η οποία παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα και αποτελεί έναν πιο εποπτικό τρόπο διαχωρισμού αυτών.

Πίνακας 2.1: Απόβλητα από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις

17	Απόβλητα από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χώμα εκσκαφής από μολυσμένες τοποθεσίες)
17 01	Σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια και κεραμικά
17 01 01	Σκυρόδεμα
17 01 02	Τούβλα
17 01 03	πλακάκια και κεραμικά
17 01 06*	μείγματα ή επιμέρους συστατικά από σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια και κεραμικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 01 07	μείγμα σκυροδέματος, τούβλων, πλακακίων και κεραμικών εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 01 06
17 02	Ξύλο, γυαλί και πλαστικό
17 02 01	Ξύλο
17 02 02	Γυαλί
17 02 03	Πλαστικό
17 02 04*	γυαλί, πλαστικό και ξύλο που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες ή έχουν μολυνθεί από αυτές
17 03	Μείγματα ασφάλτου, και ορυκτής πίσσας, λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας
17 03 01*	μείγματα ορυκτής ασφάλτου που περιέχουν λιθανθρακόπισσα
17 03 02	μείγματα ορυκτής ασφάλτου που δεν υπάγονται στο σημείο 17 03 01
17 03 03*	λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας

17	Απόβλητα από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χόμα εκσκαφής από μολυσμένες τοποθεσίες)
17 04	Μέταλλα (περιλαμβάνονται και τα κράματά τους)
17 04 01	Χαλκός, Μπρούτζος, ορείχαλκος
17 04 02	Αλουμίνιο
17 04 03	Μόλυβδος
17 04 04	Ψευδάργυρος
17 04 05	Σίδηρος και χάλυβας
17 04 06	Κασσίτερος
17 04 07	Ανάμεικτα μέταλλα
17 04 09*	Απόβλητα μετάλλων ρυπασμένα από επικίνδυνες ουσίες
17 04 10*	Καλώδια που περιέχουν πετρέλαιο , λιθανθρακόπισσα και άλλε επικίνδυνες ουσίες
17 04 11	Καλώδια που δεν υπάγονται στην 17 04 10
17 05	Χώματα (περιλαμβανομένων χωμάτων εκσκαφής από μολυσμένες τοποθεσίες), πέτρες και μπάζα εκσκαφών
17 05 03*	χώματα και πέτρες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 05 04	χώματα και πέτρες άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 03
17 05 05*	μπάζα εκσκαφών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 05 06	μπάζα εκσκαφών άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 05
17 05 07*	έρμα σιδηροτροχιών που περιέχει επικίνδυνες ουσίες
17 05 08	έρμα σιδηροτροχιών εκτός εκείνου που περιλαμβάνεται στο σημείο 17 05 07
17 06	Μονωτικά υλικά και υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμίαντο
17 06 01*	Μονωτικά υλικά που περιέχουν αμίαντο
17 06 03*	Άλλα μονωτικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή τις περιέχουν
17 06 04	Μονωτικά υλικά που δεν αναφέρονται στις 17 06 01 και 17 06 03
17 06 05*	Υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμίαντο
17 08	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση το γύψο
17 08 01*	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση το γύψο μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες
17 08 02	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση το γύψο που δεν υπάγονται στη 17 08 01
17 09	Άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων
17 09 01*	Απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν υδράργυρο
17 09 02*	Απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν PCB (για παράδειγμα υλικά στεγανοποίησης που περιέχουν PCB, ηλεκτρικοί πυκνωτές που περιέχουν PCB ως μέσα πλήρωσης, προστατευτικές επικαλύψεις ξύλων και μετάλλων που περιέχουν PCB)
17 09 03*	Άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων (περιλαμβανομένων των αποβλήτων μικτών κατασκευών και κατεδαφίσεων) που περιέχουν επικίνδυνα υλικά
17 09 04	Μείγματα αποβλήτων δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που δεν αναφέρονται στις 17 09 01 - 17 09 02 και 17 09 03

Σημείωση: τα απόβλητα που διακρίνουν με αστερίσκο* δηλώνονται ως επισφαλής απόβλητα.

2.2 Ευρωπαϊκές οδηγίες / νομοθετήματα για την διαχείριση των απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)

2.2.1 Γενικά στοιχεία

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, παρατηρώντας το μέγεθος του προβλήματος που προκαλείται από τον κατασκευαστικό κλάδο, καθιέρωσε καινοτόμο πρωτόκολλο για την κατασκευή και την κατεδάφιση. Ο αρχικός προβληματισμός ξεκίνησε πριν τουλάχιστον πενήντα (50) χρόνια και ξεκίνησε να βρίσκει εφαρμογή με την οδηγία 75/442/ΕΟΚ (25/07/1975).

Με την βοήθεια ανεπηρέαστης διερεύνησης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καθιερώνει «μη δεσμευτικές» πολιτικές για τον κατασκευαστικό κλάδο. Το δημιουργηθέν «μη δεσμευτικό»¹ Πρωτόκολλο εισέρχεται στη Στρατηγική Κατασκευών 2020, καθώς και στην Ανακοίνωση σχετικά με τις Ευκαιρίες Εξοικονόμησης Πόρων στον Οικοδομικό Τομέα. Αποτελεί επιπροσθέτως τμήμα για την κυκλική οικονομία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Κύριος σκοπός είναι η αύξηση της εμπιστοσύνης στον τρόπο διαχείρισης των Α.Ε.Κ.Κ., αλλά και στην ποιότητα αυτών μετά την διαδικασία ανακύκλωσης. Οι στόχοι αυτοί είναι (EU Construction and Demolition Waste Protocol and Guidelines, 2018):

- Πλήρης εξακρίβωση του είδους των αποβλήτων, διαχωρισμός τους και συλλογή τους,
- Αναβαθμισμένη επιμελητεία αποβλήτων,
- Αναβαθμισμένη επεξεργασία απορριμμάτων
- Διαχείρισης της ποιότητας των αποβλήτων
- Κατάλληλες συνθήκες πολιτικών και δομών

Αυτό το Πρωτόκολλο αναπτύχθηκε για εφαρμογή σε όλες τις χώρες της ΕΕ και έχει τις ακόλουθες ομάδες-στόχους ενδιαφερομένων:

- Επαγγελματίες του κλάδου - κατασκευαστικός τομέας, κατασκευαστές προϊόντων δομικών κατασκευών, επεξεργασία απορριμμάτων, μεταφορών και logistics καθώς και εταιρείες ανακύκλωσης
- Κρατικές αρχές σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και ενωσιακό επίπεδο

¹ Ένα μη δεσμευτικό πρωτόκολλο είναι ένα έγγραφο που συμπληρώνει ή προσθέτει σε έναν υφιστάμενο συμφωνηθέντα πρωτόκολλα ή συνθήκες, αλλά δεν δημιουργεί νέες νομικά δεσμευτικές υποχρεώσεις για τις ενδιαφερόμενες πλευρές. Συνήθως, τα μη δεσμευτικά πρωτόκολλα παρέχουν πρόσθετες οδηγίες, κατευθυντήριες γραμμές, συστάσεις ή πληροφορίες που βοηθούν στην εφαρμογή ή την ερμηνεία ενός υφιστάμενου συμφωνηθέντος.

- Φορείς πιστοποίησης ποιότητας κτιρίων και υποδομών
- Πελάτες ανακυκλωμένων υλικών CDW

2.2.2 Ανασκόπηση Ευρωπαϊκών οδηγιών

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται συνολικά οι Ευρωπαϊκές οδηγίες για τον τρόπο χρήσης και επεξεργασίας των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.) από το 1975 έως σήμερα.

Πίνακας 2.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός	Τίτλος οδηγίας	Ημερομηνία τροποποίησης
1	25/7/1975	75/442/ΕΟΚ	Στερεά Απόβλητα	Τροποποιήθηκε με την 91/156/ΕΟΚ (2). Έναρξη προβληματισμού για κατηγοριοποίηση και διαχείριση αποβλήτων πριν σχεδόν 50 χρόνια (1975) στην Ευρώπη.
2	26/3/1991	91/156/ΕΟΚ	Τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων	
3	26/3/1991	91/157/ΕΟΚ	Ηλεκτρικές στήλες και συσσωρευτές που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες	
4	31/12/1991	91/689/ΕΟΚ	Επικίνδυνα απόβλητα	
5	7/1/1994	94/3/ΕΚ	Θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των στερεών αποβλήτων	Αντικατάσταση με 2000/532/ΕΚ (10)
6	31/12/1994	94/62/ΕΚ	Συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας	Τροποποιήθηκε με 2015/720/ΕΕ (25) & 2018/852/ΕΕ (27)
7	31/12/1994	94/904/ΕΚ	Κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ για τα επικίνδυνα απόβλητα	Σε συνέχεια της οδηγίας (4)
8	10/10/1996	96/61/ΕΚ	Ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης	
9	16/7/1999	1999/31/ΕΚ	Υγειονομική ταφή αποβλήτων	

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός	Τίτλος οδηγίας	Ημερομηνία τροποποίησης
10	6/9/2000	2000/532/EK	Αντικατάσταση της απόφασης 94/3/EK για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της απόφασης 94/904/EK του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα	Τροποποιήθηκε με 2001/118/EK (12) & 2001/573/EK (13).
11	21/10/2000	2000/53/EK	Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους	
12	16/2/2001	2001/118/EK	Τροποποίηση της Απόφασης 2000/532/EK όσον αφορά τον κατάλογο αποβλήτων	
13	28/7/2001	2001/573/EK	Τροποποίηση της Απόφασης 2000/532/EK όσον αφορά τον κατάλογο αποβλήτων	
14	13/2/2003	2002/96/EK	Απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)	Αναδιατυπώθηκε με 2012/19/ΕΕ (23)
15	30/4/2004	2004/35/EK	Περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας	Τροποποιήθηκε με 2006/21/EK (16)
16	11/4/2006	2006/21/EK	Διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/EK	
17	27/4/2006	2006/12/EK	Στερεά απόβλητα	
18	12/7/2006	1013/2006	Κανονισμός -Μεταφορές αποβλήτων	
19	26/9/2006	2006/66/EK	Ηλεκτρικές στήλες και συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και κατάργηση της οδηγίας 91/157/ΕΟΚ	
20	22/11/2008	2008/98/EK	Απόβλητα και κατάργηση ορισμένων οδηγιών	Τροποποιήθηκε με 2018/851/ΕΕ (26)
21	6/12/2008	2008/99/EK	Προστασία του περιβάλλοντος μέσω του ποινικού δικαίου	

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός	Τίτλος οδηγίας	Ημερομηνία τροποποίησης
22	25/11/2011	2011/753/ΕΕ	Θέσπιση κανόνων και μεθόδων υπολογισμού για τον έλεγχο της συμμόρφωσης προς τους στόχους του άρθρου 11 παράγραφος 2 της οδηγίας 2008/98/ΕΚ	
23	24/7/2012	2012/19/ΕΕ	Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)	
24	30/12/2014	2014/955/ΕΕ	Τροποποίηση της απόφασης 2000/532/ΕΚ όσον αφορά τον κατάλογο των αποβλήτων σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ	
25	6/5/2015	2015/720/ΕΕ	Τροποποίηση της οδηγίας 94/62/ΕΚ με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης λεπτών πλαστικών σακουλών μεταφοράς	
26	14/6/2018	2018/851/ΕΕ	Τροποποίηση της οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα	
27	14/6/2018	2018/852/ΕΕ	Τροποποίηση της οδηγίας 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας	

Από τις παραπάνω αξίζει να γίνει περαιτέρω ανάλυση αυτών που «έπαιξαν» κύριο ρόλο στην αλλαγή του τρόπου σκέψης και αντιμετώπισης των απορριμμάτων:

- Με την οδηγία του 1975 «75/442/ΕΟΚ» για τα «Στερεά Απόβλητα» ορίζονται βασικές έννοιες όπως το «στερεό απόβλητο» και η «διάθεση» και ξεκινούν οι κανονισμοί για την διάθεση των στερεών αποβλήτων πλην των ραδιενεργών.
- Με την οδηγία «1999/31/ΕΚ» «Υγειονομική ταφή αποβλήτων» καλείται η Ευρωπαϊκή Επιτροπή να προτείνει κριτήρια και πρότυπα όσον αφορά τη διάθεση των αποβλήτων μέσω υγειονομικής ταφής.
- Με την οδηγία «2000/532/ΕΚ» «Αντικατάσταση της απόφασης 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της απόφασης 94/904/ΕΚ του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα» πραγματοποιείται ταξινόμηση των αποβλήτων ανάλογα με την πηγή προέλευσης τους, τον τύπο τους και τις ιδιότητες που εκδηλώνουν, με έναν 6ψήφιο κωδικό. Τα Α.Ε.Κ.Κ. ταξινομούνται στο κεφάλαιο 17 απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χόμα εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες).
- Η οδηγία «2004/35/ΕΚ» «Περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας», αναφέρει ότι παρατηρήθηκε δραματική μείωση της βιοποικιλότητας και αντίστοιχη αύξηση των ρυπογόνων περιοχών. Συνεπώς προάγει το τίμημα ευθύνης του ρυπαίνων και εισάγεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», κατά την οποία το κόστος των μέτρων πρόληψης, η αποκατάσταση της ρύπανσης και το κόστος που συνεπάγεται για την κοινωνία, πρέπει να βαρύνει τους ρυπαίνοντες.
- Η οδηγία «2006/21/ΕΚ» «Διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ» επικεντρώνεται στη διαχείριση των αποβλήτων που προέρχονται από λατομεία και γενικώς την εξορυκτική βιομηχανία και τροποποιεί μερικώς την προαναφερόμενη κύρια οδηγία «2004/35/ΕΚ».
- Με την οδηγία «2008/98/ΕΚ» «Απόβλητα και κατάργηση ορισμένων οδηγιών» θέσπισε ένα νέο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων γενικά. Περιλαμβάνει απαιτήσεις για την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την ανακύκλωση, την

αξιοποίηση και τη διάθεση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις.

- Η οδηγία «2011/753/ΕΕ» «Θέσπιση κανόνων και μεθόδων υπολογισμού για τον έλεγχο της συμμόρφωσης προς τους στόχους του άρθρου 11 παράγραφος 2 της οδηγίας 2008/98/ΕΚ» είναι δεσμευτική προς τα κράτη – μέλη της Επιτροπής της Ε.Ε., σχετικά με τη μέθοδο υπολογισμό του στόχου για τη διαχείριση των αποβλήτων και για την υποχρέωση υποβολής εκθέσεων προόδου. Περιλαμβάνεται η μέθοδος υπολογισμού του στόχου για τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες συναφείς οδηγίες και κανονισμοί που επηρεάζουν τη διαχείριση των αποβλήτων σε αυτόν τον τομέα. Περισσότερες λεπτομέρειες και ενημερωμένες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στα επίσημα κείμενα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.3 Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση μη επικίνδυνων απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)

Σε βασικές γραμμές η Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση των απορριμμάτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) προσαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται η εξέλιξη των νομοθετικών διαρθρώσεων της Ελλάδας, σχετικά με την διαχείριση των μη επικίνδυνων Α.Ε.Κ.Κ., δείχνοντας την προσπάθεια στροφής προς μια κυκλική οικονομία και υιοθετώντας μια πιο βιώσιμη ανάπτυξη.

Πίνακας 2.3 Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση μη επικινδύνων Α.Ε.Κ.Κ.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
1	6/8/2001	N.2939/2001	ΦΕΚ 179/Α/2001	Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις.	Τροποποιήθηκε με τους Ν.3854/10, Ν.4042/12, Ν.4496/17 και Ν.4819/21. Καταργήθηκε όλος ο Νόμος πλην του άρθρου 26, με τον Ν.4819/2021.
2	22/12/2003	ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727	ΦΕΚ 1909/Β/2003	Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.	Τροποποιήθηκε με τον Ν.4042/12
3	31/7/2008	ΠΔ 99/2008	ΦΕΚ 154/Α/2008	Συγκρότηση, διάρθρωση και λειτουργία του “Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων” (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και Κανονισμός Οικονομικής Διαχείρισης και Προμηθειών του Οργανισμού.	Τροποποιήθηκε με τους Ν.3854/10, Ν.4042/12 και Ν.4496/17
4	28/4/2009	ΥΑ 116570/2009	ΦΕΚ 769/Β/2009	Κανονισμός για τη διαδικασία ανανέωσης των εγκρίσεων συστημάτων ατομικής ή συλλογικής εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών και άλλων προϊόντων.	Τροποποιήθηκε με τον Ν.4819/21. ΚΑΤΑΡΓΗΘΗΚΕ με τον Ν.4819/2021.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
5	23/6/2010	N.3854/2010	ΦΕΚ 94/Α/2010	Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις.	Τροποποιήθηκε με τον Ν.4042/12
6	24/8/2010	ΚΥΑ 36259/1757/Ε103	ΦΕΚ 1312/Β/2010	Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.)	
7	8/7/2011	ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ 129043/4345	ΑΔΑ 4ΑΣΨ0-ΚΘΣ	Εφαρμογή νομοθεσίας για τη διαχείριση μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων	
8	25/11/2011	N.4030/2011	ΦΕΚ 249/Α/2011	Νέος τρόπος έκδοσης αδειών δόμησης, ελέγχου κατασκευών και λοιπές διατάξεις	Τροποποιήθηκε με τους Ν.4042/12, Ν. 4280/14, Ν.4685/20 και Ν.4710/20
9	13/2/2012	N.4042/2012	ΦΕΚ 24/Α/2012	Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής	Τροποποιήθηκε με τους Ν.4071/12, Ν.4257/14, Ν.4316/14, Ν.4342/15, Ν.4389/16, Ν.4447/16, ΚΥΑ 181627/1185/16, Ν.4609/19 και Καταργήθηκε η Ενότητα Β, πλην των άρθρων 48 & 58, με τον Ν.4819/2021.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
10	9/4/2012	N.4067/2012	ΦΕΚ 79/Α/2012	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός	Διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ. σε εργασίες στους ακάλυπτους χώρους και στις περιφράξεις (άρθρο 17).
11	11/4/2012	N.4071/2012	ΦΕΚ 85/Α/2012	Ρυθμίσεις για την τοπική ανάπτυξη, την αυτοδιοίκηση και την αποκεντρωμένη διοίκηση Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/50/ΕΚ	Τροποποίησε μερικώς το άρθρο 45, του Ν.4042/2012
12	25/1/2013	ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ 4834	ΑΔΑ ΒΕΙΨ0-Ξ90	Διαχείριση περίσσειας υλικών εκσκαφών που προέρχονται από δημόσια έργα - Διευκρινίσεις επί των απαιτήσεων της ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1312 Β)	
13	14/4/2014	N.4257/2014	ΦΕΚ 93/Α/2014	Επείγουσες ρυθμίσεις αρμοδιότητας Υπουργείου Εσωτερικών	Τροποποίησε μερικώς το άρθρο 43, του Ν.4042/2012
14	8/8/2014	N.4280/2014	ΦΕΚ 159/Α/2014	Περιβαλλοντική αναβάθμιση και ιδιωτική πολεοδόμηση – Βιώσιμη ανάπτυξη οικισμών Ρυθμίσεις δασικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις	Τροποποίησε μερικώς το άρθρο 40, του Ν.4030/2011
15	24/12/2014	N.4316/2014	ΦΕΚ 270/Α/2014	Ίδρυση παρατηρητηρίου άνοιας, βελτίωση περιγεννητικής φροντίδας, ρυθμίσεις θεμάτων αρμοδιότητας Υπουργείου Υγείας και άλλες διατάξεις	Αντικατέστησε την παρ. 5, του άρθρου 57, του Ν.4042/2012

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
16	9/11/2015	N.4342/2015	ΦΕΚ 143/Α/2015	<p>Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012 «Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ», όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2013/12/ΕΕ του Συμβουλίου της 13ης Μαΐου 2013 «Για την προσαρμογή της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, λόγω της προσχώρησης της Δημοκρατίας της Κροατίας» και άλλες διατάξεις</p>	<p>Τροποποίησε μερικώς το άρθρο 35, του Ν.4042/2012</p>

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
17	15/12/2015	ΠΥΣ 49	ΦΕΚ 174/Α/2015	Τροποποίηση και έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Ε.Σ.Δ.Α.) και του Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων που κυρώθηκαν με την 51373/4684/25-11-2015 κοινή απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης και Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σύμφωνα με το άρθρο 31 του Ν.4342/2015	Περιέχει σχέδια διαχείρισης αποβλήτων.
18	27/5/2016	Ν.4389/2016	ΦΕΚ 94/Α/2016	Επείγουσες διατάξεις για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων και άλλες διατάξεις	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕ μερικώς τα άρθρα 38, 42, 57 και 58 του Ν.4042/2012 και ρυθμίζει τις καταχωρήσεις στο Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων (Η.Μ.Α.).
19	9/8/2016	ΥΑ 181504	ΦΕΚ 2454/Β/2016	Κατάρτιση, περιεχόμενο και σύστημα διαχείρισης του Εθνικού Μητρώου Παραγωγών (Ε.Μ.ΠΑ.) - Καθορισμός διαδικασίας εγγραφής των παραγωγών, στο πλαίσιο της εναλλακτικής διαχείρισης των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, σύμφωνα με τα άρθρα 7 και 17 του Ν. 2939/2001 (Α 179),όπως ισχύουν	Υποχρέωση εγγραφής στο Εθνικό Μητρώο Παραγωγών (Ε.Μ.ΠΑ.) και υποχρέωση για χρήση συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
20	10/8/2016	ΥΑ 37674	ΦΕΚ 2471/Β/2016	Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 - Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.9.2011 (ΦΕΚ 209/Α/2011) όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει	Κατάταξη των Α.Ε.Κ.Κ. σε κατηγορίες σύμφωνα με την παρ. 4, του αρθ. 1 του Ν.4014/11.
21	12/8/2016	ΚΥΑ 181627/1185	ΦΕΚ 2494/Β/2016	Τροποποίηση του Παραρτήματος ΙΙ της Ενότητας Β' του άρθρου 60 του Ν.4042/2012 (Α'24), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2015/1127/ΕΕ «για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙΙ της οδηγίας 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 10ης Ιουλίου 2015 και άλλες συναφείς διατάξεις ».	Τροποποίησε μερικώς το άρθρο 60 του Ν.4042/2012.
22	19/9/2016	ΚΥΑ 43942/4026	ΦΕΚ 2992/Β/2016	Οργάνωση και λειτουργία Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (ΗΜΑ), σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 42 του Ν.4042/2012 (Α' 24), όπως ισχύει	Τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 1/1/2017.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
23	23/12/2016	N.4447/2016	ΦΕΚ 241/Α/2016	Χωρικός σχεδιασμός - Βιώσιμη ανάπτυξη και άλλες διατάξεις	Τροποποίησε μερικώς τα άρθρα 11, 38 και 43 του Ν.4042/2012, προσθέτει νέο άρθρο (44Α) και οι έννοιες του Πράσινου Σημείου - Κέντρου Ανακύκλωσης, Εκπαίδευσης, Διαλογής Στην Πηγή (ΚΑΕΔΙΣΠ), κ.α..
24	4/1/2017	ΚΥΑ 1/1	ΦΕΚ 1/Β/2017	Τροποποίηση της κοινής υπουργικής απόφασης 43942/4026/2016 - Οργάνωση και λειτουργία Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (ΗΜΑ), σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 42 του ν. 4042/2012 (Α' 24), όπως ισχύει	Τροποποίησε μερικώς την ΚΥΑ 43942/4026/2016, ως προς τους χρόνους εγγραφής και καταχώρησης στο ΗΜΑ.
25	19/6/2017	ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ 11	ΑΔΑ 7ΚΗΣ465ΧΘΞ- ΓΓΩ	Δημοσίευση Κανονισμού Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων	Μεταξύ άλλων ρυθμίζει θέματα σχετικά με το κόστος διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. στις δημόσιες συμβάσεις έργων.
26	8/11/2017	N.4496/2017	ΦΕΚ 170/Α/2017	Τροποποίηση του ν. 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, προσαρμογή στην Οδηγία 2015/720/ΕΕ, ρύθμιση θεμάτων του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης και άλλες διατάξεις	Τροποποίησε τον Ν.2939/01 και το Π.Δ. 99/08.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
27	17/1/2018	N.4512/2018	ΦΕΚ 5/Α/2018	Ρυθμίσεις για την εφαρμογή των Διαρθρωτικών Μεταρρυθμίσεων του Προγράμματος Οικονομικής Προσαρμογής και άλλες διατάξεις	Στα άρθρα 43 και 46 συσχετίζει τα λατομεία με τα Α.Ε.Κ.Κ..
28	14/2/2019	ΚΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/11936/836	ΦΕΚ 436/Β/2019	Καθορισμός διαδικασίας και δικαιολογητικών για την εγκατάσταση και τη λειτουργία έργων και δραστηριοτήτων «Συστημάτων Περιβαλλοντικών Υποδομών»	Αφορά Χωροθέτηση Έργων και Δραστηριοτήτων της 4ης Ομάδας, στην οποία συμπεριλαμβάνονται τα Α.Ε.Κ.Κ..
29	3/5/2019	N.4609/2019	ΦΕΚ 67/Α/2019	Ρυθμίσεις Μέριμνας Προσωπικού Ενόπλων Δυνάμεων, Στρατολογίας, Στρατιωτικής Δικαιοσύνης και άλλες διατάξεις	Αντικατέστησε το άρθρο 43, του Ν.4042/2012.
30	7/5/2020	N.4685/2020	ΦΕΚ 92/Α/2020	Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις	Αντικατέστησε το άρθρο 40, του Ν.4030/2011 και Τροποποίησε άρθρα του Ν.4595/2017, εισάγοντας την υποχρέωση προσκόμισης δικαιολογητικών Α.Ε.Κ.Κ. στα ιδιωτικά έργα, κατά την διαδικασία έγκρισης εκτέλεσης εργασιών ή έκδοσης οικοδομικής άδειας ή άδειας κατεδάφισης. ΚΑΤΑΡΓΗΘΗΚΕ το άρθρο 90 με τον Ν.4819/2021.

α/α	Ημερομηνία έκδοσης	Αριθμός Νομοθετήματος	Αναγνωριστικό Νομοθετήματος	Τίτλος Νομοθετήματος	Παρατηρήσεις
31	23/7/2020	N.4710/2020	ΦΕΚ 142/A/2020	Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις	Αντικατέστησε τις παρ. 1 έως 3, του άρθ. 40, του ν. 4030/2011.
32	8/2/2021	ΚΥΑ 14900	ΦΕΚ 466/B/2021	Έγκριση σχεδίου Δράσης για τις Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις	
33	23/7/2021	N.4819/2021	ΦΕΚ 129/A/2021	Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων - Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ περί συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασιών, πλαίσιο οργάνωσης του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης, διατάξεις για τα πλαστικά προϊόντα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, χωροταξικές - πολεοδομικές, ενεργειακές και συναφείς επείγουσες ρυθμίσεις	Κατήργησε τον Ν.2939/2001 (πλην του άρθρου 26), την ΥΑ 116570/2009, την Ενότητα Β (πλην των άρθρων 48 & 58) του Ν.4042/2012 και το άρθρο 90 του Ν.4685/2020.
34	3/5/2022	ΠΥΣ 12/29-4-22	ΦΕΚ 84/A/2022	Έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης – Οδικού Χάρτη Κυκλικής Οικονομίας	

Διαχειριστές Α.Ε.Κ.Κ. θεωρούνται οι ανάδοχοι δημοσίων ή ιδιωτικών έργων (κατασκευαστές, εργολάβοι τεχνικών και οικοδομικών έργων, οργανισμοί ενοικίασης εξοπλισμού και πάροχοι υπηρεσιών μεταβατικής αποθήκευσης, συλλογής και μεταφοράς Α.Ε.Κ.Κ.) ή ο ιδιοκτήτης του έργου εάν το έργο δεν έχει ανατεθεί σε εργολάβο.

Η ΚΥΑ με αριθμ. Η.Π. 50910/2727 (ΦΕΚ 1909/Β/2003) έχει ως στόχο την πλήρη τήρηση των διατάξεων της Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου 18/3/1991. Επιπρόσθετα θέτει τις συνθήκες αδειοδότησης για τη συγκέντρωση και μετακίνηση στερεών αποβλήτων και το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΒ περιλαμβάνει τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων - ΕΚΑ (Απόφαση 2001/118/ΕΚ).

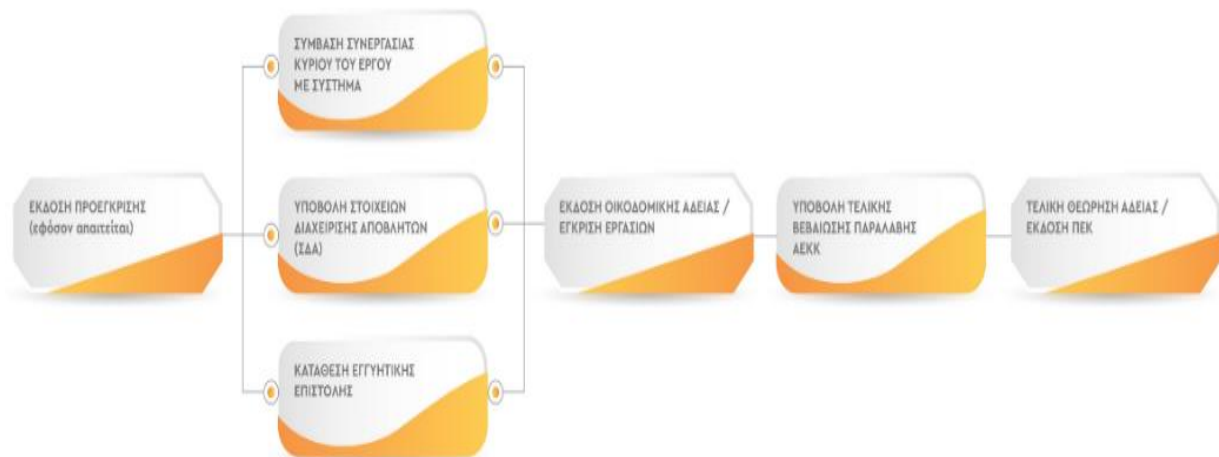
Η ΚΥΑ με αριθμ. 36259/1757/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1312/Β/24-08-2010) αποτελεί βασικό νομοθετικό πλαίσιο για τα Α.Ε.Κ.Κ.. Σημαντικό αποτελεί η εισαγωγή υποχρεώσεων για τους διαχειριστές Α.Ε.Κ.Κ., είτε για τα ιδιωτικά έργα, είτε για τα δημόσια. Για τα ιδιωτικά έργα εκτός των Στοιχείων Διαχείρισης Αποβλήτων, οφείλουν να προσκομίζουν, στις αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες, εγγυητικές επιστολές επί του τελικού προϋπολογισμού του έργου και αναλόγως του είδους αυτού (0,2 % - έργα εκσκαφών / 0,5 % - έργα εκσκαφών και κατεδαφίσεων). Για τα δημόσια έργα, η διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ. ορίζεται είτε από την εγκεκριμένη Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Α.Ε.Π.Ο.) του έργου, είτε στη σύμβαση ανάθεσης του έργου. Επιπροσθέτως, στο τέλος του έργου οφείλεται να προσκομίζεται στις αρμόδιες Υπηρεσίες βεβαίωση παραλαβής αποβλήτων από Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης (Σ.Ε.Δ.).

Παρακάτω παρατίθενται εικόνες με τον διαγραμματικό σχηματισμό των βημάτων που υποχρεούνται να ακολουθούνται στα ιδιωτικά και δημόσια έργα. Επιπρόσθετα παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας με τις προκοστολογήσεις της διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. για έργα της Περιφέρειας Θεσσαλίας.



Εικόνα 2.2: Υποχρεώσεις Διαχειριστών Α.Ε.Κ.Κ. σε Δημόσια έργα και έργα Κοινής Ωφέλειας

Πηγή: (Υποχρεώσεις Διαχειριστών ΑΕΚΚ)



Εικόνα 2.3: Υποχρεώσεις Διαχειριστών Α.Ε.Κ.Κ. σε Ιδιωτικά οικοδομικά έργα

Πηγή: (Υποχρεώσεις Διαχειριστών ΑΕΚΚ)

Πίνακας 2.4: Προκοστολόγηση Α.Ε.Κ.Κ. σε Δημόσια Έργα της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Κωδικός ΟΠΣ	Τίτλος Έργου	Συνολικός Προϋπολογισμός	Προϋπολογισμός ΑΕΚΚ
5041481	Βελτίωση Ε.Ο. 30: κατασκευή οδικού τμήματος από δέλτα Καρδίτσας έως είσοδο Καρδίτσας	32.350.000,00 €	84.745,76 €
5048309	Ε.Ο. Τρικάλων – Άρτας: κατασκευή οδικού τμήματος από περιφερειακή Τρικάλων έως γέφυρα Καραβοπόρου	22.240.000,00 €	80.000,00 €
5063732	Παράκαμψη πόλεως Καρδίτσας: κατασκευή τμήματος από έξοδο προς Αγιοπηγή έως έξοδο προς Μητρόπολη	7.000.000,00 €	85.000,00 €
5065965	Επ.Ο. Λάρισας – Καρδίτσας: κατασκευή οδικού τμήματος από 1/κ Μεσοράχης έως Ι/Κ Ελευθέρων	8.500.000,00 €	50.000,00 €
5167061	Ε.Ο. Λάρισας – Τρικάλων: κατασκευή οδικού τμήματος από Ι/Κ Τερψιθέας έως Α/Κ Ραχούλας	23.450.000,00 €	90.000,00 €
Σύνολο		93.540.000,00 €	389.745,76 €

Επιπλέον με το άρθρο 12 της παραπάνω ΚΥΑ τίθενται ποσοτικές επιδιώξεις για την καλύτερη διαχείριση των απορριμμάτων οικοδομής και κατεδάφισης (αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις / ΑΚΚ), οι οποίοι επικαιροποιούνται και ενισχύονται με το άρθρο 27, του Ν. 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13-02-2012). Έτσι δημιουργούνται στόχοι για την καλύτερη προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση υλικών από μη επικίνδυνα απορρίμματα κατασκευών και κατεδαφίσεων, εξαιρουμένων των υλικών που βρίσκονται στη φύση υπό τον κωδικό 17. 05 04 (χώματα και πέτρες που δεν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες) του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (European Waste Catalogue / EWC) (ΕΚΑ δηλαδή ΑΚΚ), ως εξής (Your Europe/ΑΕΚΚ, 2022):

- έως την 1^η Ιανουαρίου 2012, τα ανακτηθέντα ΑΚΚ πρέπει να ανέρχονται στο 30% του συνολικού βάρους των ΑΚΚ που παράγονται στη χώρα.
- έως την 1^η Ιανουαρίου 2015, τα ανακτημένα ΑΚΚ πρέπει να ανέρχονται στο 50% του συνολικού βάρους των ΑΚΚ που παράγονται στη χώρα.
- έως το 2020, τα ανακτημένα ΑΚΚ πρέπει να ανέρχονται στο 70% του συνολικού βάρους του ΑΚΚ που παράγεται στη χώρα.

Ποσοτικοί στόχοι έχουν τεθεί και με το Σχέδιο Δράσης για τις Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις (ΚΥΑ Αριθμ. 14900/08-02-2021, ΦΕΚ 466/Β/2021), καθώς και στο πρόσφατα

εγκεκριμένο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία-Οδικός Χάρτης (ΠΥΣ 12/29-4-22, ΦΕΚ 84/A/2022) , σύμφωνα με τα οποία παραμένει ο στόχος ανάκτησης ΑΚΚ στο 70% και, επιπλέον, τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για τα δημόσια έργα και τα δημόσια κτήρια, θα πρέπει να προέρχονται, σε ένα μικρό αρχικά ποσοστό (15%), από τα ανακτώμενα αδρανή υλικά.

2.4 Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.ΤΕ.Π.)

Οι Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.ΤΕ.Π.) είναι τυποποιητικά έγγραφα που περιγράφουν τις μεθόδους κατασκευής και ποιοτικού ελέγχου καθορισμένων εργασιών ποικίλων κατηγοριών τεχνικών έργων. Τα δημόσια έργα πάντα βασίζονται στις Προδιαγραφές αυτές τόσο κατά την προετοιμασία δημοπράτησης, όσο και για την κατασκευή και την σύσταση Προγράμματος Ποιότητας.

Συνεπώς μπορούμε να αντιληφθούμε την αναγκαιότητα έγκρισης Ε.ΤΕ.Π., οι οποίες να συμπεριλαμβάνουν Προδιαγραφές ιδιοτήτων, ελέγχων και τυχόν περιορισμών ανακυκλωμένων και επαναχρησιμοποιούμενων υλικών.

Αναφορά για αδρανή υλικά από ανακύκλωση αρχικά είχαμε στις ΠΕΤΕΠ (ενδεικτικά ΠΕΤΕΠ 05-03-11-04). Πλέον μπορούμε να στραφούμε στις εγκεκριμένες ΕΤΕΠ (ΦΕΚ 4607/B/13-12-19 & ΦΕΚ 6366/B/15-12-22) με τις οποίες προσδιορίζονται στοιχεία για την ποιότητα και τον έλεγχο αυτών. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται κάποιες από αυτές.

Πίνακας 2.5: Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.Τ.Ε.Π.)

Αριθμός ΕΤΕΠ	Τίτλος ΕΤΕΠ	Παράγραφος αναφοράς	Προϋποθέσεις χρήσης ανακυκλωμένων / επαναχρησιμοποιούμενων υλικών
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01- 01-01-00	Παραγωγή και μεταφορά εργοταξιακού σκυροδέματος	5 Σύνθεση σκυροδέματος	Σε περίπτωση χρήσης ανακυκλωμένων αδρανών σύμφωνα με τα οριζόμενα στον ΕΛΟΤ EN 206, η μελέτη σύνθεσης θα εξετάζει και την επίδραση των ανακυκλωμένων αδρανών στην μακροχρόνια ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Η μελέτη αυτή θα περιλαμβάνει αποτελέσματα μακροχρόνιας έκθεσης τουλάχιστον ενός έτους. Η χρήση ανακυκλωμένων αδρανών επιτρέπεται μόνον εφόσον αυτά ικανοποιούν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 206 και εφόσον η ανθεκτικότητα των μειγμάτων στα οποία προστίθενται αποδεικνύεται ότι είναι τουλάχιστον ίση με την ανθεκτικότητα των συμβατικών σκυροδεμάτων που πληρούν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 206 για το συγκεκριμένο περιβάλλον έκθεσης. Στην περίπτωση χρήσης ανακυκλωμένων αδρανών ο επιβλέπων μηχανικός ή η υπηρεσία επίβλεψης θα πρέπει να διασφαλίζει ότι τα αδρανή που μεταφέρονται στο εργοτάξιο είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μελέτη σύνθεσης.
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-02- 07-01-00	Κατασκευή επιχωμάτων με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών ή δανειοθαλάμων	4 Απαιτήσεις / 4.1 Προμήθεια και μεταφορά κατάλληλων υλικών για κατασκευή επιχωμάτων	Μίγματα θραυστών υλικών λατομείου, ορυχείου, ή μετά από έγκριση της Υπηρεσίας, προϊόντα ανακύκλωσης σκυροδέματος μπορεί να χρησιμοποιούνται, εφόσον είναι σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13285.
		5 Μεθοδολογία εκτέλεσης εργασιών / 5.1 Κατασκευή γαιωδών και βραχωδών επιχωμάτων / 5.1.1 Προετοιμασία της επιφάνειας έδρασης γαιωδών επιχωμάτων	Σε κατασκευές επιχωμάτων υπερύψωσης παλαιών υφιστάμενων οδών, όταν η διαφορά στάθμης μεταξύ των επιφανειών κύλισης παλαιάς και νέας οδού είναι μικρότερη από το συνολικό πάχος του προτεινομένου οδοστρώματος, (συμπεριλαμβανομένης και της τυχόν Στρώσης Στράγγισης Οδοστρώματος Σ.Σ.Ο.), τότε η τυχούσα υπάρχουσα παλαιά ασφαλτική στρώση θα ανακυκλώνεται (φρεζάρισμα, απομάκρυνση, ενσωμάτωση ή επαναχρησιμοποίηση του υλικού), σύμφωνα με τους όρους της εκάστοτε σύμβασης.

Αριθμός ΕΤΕΠ	Τίτλος ΕΤΕΠ	Παράγραφος αναφοράς	Προϋποθέσεις χρήσης ανακυκλωμένων / επαναχρησιμοποιούμενων υλικών
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05- 03-01-00	Στρώση έδρασης οδοστρώματος από ασύνδετα υλικά	3 Όροι και ορισμοί / 3.3 Θραυστά υλικά	Ως θραυστά υλικά ορίζονται τα προϊόντα προέλευσης λατομείου, ορυχείου, ή ανακύκλωσης σκυροδέματος.
		4 Απαιτήσεις	Τα ανακυκλωμένα αδρανή από καθαίρεση σκυροδέματος πρέπει να συνοδεύονται με τεκμηρίωση που βεβαιώνει την προέλευσή τους, την καταλληλότητα των ιδιοτήτων τους για την προτεινόμενη χρήση, ότι έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία και ότι δεν περιέχουν άλλες μολυσματικές ουσίες.
		4 Απαιτήσεις / 4.2 Θραυστά υλικά	Μίγματα θραυστών υλικών λατομείου, ορυχείου, ή μετά από έγκριση της Υπηρεσίας, προϊόντα ανακύκλωσης σκυροδέματος μπορεί να χρησιμοποιούνται, εφόσον συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 13285.
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05- 03-03-00	Στρώσεις οδοστρώματος από ασύνδετα αδρανή υλικά	1 Αντικείμενο	Η παρούσα αφορά στην κατασκευή στρώσεων (οδοστρωσίας) από ασύνδετα αδρανή υλικά (επιτρέπεται η χρήση και προϊόντων ανακύκλωσης σκυροδέματος), οι οποίες χρησιμοποιούνται ως βάσεις και υποβάσεις σε οδόστρωμα οδών, χώρων στάθμευσης, αεροδρομίων κλπ.
		3 Όροι και ορισμοί / 3.3 Αδρανή υλικά	Ως αδρανή υλικά θεωρούνται τα κοκκώδη υλικά, που προκύπτουν από την ολική ή μερική θραύση προϊόντων λατομείου, φυσικών χαλικιών (ορυχείου, κοίτης ποταμών), ή ανακύκλωσης σκυροδέματος, καθώς και τεχνητών υλικών ορυκτής προέλευσης, παραγωγών θερμικής ή άλλης βιομηχανικής επεξεργασίας, π.χ. σκωρίες μεταλλουργίας.
		4 Απαιτήσεις / 4.1 Γενικά	Τα χρησιμοποιημένα αδρανή υλικά φυσικά, ή τεχνητά, είτε προερχόμενα από ανακύκλωση, πρέπει να έχουν ιδιότητες σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13242.
		4 Απαιτήσεις / 4.1 Γενικά	Τα ανακυκλωμένα αδρανή από καθαίρεση σκυροδέματος πρέπει να συνοδεύονται με τεκμηρίωση που βεβαιώνει την προέλευσή τους, την καταλληλότητα των ιδιοτήτων τους για την προτεινόμενη χρήση, ότι έχουν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία και ότι δεν περιέχουν άλλες μολυσματικές ουσίες.

Αριθμός ΕΤΕΠ	Τίτλος ΕΤΕΠ	Παράγραφος αναφοράς	Προϋποθέσεις χρήσης ανακυκλωμένων / επαναχρησιμοποιούμενων υλικών
		4 Απαιτήσεις / 4.1 Γενικά / 4.1.1 Χαρακτηριστικά αδρανών	Αποκλειστικά σε οδούς που εξυπηρετούν τις κατηγορίες κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων Τ2 έως Τ4, μπορεί να χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα κοκκώδη υλικά, ανακυκλωμένα αδρανή από απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων (δηλαδή αδρανή που προκύπτουν από την επεξεργασία ανόργανων υλικών τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως σε δομική κατασκευή), αδρανή σιδήρου, παραπροϊόντα και αδρανοποιημένα απόβλητα προϊόντα, κατ' εφαρμογή της Συμφωνίας του Συμβουλίου των Υπουργών της 26ης Δεκεμβρίου 2008, για την έγκριση του Εθνικού Ολοκληρωμένου Σχεδίου Αποβλήτων 2008-2015, όπου και εφόσον τηρούνται οι τεχνικές διατάξεις που απαιτούνται από το παρόν τμήμα και η προέλευση των υλικών δηλώνεται όπως καθορίζεται από την Κοινοτική νομοθεσία σε αυτούς τους τομείς. Για να χρησιμοποιηθούν αυτά τα υλικά, απαιτείται, οι όροι για την επεξεργασία και την εφαρμογή τους να καθορίζονται ρητά σε Ειδικές Τεχνικές Προδιαγραφές. Τα ανακυκλωμένα αδρανή από τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων υποβάλλονται σε διαδικασία διαχωρισμού από ανεπιθύμητα συστατικά, διαλογής και τελικής απομάκρυνσης ρύπων, σε μόνιμες ή κινητές εγκαταστάσεις. Ομοίως, μετά από μια διαδικασία σύνθλιψης, διαλογής και αφαίρεσης μεταλλικών στοιχείων και άλλων μολυσματικών ουσιών, το αδρανή σιδήρου πρέπει να υφίστανται δοκιμή γήρανσης αρδευόμενα με νερό για ελάχιστη περίοδο τριών (3) μηνών.
		4 Απαιτήσεις / 4.1 Γενικά / 4.1.2 Χημική σύνθεση αδρανών	Εάν χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα υλικά από κατεδάφιση σκυροδέματος, η περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτό θειικά άλατα του ανακυκλωμένου αδρανούς (εκφραζόμενη σε SO 4, ΕΛΟΤ EN 1744-1) πρέπει να είναι μικρότερη από επτά τοις χιλίοις (SO 4<7%).
ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-05- 03-11-04	Ασφαλτικές στρώσεις κλειστού τύπου	4 Απαιτήσεις / 4.1 Συνδετικό υλικό	Για την κατασκευή της επιφανειακής στρώσης, της συνδετικής στρώσης και της ασφαλτικής βάσης, χρησιμοποιείται κοινή άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 35/50 ή 50/70 ή 70/100.
		4 Απαιτήσεις / 4.2 Αδρανή υλικά	Τα αδρανή υλικά (χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκα) πρέπει να είναι καθαρά, ομοιόμορφης ποιότητας, συμπαγή, απαλλαγμένα από αποσαθρωμένα τεμάχια, σβώλους αργίλου, αργιλούχες επικαλύψεις και γενικά οποιασδήποτε φύσης περιβλήματα.

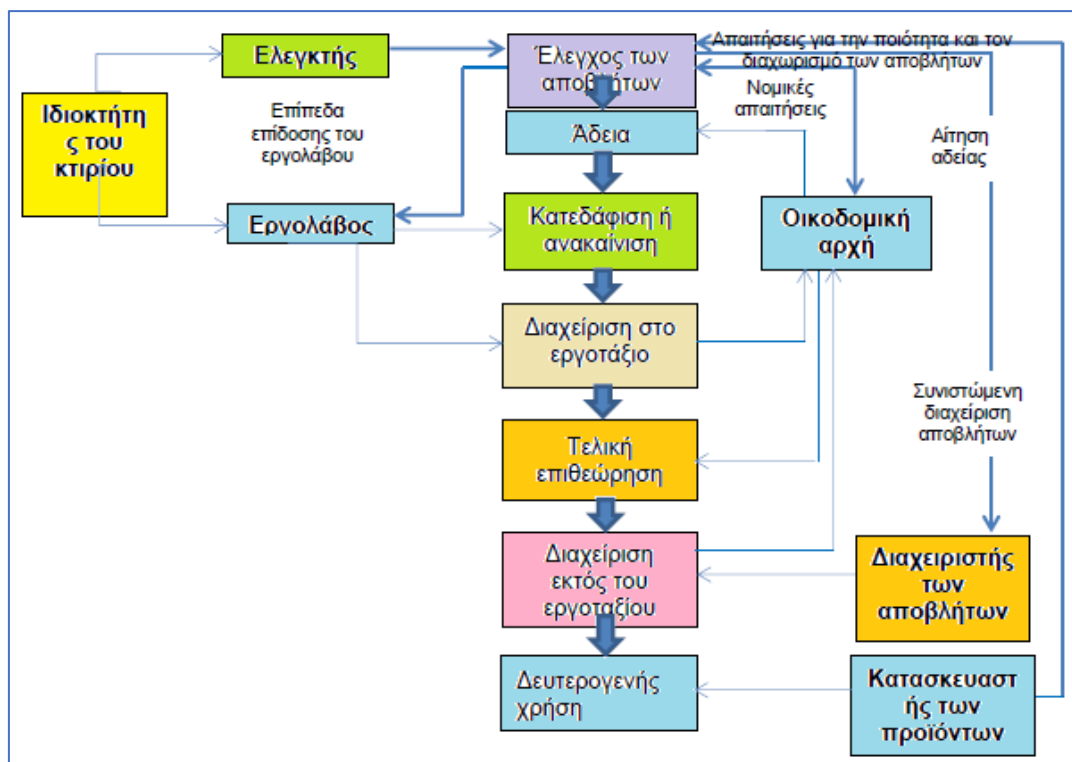
Αριθμός ΕΤΕΠ	Τίτλος ΕΤΕΠ	Παράγραφος αναφοράς	Προϋποθέσεις χρήσης ανακυκλωμένων / επαναχρησιμοποιούμενων υλικών
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05- 03-16-00	Ανακατασκευή στρώσεων οδοστρώματος με βαθειά ψυχρή ανακύκλωση και προσθήκη αφρώδους ασφάλτου (CIR)	Όλη η ΕΤΕΠ	Αφορά στην επιτόπου ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση ασφαλτικών στρώσεων και αδρανών υλικών

Πηγή: (Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή / ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04, 2009)

Παρ' ότι η Ελλάδα έχει προχωρήσει ήδη στη νομοθέτηση των ΕΤΕΠ, ένα από τα εμπόδια είναι ο προβληματισμός επί της ποιότητας των ανακυκλωμένων υλικών κατασκευών και κατεδαφίσεων. Αυτή η έλλειψη εμπιστοσύνης, η απουσία περισσότερων εγκεκριμένων Ε.ΤΕ.Π. που αφορούν τα Α.Ε.Κ.Κ. καθώς και οδηγιών από την Διεύθυνση Κεντρικού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων (ΚΕΔΕ), μειώνει και περιορίζει τη ζήτηση για ανακυκλωμένα υλικά, συμβάλλοντας στη δυσλειτουργία των υποδομών διαχείρισης και ανακύκλωσης απορριμμάτων Α.Ε.Κ.Κ..

Το πρωτόκολλο για τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων περιλαμβάνει καλές πρακτικές από ολόκληρη την ΕΕ που μπορούν να αποτελέσουν πηγές έμπνευσης τόσο για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής όσο και για τους επαγγελματίες. Περιλαμβάνει επίσης μια επισκόπηση των ορισμών και μια λίστα ελέγχου για τους επαγγελματίες (EU Construction and Demolition Waste Management Protocol, 2016).

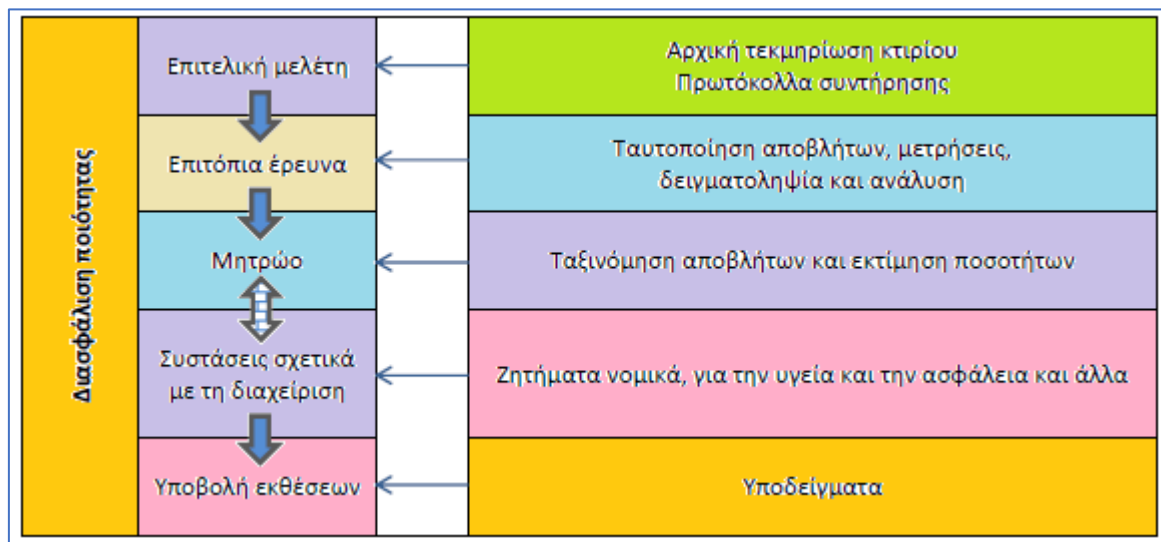
Το σχήμα 2.1 απεικονίζει τη διεργασία διαχείρισης αποβλήτων, παρουσιάζοντας τους εμπλεκόμενους δρώντες και τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ φάσεων και δικαιοδοσιών (European Commission/Διαχείριση ΑΕΚΚ, 2018):



Σχήμα_ 2.1: Ρόλος των δρώντων του ελέγχου των αποβλήτων στη διαδικασία διαχείρισης των αποβλήτων

Πηγή: (European Commission/Διαχείριση ΑΕΚΚ, 2018)

Μια εποικοδομητική διεργασία ελέγχου των αποβλήτων επιβάλλεται να έχει τα στάδια που φαίνονται στο σχήμα 2.2 (European Commission/Διαχείριση ΑΕΚΚ, 2018):



Σχήμα_ 2.2: Καθολικό πλάνο του ελέγχου των αποβλήτων.

Πηγή: (European Commission/Διαχείριση ΑΕΚΚ, 2018)

2.5 Στατιστικά στοιχεία Α.Ε.Κ.Κ. της Ελλάδας

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της Ε.Ε. του 2018, τα οποία επικαιροποιήθηκαν τον Ιανουάριο του 2023, μόνο το 2016 η Ε.Ε. παρήγαγε 2,5 δισεκατομμύρια τόνους απορριμμάτων. Όπως φαίνεται και από τα παρακάτω ποσοστά ο κύριος ρυπαίνων ήταν ο κατασκευαστικός κλάδος (Η διαχείριση των αποβλήτων στις χώρες της ΕΕ, 2023):

- 0,8% Γεωργία, δασοκομία & αλιεία
- 8,5% Νοικοκυριά
- 10,3% Βιομηχανία
- 25,3% Ορυχεία – λατομεία
- **36,4% Κατασκευές**
- 18,7% Άλλα

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2022 μεταξύ εργαζομένων σε ΣΣΕΔ προέκυψε ότι τα Α.Ε.Κ.Κ. που καλούνται να επεξεργαστούν προέρχονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό (50%) από επαγγελματίες του χώρου. Τα υπόλοιπα ποσοστά επιμερίζονται στα δημόσια έργα (33,3%) και σε ιδιωτικές πηγές (16,7%). (Γιάγκου, Σταύρος;, 2022)

Στην Ελλάδα τα δεδομένα συναρτώμενα με την παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. δύνανται να λαμβάνονται εκμεταλλεύοντας ως πηγή την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) και αναλυτικώς χρησιμοποιώντας δεδομένα συναρτώμενα με την κατασκευαστική δράση σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια. Η ΕΛΣΤΑΤ δύναται επιπροσθέτως να προσφέρει στοιχεία Α.Ε.Κ.Κ. για Περιφερειακές Ενότητες όπου δεν υφίσταντο τα ΣΣΕΔ (Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης).

Στον παρακάτω πίνακα 2.6 καταγράφονται στοιχεία παραγωγής Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα με κριτήριο διαφορετικές πηγές (τιμές σε τόνους), όπως: ΕΟΑΝ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης), ΣΣΕΔ (Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης), ΗΜΑ (Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων), ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).

Ενώ στην εικόνα 2.4 εμφανίζονται τα επικαιροποιημένα στοιχεία 2016 – 2018 του ΕΟΑΝ σχετικά με τις εισερχόμενες και εξερχόμενες ροές Α.Ε.Κ.Κ., και στον πίνακα 2.7 παρουσιάζεται ο αριθμός των ΣΣΕΔ για τα έτη 2016-2021.

Πίνακας 2.6: Στοιχεία παραγωγής Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα με κριτήριο διαφορετικές πηγές (τιμές σε τόνους)

Έτος	Διαχειριζόμενα ΑΕΚΚ (ΕΟΑΝ)	Διαχειριζόμενα ΑΕΚΚ (ΣΣΕΔ)	Παραγόμενα ΑΕΚΚ (ΕΛΣΤΑΤ)	Συλλεγόμενα / Μεταφερόμενα ΑΕΚΚ (ΗΜΑ)
2016	525.276	517.106	3.249.132	No data
2017	985.029	969.645	3.737.492	1.549.306
2018	2.566.906	2.409.102	4.300.505	2.226.587
2019	No data	4.627.590	4.644.283	No Data

Έτος	Εισερχόμενα ΑΕΚΚ (tn)			Εξερχόμενες ποσότητες προς ανάκτηση υλικών (tn)			Ενεργά ΣΣΕΔ ΑΕΚΚ	Γεωγραφική κάλυψη σε επίπεδο νομών (%)
	Απόβλητα Εκσκαφών	ΑΚΚ	Σύνολο ΑΕΚΚ	Ανακύκλωση	Επίχωση	Σύνολο		
2016	335.655	193.429	529.084	128.815	135.108	263.923	9	40,4%
2017	556.065	434.390	990.455	196.925	540.884	737.809	9	53,8%
2018	1.693.887	1.160.304	2.854.191	599.755	1.564.712	2.164.467	9	57,7%

Εικόνα 2.4: Επικαιροποιημένα στατιστικά στοιχεία εισερχόμενων και εξερχόμενων Α.Ε.Κ.Κ.
Πηγή: (ΕΟΑΝ/Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών & κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), 2020)

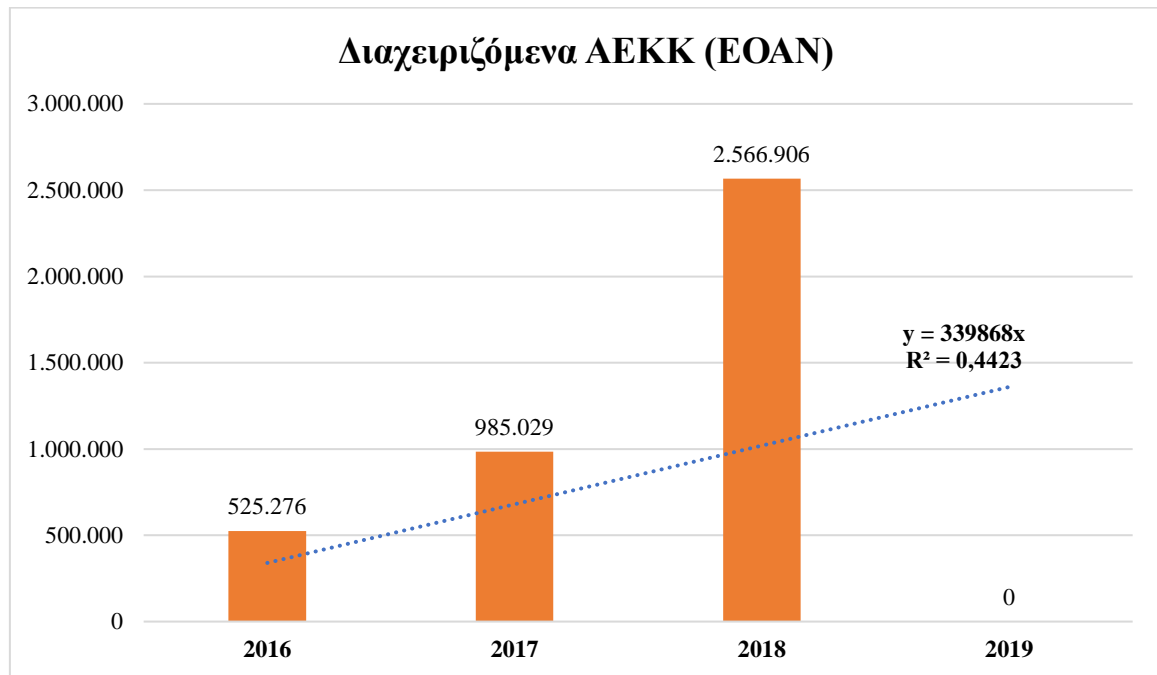
Πίνακας 2.7: Αριθμός ΣΣΕΔ και ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης

Έτος αναφοράς	Αριθμός ΣΣΕΔ	Ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης
2016	9	40,4%
2017	9	53,8%
2018	9	57,7%
2021	12	90,54%

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει η αύξηση των διαχειριζόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (2016 – 49,88%, 2017 – 74,49%, 2018 – 75,83%), η οποία οφείλεται όχι μόνο στην ορθή διαχείριση αυτών, αλλά και στην αύξηση του ποσοστού της γεωγραφικής κάλυψης των ΣΣΕΔ σε επίπεδο νομού.

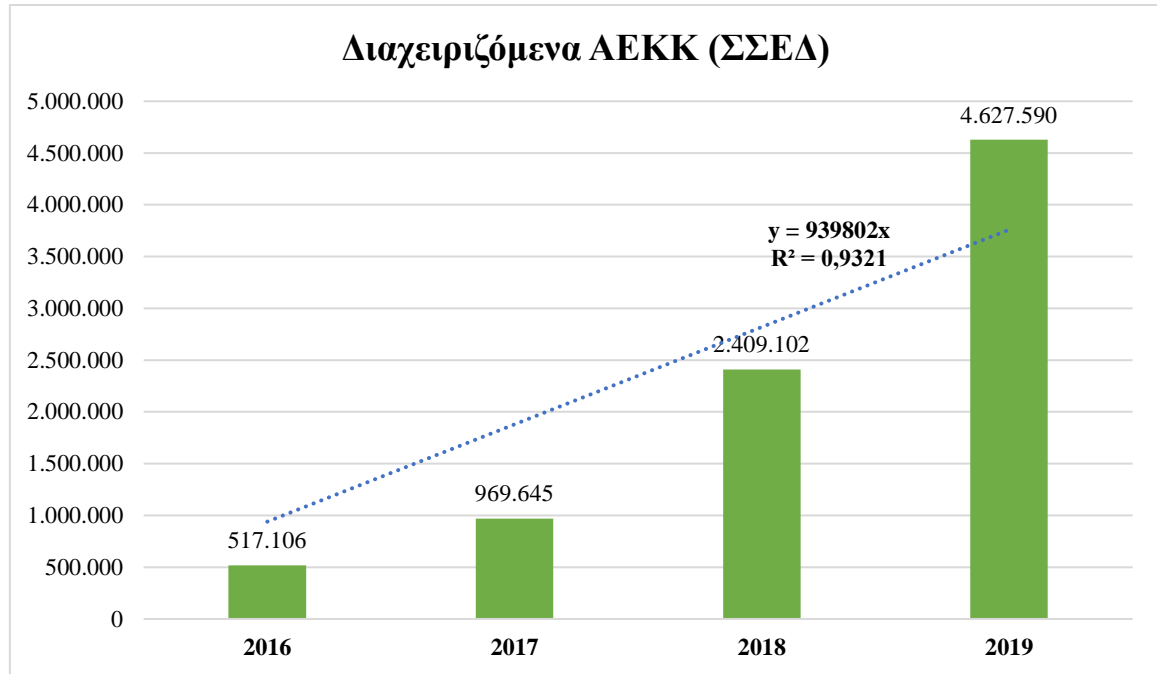
Στο Διάγραμμα 2.1, απεικονίζεται μια ανασκόπηση των συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ., ομόγνωμα με τα δεδομένα του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ). Είναι φανερή η απarέγκλιτη αύξηση των Διαχειριζόμενων Α.Ε.Κ.Κ. για την περίοδο 2016-2018, με τη μέγιστη ποσότητα να υφίσταται στο έτος 2018 (2.566.906 tn) 5πλάσια τιμή. Η γραμμή τάσης των συνολικών Διαχειριζόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (ΕΟΑΝ), έχει ανοδική κλίση. Ο Συντελεστής πολλαπλού Προσδιορισμού είναι $R^2 = 0,4423$ συνεπώς το 44,23% του δείκτη

εξαρτάται από ενδογενείς παράγοντες της εξίσωσης ($y=339868x$) που διέπει τα συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ. (ΕΟΑΝ), και το υπόλοιπο 55,77% σε άλλους αστάθμητους παράγοντες (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).



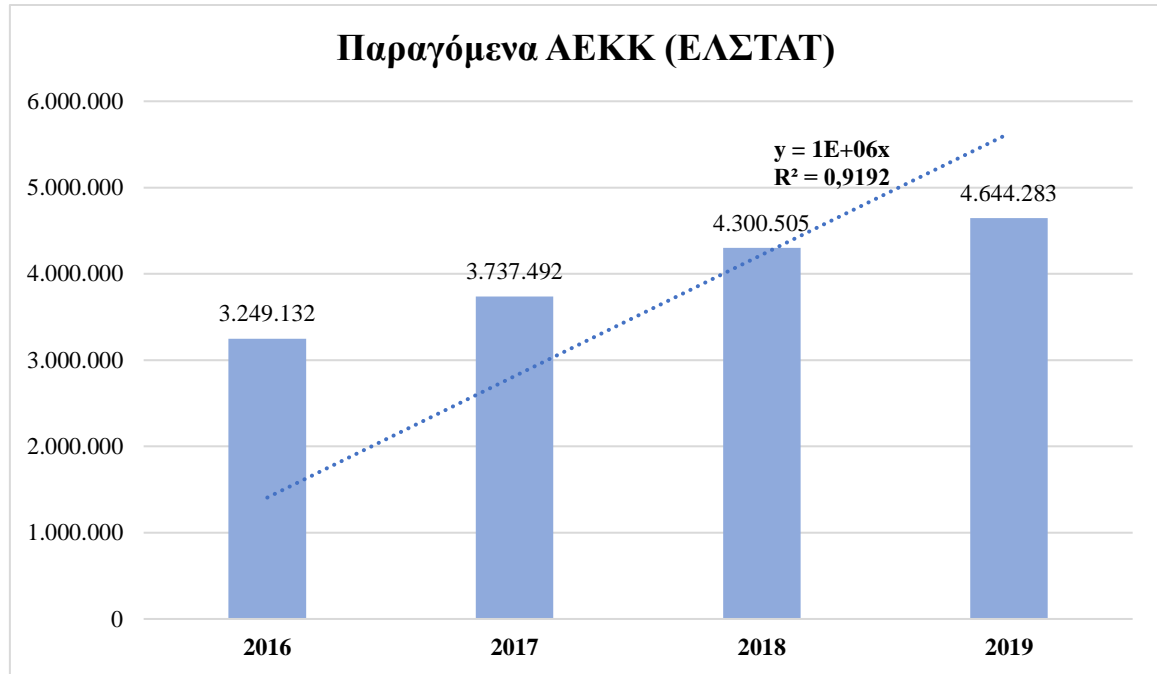
Διάγραμμα 2.1: Συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΕΟΑΝ).

Στο Διάγραμμα 2.2, απεικονίζεται μια ανασκόπηση των συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ., ομόγνωμα με τα δεδομένα του Συλλογικού Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ). Είναι φανερή η απarέγκλιτη αύξηση των Διαχειριζόμενων Α.Ε.Κ.Κ. για την περίοδο 2016-2019, με τη μέγιστη ποσότητα να υφίσταται στο έτος 2019 (4.627.590 tn). Η γραμμή τάσης των συνολικών Διαχειριζόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (ΣΣΕΔ), είναι ανοδική. Ο Συντελεστής πολλαπλού Προσδιορισμού είναι $R^2= 0,9321$ συνεπώς το 93,21% του δείκτη εξαρτάται από ενδογενείς παράγοντες της εξίσωσης ($y =939802x$) που διέπει τα συνολικά Διαχειριζόμενα Α.Ε.Κ.Κ. (ΣΣΕΔ), και το υπόλοιπο 6,79% σε άλλους αστάθμητους παράγοντες (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).



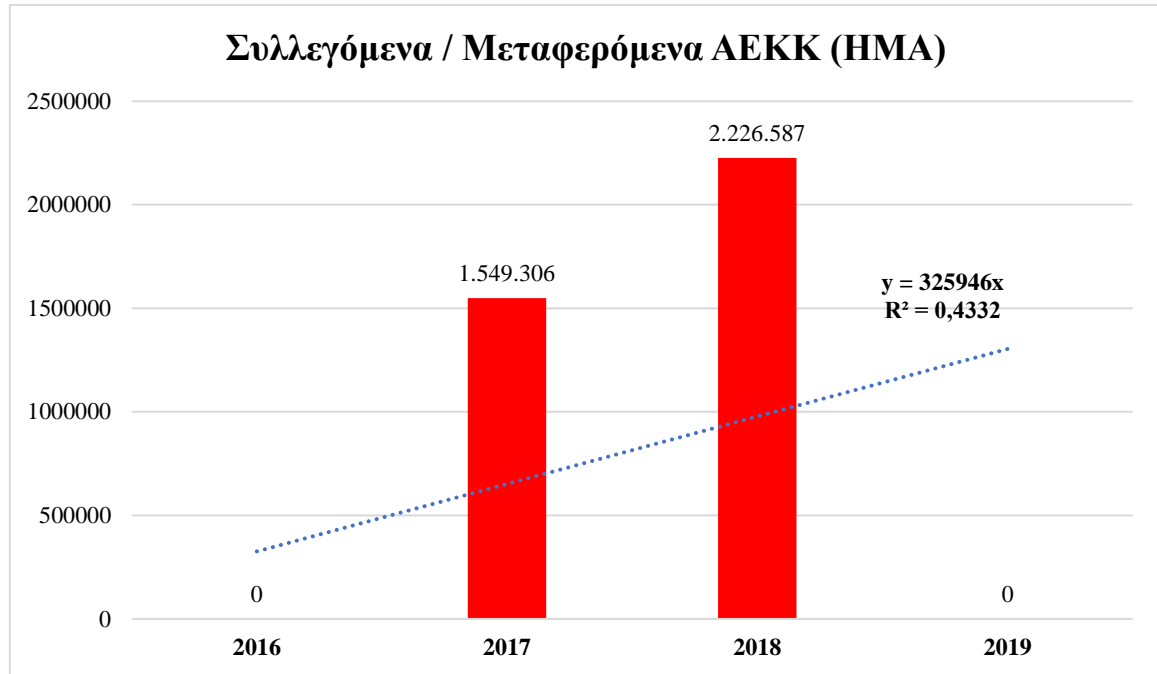
Διάγραμμα 2.2: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΣΣΕΔ).

Στο Διάγραμμα 2.3, απεικονίζεται μια ανασκόπηση των συνολικά Παραγόμενων Α.Ε.Κ.Κ., ομόγνωμα με τα δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Είναι φανερή η *απαρέγκλιτη* αύξηση των Παραγόμενων Α.Ε.Κ.Κ. για την περίοδο 2016-2019, με τη μέγιστη ποσότητα να υφίσταται στο έτος 2019 (4.644.283 tn). Η γραμμή τάσης των συνολικών Παραγόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (ΕΛΣΤΑΤ), είναι ανοδική. Ο Συντελεστής πολλαπλού Προσδιορισμού είναι $R^2 = 0,9192$ συνεπώς το 91,92% του δείκτη εξαρτάται από ενδογενείς παράγοντες της εξίσωσης ($y = 1E+06x$) που διέπει τα συνολικά Παραγόμενα Α.Ε.Κ.Κ. (ΕΛΣΤΑΤ), και το υπόλοιπο 8,08% σε άλλους αστάθμητους παράγοντες (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).



Διάγραμμα 2.3: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΕΛΣΤΑΤ).

Στο Διάγραμμα 2.4, απεικονίζεται μια ανασκόπηση των συνολικά Συλλεγόμενων / Μεταφερόμενων Α.Ε.Κ.Κ., ομόγνωμα με τα δεδομένα του Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (ΗΜΑ). Είναι φανερή η απarέγκλιτη αύξηση των Συλλεγόμενων / Μεταφερόμενων Α.Ε.Κ.Κ. για την περίοδο 2017-2018, με τη μέγιστη ποσότητα να υφίσταται στο έτος 2018 (2.226.587 tn). Η γραμμή των συνολικών Συλλεγόμενων / Μεταφερόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (ΗΜΑ), έχει ανοδική τάση. Ο Συντελεστή πολλαπλού Προσδιορισμού είναι $R^2=0,4332$ επομένως το 43,32% του δείκτη εξαρτάται από ενδογενείς παράγοντες της εξίσωσης ($y=325946x$) που διέπει των συνολικών Συλλεγόμενων / Μεταφερόμενων Α.Ε.Κ.Κ. (ΗΜΑ), και το υπόλοιπο 6,68% σε άλλους αστάθμητους παράγοντες (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).



Διάγραμμα 2.4: Συνολική Παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. σε τόνους με βάση δεδομένα κατασκευαστικής δραστηριότητας (ΗΜΑ).

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. στα επόμενα χρόνια θα αυξηθεί. Η ανοδική αυτή πορεία σχετίζεται και με το γεγονός ότι τα περασμένα έτη δεν υπήρχε η υποχρέωση καταγραφής αυτών των δεδομένων, ούτε το νομοθετικό πλαίσιο που να το υποστηρίζει.

3ο.Κεφάλαιο: «Προβλήματα εφαρμογής διαδικασιών Α.Ε.Κ.Κ. και προτεινόμενες λύσεις»

Διάθεση και πρόθεση για την διαχείριση του συνεχώς αυξανόμενου προβλήματος των Α.Ε.Κ.Κ. υπάρχει και από την ΕΕ από την Ελλάδα. Να υπενθυμίζουμε ότι η ΕΕ άρχισε να προβληματίζεται εδώ και μισό αιώνα και η Ελλάδα προσπαθεί να εντάξει την φιλοσοφία και την υποχρέωση διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. για πάνω από μια δεκαετία.

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα 2008/98/ΕΚ στοχεύει να ανακυκλώνεται το 70% των απορριμμάτων κατασκευών και κατεδαφίσεων έως το 2020. Ωστόσο, με εξαίρεση λίγες χώρες της ΕΕ, μόνο το 50% περίπου των απορριμμάτων C&D ανακυκλώνεται επί του παρόντος. Τα καλά νέα είναι ότι ορισμένες χώρες της ΕΕ έχουν ήδη αναπτύξει και εφαρμόσει ένα πλαίσιο που οδηγεί σε ποσοστό ανακύκλωσης έως και 90%. Πράγματι, υπάρχουν πολλές καλές πρακτικές στην Ευρώπη και πέρα από τις οποίες μπορούμε να διδαχθούμε.

Παρ' όλ' αυτά παρουσιάζονται αρκετά προβλήματα τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Αυτό εν μέρει οφείλεται στον μεγάλο αριθμό εμπλεκόμενων φορέων, αλλά και στην έλλειψη κοινωνικής και οικολογικής συνείδησης του καθενός.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια προσπάθεια ανάλυσης αυτών καθώς και κάποιες προτάσεις βελτίωσης.

3.1 Επιδόσεις διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. – δεδομένα Α.Ε.Κ.Κ.

Στοιχεία για τη δημιουργία και την αντιμετώπιση των Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα συλλέγονται από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ) μέσω ερευνών και του ΕΟΑΝ και συμπληρώνονται με αξιολογήσεις για να συμπληρωθούν κενά δεδομένων ή/και δεδομένα χαμηλής ποιότητας. Τα στοιχεία αναφέρονται από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία στην Eurostat κάθε δύο χρόνια ως απάντηση στον Κανονισμό Στατιστικής Αποβλήτων (2150/2002/ΕΚ). Πάντως, τα επίσημα δεδομένα δεν αντιπροσωπεύουν την πραγματική κατάσταση στην Ελλάδα, αφού μέχρι πρόσφατα, σύμφωνα με το νέο Σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων (Waste management plans / WMP), υπήρχε σημαντική έλλειψη στοιχείων για τις καταγεγραμμένες ποσότητες Α.Ε.Κ.Κ. λόγω της απουσίας υποχρέωσης αναφοράς από παραγωγούς Α.Ε.Κ.Κ. και από εργασίες επεξεργασίας. Ως εκ τούτου, τα

δεδομένα που συλλέγονται μέσω ερευνών ήταν μόνο μερικώς. (Construction and Demolition Waste management in Greece, 2015) Το πρόβλημα όμως που παραμένει είναι ότι αυτά τα δεδομένα δεν μπορούν να θεωρηθούν εντελώς αξιόπιστα, γιατί είναι γνωστό ότι υπάρχουν κατηγορίες Α.Ε.Κ.Κ. (απόβλητα εκσκαφών δημοσίων έργων, Α.Ε.Κ.Κ. που συλλέγονται από Δήμους) οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τα δεδομένα.

Δεδομένου ότι η ίδρυση των συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα ξεκίνησε το 2011, αναμένεται ότι η ποιότητα των αναφερόμενων δεδομένων θα βελτιωθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα και με πρόσφατα στοιχεία του 2021 τα ΣΣΕΔ πλέον καλύπτουν το 90,54% της γεωγραφικής κάλυψης.

Οι στατιστικές Α.Ε.Κ.Κ. επικεντρώνονται στον κατασκευαστικό τομέα (κωδικός F στο NACE Rev.2) και σε άλλους τομείς των οποίων οι εργασίες παραγωγής και επεξεργασίας αποβλήτων παρακολουθούνται στενά, όπως οι τομείς της μεταποίησης και της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου (κωδικοί C και E στο NACE Rev. 2 ταξινόμηση). Τα απόβλητα ανακαίνισης από τα νοικοκυριά είναι πολύ απίθανο να ληφθούν υπόψη, καθώς ο προορισμός αυτών των απορριμμάτων είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστος και τις περισσότερες φορές συλλέγονται από τους δήμους και απορρίπτονται μαζί με τα αστικά στερεά απόβλητα. Επιπλέον, δεν είναι δυνατό να γίνει διάκριση μεταξύ των αποβλήτων που προέρχονται από δραστηριότητες κατασκευής, κατεδάφισης ή ανακαίνισης. Επομένως αυτά τα δεδομένα και οι εκτιμήσεις εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα.

Συμπερασματικά, μπορούμε να αντιληφθούμε ότι από την στιγμή που δεν εφαρμόζεται αυστηρή πολιτική καταγραφής των παραγόμενων και επεξεργάσιμων Α.Ε.Κ.Κ. δεν είναι δυνατή η εκτίμηση του μεγέθους του προβλήματος που μπορεί να αντιμετωπίζουμε ως χώρα.

Επομένως θεωρείται σημαντικό ότι τα δεδομένα για την παραγωγή Α.Ε.Κ.Κ. θα πρέπει να βελτιωθούν ώστε να έχουμε καλύτερες προβλέψεις για μελλοντικές εγκαταστάσεις θεραπείας στην Ελλάδα, για να μπορούμε να αξιολογούμε το πραγματικό αποτέλεσμα της διαχείρισης αυτών και φυσικά να αποτυπώνεται κατά πόσο επιτυγχάνουμε τους στόχους ανακύκλωσης που θέτονται.

3.2 Διαχείριση απορριμμάτων Α.Ε.Κ.Κ. στην πράξη

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα προβλήματα διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. «επί τόπου» στην Ελλάδα. Συγκεκριμένες πρωτοβουλίες διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ., εθελοντικές

συμφωνίες και οποιαδήποτε άλλη πρακτική διαχείρισης, καθώς και η επιβολή/τήρηση της νομοθεσίας.

3.2.1 Πρωτοβουλίες διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ.

Οι πρωτοβουλίες διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. (Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων) αποσκοπούν στη βελτίωση της διαχείρισης και της ανακύκλωσης των αποβλήτων που προέρχονται από αυτές τις δραστηριότητες, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του αρνητικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Construction and Demolition Waste management in Greece, 2015).

Οι πρωτοβουλίες αυτές περιλαμβάνουν τα εξής:

- Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση: Πρωτοβουλίες για την επιλογή, το διαχωρισμό και την ανακύκλωση υλικών από τα Α.Ε.Κ.Κ. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των οικοδομικών υλικών, του σκυροδέματος, των μετάλλων και άλλων υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν.
- Εκσυγχρονισμός και βελτίωση της τεχνολογίας: Πρωτοβουλίες για την χρήση πιο αποδοτικών και βιώσιμων τεχνολογιών στις διαδικασίες εκσκαφής, κατασκευής και κατεδάφισης, που μπορούν να μειώσουν την παραγωγή αποβλήτων και την περιβαλλοντική επίπτωση.
- Συνεργασία με εξειδικευμένες εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων: Συνεργασία με εταιρείες που ειδικεύονται στην διαχείριση και ανακύκλωση των αποβλήτων Α.Ε.Κ.Κ., προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή διάθεση τους και η επαναχρησιμοποίηση των υλικών όπου είναι δυνατόν.
- Εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση: Εκπαίδευση των εργαζομένων και ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τη σημασία της βιώσιμης διαχείρισης των αποβλήτων Α.Ε.Κ.Κ. και των περιβαλλοντικών προκλήσεων που συνδέονται με αυτήν.

Οι πρωτοβουλίες διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. στοχεύουν στην προώθηση της αειφορίας και της περιβαλλοντικής προστασίας στον τομέα των κατασκευών, προσπαθώντας να μειώσουν την ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους απόθεσης και να αξιοποιήσουν τα υλικά με βιώσιμο τρόπο.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ εργαζομένων σε ΣΣΕΔ προέκυψε ότι στις εταιρείες που εργάζονταν πραγματοποιήθηκαν ενέργειες για την προαγωγή των διαδικασιών

διαχείρισης των Α.Ε.Κ.Κ. (ενημερωτικά φυλλάδια, διαφημιστικό υλικό). (Γιάγκου, Σταύρος;, 2022)

Επίσης έχουν διοργανωθεί ημερίδες και συνέδρια σε συνεργασία και με το ΤΕΕ για την προώθηση της πληροφορίας και την ενημέρωση των επαγγελματιών του χώρου σχετικά με την σημασία της διαχείρισης των Α.Ε.Κ.Κ..

Αυτές οι ενέργειες είναι πραγματικά ενθαρρυντικές, όμως θα πρέπει να επεκταθούν και σε άλλους εμπλεκόμενους. Το ποσοστό των εισερχόμενων Α.Ε.Κ.Κ. από ιδιώτες και νοικοκυριά δυστυχώς παραμένει χαμηλό και ίσως μια πιο επιθετική τακτική ενημέρωσης των πολιτών και των τοπικών αυτοδιοικήσεων να λειτουργούσε με θετικό πρόσημο στην διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ.. Η ενημέρωση και η ελπίδα ευαισθητοποίησης του καθενός θα πρέπει να συμπληρώνεται και από ένα πιο αυστηρό και τηρούμενο νομοθετικό πλαίσιο ώστε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Καλή πρακτική και πρωτοβουλία αποτελεί και η ενεργοποίηση και συμμετοχή της Ελλάδας σε Ευρωπαϊκά Ανταγωνιστικά προγράμματα που ασχολούνται με το θέμα των Α.Ε.Κ.Κ.. Αποτελεί τακτική που μπορεί να βοηθήσει στην οργάνωση των ΣΣΕΔ και στην δημιουργία σημείων ενημέρωσης παραδειγματισμού της αξιοποίησης των Α.Ε.Κ.Κ..

Σε παρόμοιο πρόγραμμα συμμετέχει και η Περιφέρεια Θεσσαλίας (πρόγραμμα CONDHEREFF) με θέμα «Πολιτικές Διαχείρισης Αποβλήτων από Κατασκευές και Κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.) για την προώθηση της Αποδοτικότητας των πόρων», στο οποίο δόθηκε η δυνατότητα της ανταλλαγής γνώσεων, πολιτικών διαχείρισης και τρόπων εφαρμογών των διαδικασιών Α.Ε.Κ.Κ.. Επιπρόσθετα στο εν λόγω πρόγραμμα προβλέπεται και έχει δρομολογηθεί η κατασκευή στην πόλη της Λάρισας ενός σημείου αναφοράς και ενημέρωσης του κοινού, κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από υλικά Α.Ε.Κ.Κ., είτε με την μέθοδο της επαναχρησιμοποίησης, είτε μέσω της ανακύκλωσης.

3.2.2 Η νομοθεσίας για τα απόβλητα και η επιβολή – τήρηση αυτής

Στην Ελλάδα γίνεται προσπάθεια νομοθετικής εναρμόνισης με τις ευρωπαϊκές οδηγίες για τα ζητήματα διαχείρισης αποβλήτων από το 2001 και για τα Α.Ε.Κ.Κ. τα τελευταία δεκατρία (13) χρόνια. Το νομοθετικό πλαίσιο υπάρχει και συνεχώς εξελίσσεται, τροποποιείται και συμπληρώνεται. Όμως παρουσιάζει προβλήματα κενών στην νομοθεσία, αντικρουόμενων διατάξεων και οδηγιών και κατά συνέπεια εφαρμογής και τήρησης αυτής.

Αναφορικά θα περιγράψουμε κάποια εξ αυτών καθώς παρακάτω παρατίθεται και συγκεντρωτικός πίνακας των προβλημάτων στην διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ..

Σε ότι αφορά στα δημόσια έργα παρατηρούνται ελλείψεις στην συμπερίληψη των διαδικασιών εναλλακτικής διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. από τις δημοπρατήσεις αυτών, παρά το γεγονός ότι νομοθετικά προβλέπονται. Επίσης υπάρχει νομοθετική σύγχυση σχετικά με τα απόβλητα εκσκαφών, δίνοντας την δυνατότητα εξαιρέσεως της περίσσειας από την διαχείριση ως Α.Ε.Κ.Κ..

Κενό Νόμου έχουμε και στην περίπτωση των ιδιωτικών έργων με την απουσία υποχρέωσης σύνταξης μελέτης ελέγχου Α.Ε.Κ.Κ. πριν από εργασίες κατεδάφισης ή/και κατασκευής.

Επιπρόσθετα νομοθετικά προβλέπεται το τέλος υγειονομικής ταφής, το οποίο δεν έχει τεθεί σε εφαρμογή λόγω έλλειψης αδειοδοτημένων κατάλληλων χώρων και λόγω φόβων οικονομικής αποδυνάμωσης των τοπικών αυτοδιοικήσεων. Χώροι, όπως παλαιά λατομεία, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως χώροι διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. ή υγειονομικής ταφής πέφτουν σε νομοθετικά κενά και ασάφειες λόγω του Νόμου περί αποκατάστασης λατομείων και δασικής νομοθεσίας. (ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης ΑΕΚΚ, 2020).

Για την παρακολούθηση και την επιβολή της νομοθεσίας για τα απόβλητα στην Ελλάδα υπεύθυνο είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, που διατηρεί ειδική μονάδα Επιθεωρητών Περιβάλλοντος με αποστολή τη διενέργεια ελέγχων και την εξακρίβωση της τήρησης των περιβαλλοντικών όρων στα έργα. Τα μέτρα για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με την ισχύουσα νομοθεσία για τα απόβλητα περιλαμβάνουν διοικητικές κυρώσεις καθώς και οικονομικά μέτρα (πρόστιμα). Επιπλέον, πέραν των διοικητικών κυρώσεων, οι φάκελοι της παράβασης αποστέλλονται στους αρμόδιους εισαγγελείς για διερεύνηση ποινικών αδικημάτων (Arfanakou, 2014).

Συγκεκριμένα για την εφαρμογή της νομοθεσίας της διαχείριση αποβλήτων έχει συσταθεί ο Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), ο οποίος ελέγχεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, και είναι υπεύθυνος για την εποπτεία των διαδικασιών της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και της ανάκτησης των αποβλήτων.

Ωστόσο, η ειδική μονάδα των Επιθεωρητών Περιβάλλοντος είναι υποστελεχωμένη και το σημερινό εργατικό δυναμικό δεν επαρκεί για τον αποτελεσματικό έλεγχο των περιβαλλοντικών παραβιάσεων σε όλη την επικράτεια της Ελλάδας. Η συμμόρφωση με τη

νομοθεσία για τα απόβλητα είναι μόνο ένα μέρος των καθηκόντων των επιθεωρητών, καθώς πρέπει να καλύπτουν και να παρακολουθούν ολόκληρο το πακέτο περιβαλλοντικής νομοθεσίας που υπάρχει αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα υστερεί σε σύγκριση με άλλα κράτη μέλη όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων γενικά. Ως αποτέλεσμα εμφανίζεται η μη χρηστή διαχείριση αυτών, καθώς τα περισσότερα τοποθετούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή ακόμη χειρότερα απορρίπτονται ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον. Οποιοσδήποτε εργασίες ανάκτησης ή ανακύκλωσης άρχισαν μόλις πρόσφατα (2011) να πραγματοποιούνται μέσω της δημιουργίας και λειτουργίας εναλλακτικών συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων για Α.Ε.Κ.Κ., που απαιτούνται από τη νομοθεσία και παρακολουθούνται από τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ). (European Commission/BiPRO, 2012). Πλέον αυτές καλύπτουν σχεδόν όλη την ελληνική επικράτεια (90,54%) αλλά στερούνται τακτικών ορθής διαχείρισης, απόθεσης και διάθεσης των Α.Ε.Κ.Κ.. Παρατηρείται ότι έχουν ροή εισερχομένων Α.Ε.Κ.Κ., όμως η μειωμένη ζήτηση σε ανακυκλωμένα υλικά δημιουργεί προβλήματα αποθήκευσης των επεξεργασμένων Α.Ε.Κ.Κ. και την άτυπη μετατροπή αυτών σε δευτερεύουσες χωματερές.



Εικόνα 3.1: Ενδεικτικό παράδειγμα μετατροπής διαχειριστή Α.Ε.Κ.Κ. σε άτυπη χωματερή

Επίσης να αναφερθεί ότι τα τελευταία είκοσι χρόνια υπήρξαν παραβιάσεις της νομοθεσίας της ΕΕ για τα απόβλητα. Η Ελλάδα θα πρέπει να προσαρμοστεί και εξελιχθεί, νομοθετικά και σε υποδομές ώστε να φτάσει στην πλήρη τήρηση των κανονισμών αυτών. Οι προαναφερόμενες περιπτώσεις αφορούσαν κυρίως την δημιουργία και χρήση ανεξέλεγκτων χώρων απόρριψης, εστιάζοντας στην περιοχή της Πελοποννήσου και στα νησιά. Έχουν γίνει μερικές πρόσφατες αναφορές στο δικαστήριο της ΕΕ (IP/13/483, P/13/143) σχετικά με παραβιάσεις των χωματερών. Οι δικαστικές υποθέσεις που αφορούν στις προαναφερόμενες παραβιάσεις αναγράφονται ακολούθως: (Your Europe/ΑΕΚΚ, 2022):

- C-600/12 για τη συνεχιζόμενη χρήση χώρου υγειονομικής ταφής υπερκορεσμένων στο νησί της Ζακύνθου
- C-286/08 για μη συμμόρφωση με την Οδηγία 2006/12/ΕΚ ειδικά για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων
- C-502/03 για παράλειψη λήψης μέτρων για τη διασφάλιση της ασφαλούς διάθεσης των αποβλήτων, η περιβαλλοντικά ορθή διαχείριση των αποβλήτων και ο καθορισμός και ο έλεγχος των ενεργειών πρέπει να ληφθούν από τον κάτοχο των αποβλήτων προκειμένου να εκπληρωθούν τα δύο προηγούμενα.

Η τελευταία αυτή υπόθεση προβλέπει άμεσο κλείσιμο και αποκατάσταση εκατοντάδων παράνομων χωματερών σε όλη την Ελλάδα και περιλαμβάνει υψηλά καθημερινά πρόστιμα. Η διαδικασία για το κλείσιμο των παράνομων χωματερών είναι μια μακρά και αργή διαδικασία που δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί μέχρι σήμερα, παρά το γεγονός ότι η δικαστική απόφαση ελήφθη πριν από δέκα χρόνια.

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τις ποσότητες των παράνομα απορριφθέντων Α.Ε.Κ.Κ. και είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν κατά προσέγγιση τέτοιες ποσότητες, καθώς η παράνομη απόρριψη μπορεί να πραγματοποιηθεί στα πιο απροσδόκητα μέρη που είναι δύσκολο να εντοπιστούν και να ελεγχθούν. Επομένως, όχι μόνο είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν οι ποσότητες Α.Ε.Κ.Κ. που απορρίπτονται στο περιβάλλον, αλλά δεν υπάρχει επίσης δυνατότητα ελέγχου αυτών από τις αρμόδιες αρχές λόγω της απρόσιτης και άγνωστης θέσης των χώρων απόρριψης.

3.3 Πινακοποιημένα στοιχεία με τις οδηγίες και τα εμπόδια αύξησης της ανακύκλωσης των Α.Ε.Κ.Κ.

Προς διευκόλυνση της εποπτείας των οδηγιών και των προβλημάτων που συντελούν αρνητικά στην αύξηση των ποσοτήτων και της ποιότητας των ανακυκλωμένων Α.Ε.Κ.Κ. ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας (Construction and Demolition Waste management in Greece, 2015):

Πίνακας 3.1: Οδηγοί / εμπόδια για την αύξηση της ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.

Χαρακτηριστικό στοιχείο / παράγοντας στην αλυσίδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	Οδηγοί	Εμπόδια
Νομοθετικό Πλαίσιο	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη συγκεκριμένου νομικού πλαισίου για τη διαχείριση του Α.Ε.Κ.Κ. από το 2010 • Μεταφορά του στόχου που ορίζεται στην Οδηγία Πλαίσιο (ΟΠΥ) για την ανάκτηση CD W (άρθρο 11) 	<ul style="list-style-type: none"> • Μερική ή πλήρης έλλειψη εφαρμογής του υφιστάμενου νομικού πλαισίου. Αν και υπάρχει ένα ολοκληρωμένο νομικό πλαίσιο, δεν εφαρμόζεται στην πράξη • Μη διάδοση της νομοθεσίας και των απαραίτητων διοικητικών ενέργειες στις κατασκευαστικές διαδικασίες • Έλλειψη διευκρινίσεων νομικών ορισμών και εννοιών, συμπεριλαμβανομένων των κωδικών αποβλήτων και αναφοράς • Αντιφατική ρύθμιση σχετικά με τα απόβλητα εκσκαφών σε δημόσια έργα, η οποία επιτρέπει την εξαίρεση της περίσσειας του εξορυχθέντος υλικού από την επεξεργασία μέσω των επίσημων συστημάτων ανάκτησης Α.Ε.Κ.Κ.. Με αυτόν τον τρόπο, οι κατασκευαστικές εργασίες αναφέρουν συστηματικά το παραγόμενο Α.Ε.Κ.Κ. ως περίσσεια εξορυχθέντος υλικού και αποφεύγουν την αποστολή του στα συστήματα και ως αποτέλεσμα εξοικονόμησης κόστους επεξεργασίας. • Σημαντικές καθυστερήσεις στην τροποποίηση κανονισμών ή κανονιστικών πράξεων.

Χαρακτηριστικό στοιχείο / παράγοντας στην αλυσίδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	Οδηγοί	Εμπόδια
Διαδικασίες επιθεώρησης και επιβολή της νομοθεσίας Α.Ε.Κ.Κ.		<ul style="list-style-type: none"> • Οι ανθρώπινοι πόροι που διατίθενται για την επιβολή του νόμου για τα απόβλητα κρίθηκαν ανεπαρκείς • Αναποτελεσματικός δημόσιος τομέας και δημόσια διοίκηση. • Αναποτελεσματικοί έλεγχοι. Σημαντικές ελλείψεις στην επιβολή • Δεν λαμβάνονται ή λαμβάνονται ελάχιστα διορθωτικά μέτρα σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τη νομοθεσία. Οι κυρώσεις εφαρμόζονται σπάνια. • Δεν επιβάλλονται πρόστιμα σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης σχετικά με τη διαχείριση του Α.Ε.Κ.Κ.
Εδαφικό δίκτυο εγκαταστάσεων θεραπείας	<p>Η νομοθεσία υποχρεώνει την ανάπτυξη επαρκών συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ., που καλύπτουν το 100% της Ελλάδας και ενός δικτύου εγκαταστάσεων επεξεργασίας που μπορούν να διαχειριστούν τη συνολική ποσότητα Α.Ε.Κ.Κ. που παράγεται στην αντίστοιχη περιοχή ή ευθύνη τους.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ελλιπή ή απουσία αρχείων για ανενεργά ή χρησιμοποιημένα ορυχεία και λατομεία που θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως τοποθεσία για τοποθεσίες επεξεργασίας Α.Ε.Κ.Κ.. • Η ύπαρξη παράνομων χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης Α.Ε.Κ.Κ. (χωματερές Α.Ε.Κ.Κ.) εμποδίζει τη δυνατότητα ανάπτυξης επαρκών δικτύων εγκαταστάσεων επεξεργασίας σε όλη την Ελλάδα για την αύξηση της ανάκτησης και ανακύκλωσης των Α.Ε.Κ.Κ.. • Ύπαρξη ιδιωτικής γης/εκχωρήσεων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την απόρριψη των Α.Ε.Κ.Κ. από τον ιδιοκτήτη τους έναντι τιμήματος και συνεπώς την εκτροπή του Α.Ε.Κ.Κ. μακριά από τα συστήματα διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ..

Χαρακτηριστικό στοιχείο / παράγοντας στην αλυσίδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	Οδηγοί	Εμπόδια
<p>Συμμετοχή βασικών ενδιαφερομένων</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), που παρακολουθεί τη λειτουργία υφιστάμενων συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ.. • Ύπαρξη πολλών συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. που καλύπτουν περίπου το 91% του ελληνικού πληθυσμού • Η ευθύνη για τη διαχείριση του Α.Ε.Κ.Κ. είναι σαφώς καθορισμένη στο νομικό πλαίσιο για τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς. • Δράση της τοπικής κοινωνίας, αναλαμβάνοντας την κατάσταση στα χέρια της. Η ανακύκλωση του Α.Ε.Κ.Κ. περιλαμβάνει ακμάζουσες νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες σε μικρές κοινότητες • Ανύψωση της συνείδησης του κοινού σχετικά με την ανάγκη χρηστής περιβαλλοντικής διαχείρισης και γενικότερα ζητημάτων αειφορίας 	<ul style="list-style-type: none"> • Εκτεταμένη χαλαρός έλεγχος στην αδειοδότηση συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ., τα οποία δεν συμμορφώνονται με τις ελάχιστες απαιτήσεις για άδεια • Ο κατασκευαστικός τομέας προσπαθεί να αποφύγει το κόστος διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ.. • Παραμόρφωση στις λειτουργίες των συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. όπου ο ιδιοκτήτης του συστήματος είναι και ο παραγωγός Α.Ε.Κ.Κ.. Έλλειψη διαφάνειας στα δεδομένα του Α.Ε.Κ.Κ. που δημιουργούνται και αντιμετωπίζονται. • Έλλειψη συντονισμού και συνεργειών μεταξύ των ενδιαφερομένων • Έλλειψη ενεργών πρωτοβουλιών των ενδιαφερομένων

Χαρακτηριστικό στοιχείο / παράγοντας στην αλυσίδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	Οδηγοί	Εμπόδια
Αναφορά δεδομένων	<ul style="list-style-type: none"> • Η υποχρέωση των επίσημα αδειοδοτημένων συστημάτων διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. να αναφέρουν δεδομένα σχετικά με τη διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ. (τόσο οι ποσότητες λήψης όσο και οι επεξεργασμένες ποσότητες, με ένδειξη του τελικού προορισμού των Α.Ε.Κ.Κ. • Εκτίμηση του είδους και της ποσότητας Α.Ε.Κ.Κ. που δημιουργείται και της αναμενόμενης επιλογής επεξεργασίας ως προϋπόθεση για την αδειοδότηση ενός κατασκευαστικού έργου • Κατευθυντήριες γραμμές της Eurostat για την αναφορά δεδομένων Α.Ε.Κ.Κ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Παρά τη νομική υποχρέωση, δεν παρέχουν όλα τα συστήματα διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. δεδομένα για τη διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ. μέχρι σήμερα. • Αδυναμία καταγραφής δεδομένων παραγωγής Α.Ε.Κ.Κ.. Η υποχρέωση αναφοράς δεδομένων από τα συστήματα διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. αναφέρεται μόνο σε επεξεργασμένες ποσότητες. Κάποιο κλάσμα Α.Ε.Κ.Κ. ενδέχεται να παραμείνει μη αναφερόμενο. • Οι εκτιμήσεις των ποσοτήτων Α.Ε.Κ.Κ. που δημιουργήθηκαν στερούνται ακρίβειας και σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησης Α.Ε.Κ.Κ. στο ίδιο κατασκευαστικό έργο δεν αναμένεται αναφορά για αυτά τα απόβλητα. • Έλλειψη ελέγχου παραγωγής απορριμμάτων για μικρές και μεσαίες κατασκευαστικές δραστηριότητες, επειδή δεν υποχρεούνται να εγγραφούν σε σύστημα διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ., γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη κατάλληλης επεξεργασίας και παράνομη απόρριψη. • Είναι πολύ δύσκολο να αξιολογηθούν επακριβώς οι πηγές και οι ροές Α.Ε.Κ.Κ..
Συνθήκες αγοράς	Ο φόρος χωματελής χρησιμοποιείται ως μηχανισμός εκτροπής χωματερών.	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν υπάρχει αγορά για ανακυκλωμένα Α.Ε.Κ.Κ.. Χωρίς οικονομικά κίνητρα. Οι πρώτες φυσικές ύλες εξακολουθούν να είναι φθηνότερες και ευκολότερες στην πρόσβαση από τις ανακυκλωμένες. • Έλλειψη φόρου στους φυσικούς πόρους που θα μπορούσαν να καταστήσουν τα ανακυκλωμένα Α.Ε.Κ.Κ. φθηνότερα σε σύγκριση με τα φυσικά προϊόντα • Υψηλό κόστος ανάκτησης/ανακύκλωσης. Υψηλό κόστος δημιουργίας εγκαταστάσεων θεραπείας • Το τελικό ανακυκλωμένο προϊόν δεν ανακατευθύνεται στις αγορές – επί του παρόντος πολύ χαμηλή ζήτηση. Δίνεται κυρίως δωρεάν στους δήμους για δημόσια έργα μικρής κλίμακας.

Χαρακτηριστικό στοιχείο / παράγοντας στην αλυσίδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ.	Οδηγοί	Εμπόδια
<p>Συμβάσεις οικοδομικών έργων</p> <p>Διαδικασία ανακύκλωσης</p>	<p>Υποχρέωση πριν από την έκδοση οικοδομικής άδειας για την κατάρτιση Σχεδίου Διαχείρισης Απορριμμάτων για το κατασκευαστικό έργο, από τον ανάδοχο.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Η εναλλακτική διαχείριση των διατάξεων Α.Ε.Κ.Κ. (=επαναχρησιμοποίηση/ανακύκλωση/ανάκτηση) λείπει σταθερά από τις διαδικασίες Διαγωνισμού δημοσίων έργων • Έλλειψη εναρμονισμένου συστήματος τιμολόγησης για την εναλλακτική διαχείριση του Α.Ε.Κ.Κ.. • Αν και υπάρχει υποχρέωση διαλογής και αποσυναρμολόγησης στο εργοτάξιο, τα Α.Ε.Κ.Κ. συνήθως παραδίδονται μικτά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. • Χαμηλή ποσότητα άλλων υλικών (μετάλλων) που αποστέλλονται στη βιομηχανία για ανακύκλωση (χυτήρια). Ωστόσο, όχι κρίσιμο φορτίο άλλων υλικών, χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης. • Δεν υπάρχουν τεχνικές προδιαγραφές για επιλεκτική κατεδάφιση. • Ανύπαρξη αποτελεσματικής πολιτικής για τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών. • Δεν υπάρχουν κριτήρια End of Waste (EoW) για αδρανές Α.Ε.Κ.Κ.. • Δυσμενής οικονομική κατάσταση της χώρας, με σημαντική επιβράδυνση στον κατασκευαστικό τομέα τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα χαμηλές ποσότητες υλικών για ανακύκλωση. • Έλλειψη προώθησης για την αγορά Α.Ε.Κ.Κ..

Πηγή: (Construction and Demolition Waste management in Greece, 2015)

4ο.Κεφάλαιο: «Βασικές κατηγορίες επαναχρησιμοποιούμενων και ανακυκλώσιμων Α.Ε.Κ.Κ.»

Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) περιλαμβάνουν πολλές κατηγορίες υλικών. Ανάλογα με την κατηγορία των εισερχόμενων υλικών, οι μονάδες ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ. συνδυάζουν διαδικασίες διαλογής, σύνθλιψης, κοσκίνισμά τους και μαγνητικής διαιρέσεως, με αποτέλεσμα την δημιουργία υλικών σε πολλαπλά μεγέθη και κοκκομετρία, ανάλογα με την ζήτησή τους (Your Europe/ΑΕΚΚ, 2022). Κυριότερες αυτών συνοψίζονται ως εξής (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018):

Πίνακας 4.1: Κατηγορίες υλικών Α.Ε.Κ.Κ. με δυνατότητα ανακύκλωσης

α/α	Υλικό
1	Σκυρόδεμα
2	Κεραμικά
3	Ξύλο
4	Γυαλί
5	Πλαστικό
6	Ασφαλτικά υλικά
7	Μέταλλα
8	Εδάφη & πέτρες
9	Μονωτικά υλικά
10	Γύψο & Γυψοσανίδες
11	Χημικά
12	Ηλεκτρονικά & ηλεκτρολογικά υλικά
13	Υλικά συσκευασίας
14	Επικίνδυνα υλικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στις κατηγορίες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων. Συγκεκριμένα με τα αδρανή υλικά/προϊόντα εκσκαφών και το σκυρόδεμα.

4.1 Πηγές Αδρανών Υλικών

Τα αδρανή είναι ένα από τα βασικά συστατικά που καθιστούν το σκυρόδεμα αρκετά ανθεκτικό για χρήση σε κατασκευαστικά έργα.

Οι πηγές για αυτά τα βασικά υλικά διαχωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες (Adomako, Engelsen, Danner, Thorstensen, & Barbieri, 2022):

1. εξόρυξη κοιτασμάτων ορυκτών αδρανών, συμπεριλαμβανομένης της άμμου, του χαλικιού και της πέτρας,
2. χρήση απορριμμάτων σκωρίας από την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα,
3. ανακύκλωση σκυροδέματος, το οποίο κατασκευάζεται κυρίως από ορυκτά αδρανή.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν ορισμένα (μικρά) υλικά που αξιοποιούνται ως ειδικά ελαφριά αδρανή: άργιλος², ελαφρόπετρα³, περλίτης⁴ και βερμικουλίτης.

Τέλος πηγή αδρανών Α.Ε.Κ.Κ. αποτελούν και τα προϊόντα εκσκαφών, τα οποία μπορούν να περιέχουν από ειδικά ελαφριά αδρανή μέχρι χονδρόκοκκα Η ποιότητα και η σύστασή τους εξαρτάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς στην περιοχή της εκσκαφής.

4.1.1 Ανακυκλωμένα αδρανή σκωρίας χαλυβουργίας

Ανακυκλωμένο υλικό όπως η σκωρία υψικαμίνου και καμίνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές ή εν μέρει υποκατάστατο του τσιμέντου Portland. Οι σκωρίες παραγωγής χάλυβα είναι είτε αερόψυκτες είτε υδρόψυκτες. Η αερόψυκτη σκωρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές. Η υδρόψυκτη σκωρία παράγει σωματίδια που μοιάζουν με γυαλί σε μέγεθος άμμου (κοκκοποιημένα). Η προσθήκη ελεύθερου ασβέστη στο νερό κατά τη

² Ο άργιλος είναι ένας τύπος λεπτόκοκκου φυσικού υλικού εδάφους που περιέχει αργιλικά ορυκτά (ένυδρο φυλλοπηριτικό αλουμίνιο).

³ Η ελαφρόπετρα, είναι ένα ηφαιστειακό πέτρωμα που αποτελείται από ηφαιστειακό γυαλί υψηλής φυσαλιδώδους τραχιάς υφής, το οποίο μπορεί να περιέχει κρυστάλλους ή όχι.

⁴ Η περλίτη πέτρα είναι ένας βουλκανικός γυαλίτης που δημιουργείται από τη γρήγορη ψύξη λάβας. Η περλίτη έχει την ιδιότητα να φουσκώνει και να αυξάνει τον όγκο της όταν θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που την καθιστά χρήσιμη σε διάφορες εφαρμογές. Ο περλίτης χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως:

Μόνωση: Λόγω της φυσικής του ικανότητας να φουσκώνει, ο περλίτης χρησιμοποιείται ευρέως ως μόνωση σε οικιακά και επαγγελματικά κτίρια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μόνωση των τοίχων, των οροφών και των οροφωπέδων.

Κατασκευαστικό υλικό: Ο περλίτης προστίθεται σε κονίες και σκυρόδεμα για να βελτιώσει τις ιδιότητές τους. Χρησιμοποιείται σε κατασκευές για τη διαμόρφωση ελαφρών και θερμομονωτικών υλικών.

διάρκεια της ψύξης προσδίδει στην κοκκοποιημένη σκωρία υδραυλικές τσιμεντοειδείς ιδιότητες.

4.1.2 Ανακυκλωμένα αδρανή υαλουργίας

Το ανακυκλωμένο γυαλί θρυμματισμένο σε μικρό μέγεθος αντικαθιστά πολλά έργα κατασκευής και κοινής ωφέλειας στη θέση χαλικιού ή θρυμματισμένου βράχου. Το αδρανή γυαλιού δεν είναι επικίνδυνο στο χειρισμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στρώμα σωλήνων, τοποθετείται γύρω από σωλήνες αποχέτευσης, ομβρίων υδάτων ή πόσιμου νερού για τη μεταφορά βάρους από την επιφάνεια και την προστασία του σωλήνα. Μια άλλη κοινή χρήση είναι ως γέμισμα για να φέρει το επίπεδο ενός τσιμεντένιου δαπέδου στο επιθυμητό ύψος με μείωση της ποσότητας τσιμέντου. Η χρήση αδρανών γυαλιού βοηθά στο κλείσιμο του κύκλου στην ανακύκλωση γυαλιού σε πολλά μέρη όπου το γυαλί δεν μπορεί να λιώσει σε νέο γυαλί.

4.1.3 Επαναχρησιμοποίηση αδρανών

Τα ίδια τα αδρανή μπορούν να ανακυκλωθούν ως αδρανή. Τα ανακυκλώσιμα αδρανή τείνουν να συγκεντρώνονται σε αστικές περιοχές. Η παροχή ανακυκλωμένων αδρανών υλικών εξαρτάται από τη φυσική αποσύνθεση και την κατεδάφιση κατασκευών ή μπορούν να ληφθούν ως προϊόντα εκσκαφών. Οι κινητές μονάδες ανακύκλωσης εξαλείφουν το κόστος μεταφοράς του υλικού σε μια κεντρική τοποθεσία. Το ανακυκλωμένο υλικό είναι συνήθως μεταβλητής ποιότητας.

Οι εργολάβοι εξοικονομούν κόστος διάθεσης και λιγότερα αδρανή θάβονται ή συσσωρεύονται και εγκαταλείπονται (Adomako, Engelsen, Danner, Thorstensen, & Barbieri, 2022), (Luo, και συν., 2022).

4.1.4 Ανακυκλωμένα αδρανή από σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο δομικό υλικό. Παγκοσμίως, περίπου 30 δισεκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο για κατασκευή κτιρίων, σηράγγων, γεφυρών και δρόμων. Το υλικό δεν απαιτεί συντήρηση, είναι πυρασφαλές και έχει μεγάλο κύκλο ζωής. Η περιβαλλοντική πρόκληση έγκειται στην παραγωγή του. Η παραγωγή του τσιμέντου Portland, ενός σημαντικού συστατικού στο σκυρόδεμα, συμβάλλει στο 95% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από σκυρόδεμα. Το τσιμέντο μόνο αντιπροσωπεύει το 6% της παγκόσμιας συνολικής εκπομπής CO₂.

Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση εστιάζει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του σκυροδέματος στο κλίμα και στην αύξηση της λειτουργικότητας και της διάρκειας ζωής. Με την διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης προσφέρεται η ανάπτυξη εναλλακτικών τσιμεντοειδών υλικών και σκυροδέματος, στην ανθεκτικότητα και το σχεδιασμό νέων προϊόντων και κατασκευών σκυροδέματος.

Από την ανακύκλωση του σκυροδέματος μπορούμε να εξάγουμε διάφορους τύπους υλικών, αναλόγως την επεξεργασία που θα υποβάλλουμε το σκυρόδεμα. Μπορούμε να ανακτήσουμε τον χάλυβα σε ποσοστό που φτάνει το 100% και αδρανή υλικά, είτε χονδρόκοκκα, είτε λεπτόκοκκα. Η ποιότητα αυτών εξαρτάται αρχικά από την ποιότητα του σκυροδέματος που ανακυκλώνουμε, από τα πρόσμικτα σε αυτό αλλά και από την μέθοδο επεξεργασίας και διαχωρισμού του.

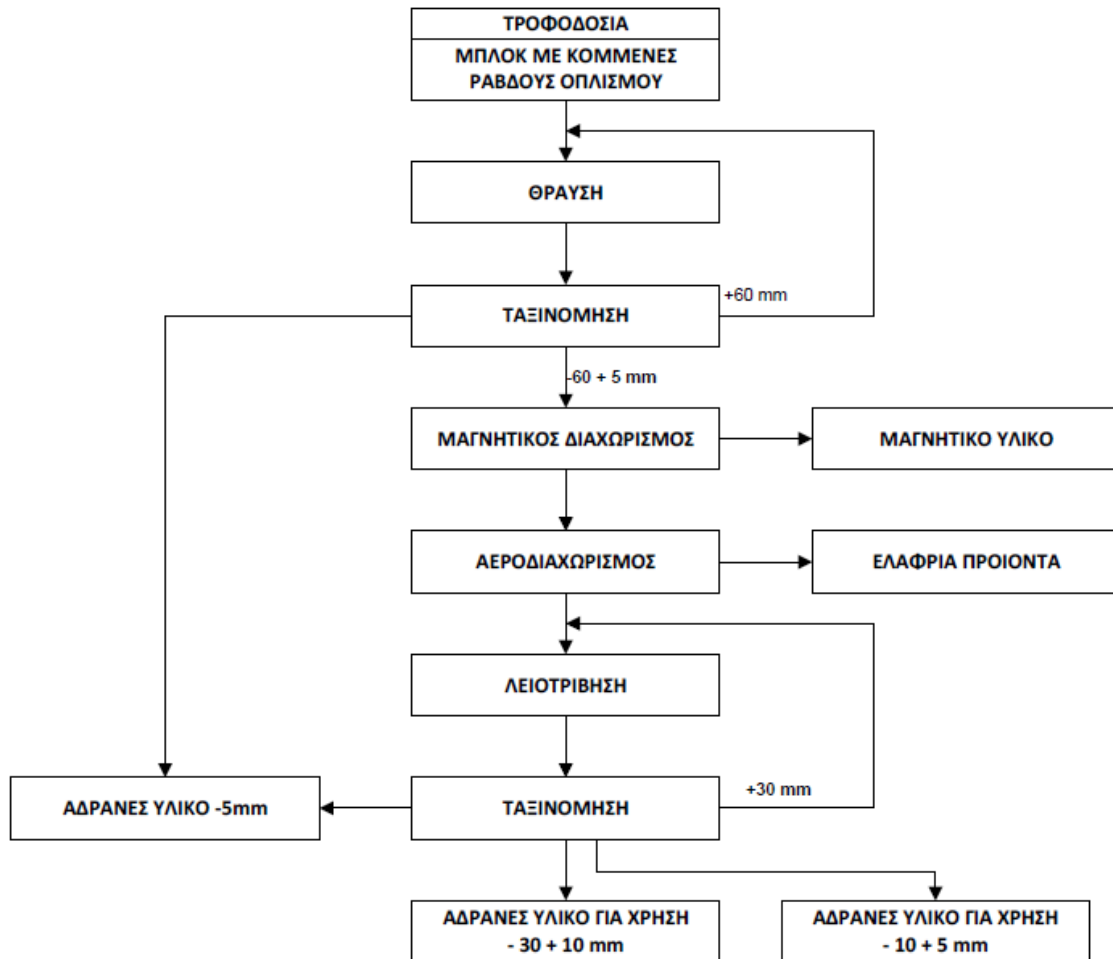
Τελευταίες έρευνες εστιάζουν στην ανάκτηση και του τσιμέντου από σκυρόδεμα Α.Ε.Κ.Κ. και την χρήση αυτού σε παραγωγή χαμηλής ποιότητας σκυροδέματος. (Τσακαλάκης Κ., Συρμακέζης Κ., Σαμμάς Η., 2016)

4.1.4.1 Μέθοδοι επεξεργασίας και λήψης δευτερογενών υλικών από το ανακυκλωμένο σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα μπορεί να ανακυκλωθεί θραύοντας το και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας σήτες για τον διαχωρισμό λεπτών και χονδροειδών υλικών, μαγνήτες για την αφαίρεση χάλυβα, ο οποίος μπορεί να ανακυκλωθεί στο 100%, και επίπλευση νερού για την αφαίρεση άλλων ανεπιθύμητων υλικών. Με λίγα λόγια η διαδικασία επεξεργασίας του σκυροδέματος Α.Ε.Κ.Κ. απαρτίζεται από το στάδιο της μείωσης του μεγέθους (θραύση, λειοτρίβηση κ.α.), τον διαχωρισμό κατά μέγεθος και σχήμα (κοσκίνισμα) και τέλος από την απόληψη δευτερογενών υλικών (μέθοδος του μαγνητικού διαχωρισμού, αεροδιαχωρισμού). Ενδεικτική ροή της διαδικασίας επεξεργασίας και διαχωρισμού εμφανίζεται στην εικόνα 4.1.

Τα προκύπτοντα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση σκληροπυρηνικών υποβάσεων κάτω από νέες κατασκευές, χαλίκι για μονοπάτια ή δρόμους, ως υλικό πλήρωσης συρματοκιβωτίων ή ακόμη και να λειτουργούν ως αδρανή για νέο σκυρόδεμα. Ειδικά όταν προορίζονται για την παραγωγή νέου σκυροδέματος πρέπει να δίνεται μεγάλο βάρος στην αφαίρεση προσμίξεων, καθώς αυτές μπορούν να συμβάλουν αρνητικά στο τελικό προϊόν.

Ακολουθώντας την επιστημονική εξέλιξη και εφαρμόζοντάς την σε νέα μηχανήματα και τρόπους επεξεργασίας του ανακυκλώσιμου σκυροδέματος μπορούμε να επιτύχουμε έως και πλήρη αξιοποίηση των δευτερευόντων προϊόντων που προκύπτουν από αυτό. (Τσακαλάκης Κ., Συρμακέζης Κ., Σαμμάς Η., 2016)



Εικόνα 4.1: Ενδεικτική ροή της διαδικασίας ανακύκλωσης του σκυροδέματος

Πηγή: (Τσακαλάκης Κ., Συρμακέζης Κ., Σαμμάς Η., 2016)

Εάν περιέχει πολλούς ρύπους είναι πιο δύσκολο να ανακυκλωθεί, αλλά αξίζει πραγματικά να προσπαθήσουμε. Η ανακύκλωση σημαίνει λιγότερη εξόρυξη χαλικιού και λιγότερη υγειονομική ταφή, επομένως η ανακύκλωση ενός τόνου σκυροδέματος θα μπορούσε να εξοικονομήσει 6.182 λίτρα νερού και 900 κιλά CO_2 .

Το ποσοστό των ανακυκλωμένων Α.Ε.Κ.Κ. που συνήθως χρησιμοποιείται παραμένει χαμηλό στο νέο σκυρόδεμα, επειδή διαφορετικά η απόδοσή του μπορεί να μειωθεί. Ωστόσο, νέες διεργασίες που χρησιμοποιούν χημικά πρόσθετα μπορούν να βοηθήσουν στη διάσπαση

του παλιού σκυροδέματος σε άμμο, χαλίκι και ασβεστόλιθο, δεσμεύοντας 60 kg CO₂ ανά τόνο και επιτρέποντας την κατασκευή νέου σκυροδέματος πολύ υψηλότερης ποιότητας από ανακυκλωμένα υλικά.

Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Τόκιο πρότειναν επίσης ένα νέο είδος σκυροδέματος που είναι εμπνευσμένο από τον τρόπο που ορισμένοι υδρόβιοι οργανισμοί σκληραίνουν σε απολιθώματα με την πάροδο του χρόνου. Εξάγουν ασβέστιο από το απορριπτόμενο σκυρόδεμα και το συνδυάζουν με διοξείδιο του άνθρακα από τα βιομηχανικά καυσαέρια ή ακόμα και από τον αέρα, δημιουργώντας νέο «σκυρόδεμα ανθρακικού ασβεστίου» (Bentley, 2022).

4.1.4.2 Χαρακτηριστικά αδρανών που προκύπτουν από ανακυκλωμένο σκυρόδεμα

Τα αδρανή ως υλικό με το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής κατά όγκο και βάρος κατά την παραγωγή σκυροδέματος επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα αυτού, από την εργασιμότητά του μέχρι και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Τα αδρανή από ανακυκλωμένο σκυρόδεμα, λόγω ότι δεν προέρχονται από έναν φυσικό εξορυσσόμενο όγκο υλικού, παρουσιάζουν μια διαφορετική ποικιλία χαρακτηριστικών από τα προερχόμενα φυσικά.

Όπως προαναφέρθηκε από την ανακύκλωση του σκυροδέματος και ανάλογα του τρόπου επεξεργασίας του μπορούμε να γίνει απόληψη χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών.

4.1.4.2.1 Λεπτόκοκκα αδρανή

Απόληψη λεπτόκοκκων αδρανών γίνεται μετά από αρκετά στάδια θραύσης του σκυροδέματος και λειοτρίβηση, η σύσταση των οποίων είναι αδρανή, παλαιό κονίαμα και πρόσμικτα. Συνεπώς δεν πρόκειται για ένα καθαρό λεπτόκοκκο υλικό. Παρουσιάζει μεγαλύτερη τραχύτητα και γωνιότητα, μειωμένο ειδικό βάρος και πυκνότητα και μεγαλύτερο πορώδες.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η χρήση λεπτόκοκκου υλικού προερχόμενο από σκυρόδεμα Α.Ε.Κ.Κ. για την παραγωγή νέου σκυροδέματος εγκυμονεί κινδύνους ως προς τα τελικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου σκυροδέματος, καθώς υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την ποιότητα, την σύσταση και την αντοχή του λεπτόκοκκου υλικού.

Η χρήση του για την παραγωγή νέων κονιαμάτων δεν είναι απαγορευτική. Κάποιες έρευνες δείχνουν ότι, λόγω της τραχύτητας που έχουν, το παραχθέν κονίαμα έχει παρόμοια αντοχή με τα κονιάματα που παράγονται με φυσικά λεπτόκοκκα αδρανή. (Ashraf, Warda; Verian, Kho Pin; Cao, Yizheng;, 2018)

4.1.4.2.2 Χονδρόκοκκα αδρανή

Η απόληψη των χονδρόκοκκων αδρανών από σκυρόδεμα Α.Ε.Κ.Κ. γίνεται με αντίστοιχο τρόπο με τα λεπτόκοκκα αδρανή. Παρόμοια είναι και η σύστασή τους, δηλαδή απαρτίζονται από αδρανή, παλαιό κονίαμα και πρόσμικτα. Έρευνες έδειξαν ότι το προσκολλημένο κονίαμα μπορεί να φτάσει σε ποσοστό μέχρι και το 28,9% και να καταλάβει όγκο μέχρι και το 30% του αδρανούς. (Ashraf, Warda; Verian, Kho Pin; Cao, Yizheng;, 2018)

Η ανομοιογένειας που παρουσιάζει ως υλικό σε σύσταση και σε σχήμα (τραχύτερη και ακανόνιστη επιφάνεια) του προσδίδει μειωμένη πυκνότητα και μειωμένο ειδικό βάρος. Επίσης εμφανίζει μεγαλύτερο πορώδες, με αποτέλεσμα την αυξημένη απορροφητικότητα. Επιπρόσθετα, λόγω των ρηγματωμένων από την διαδικασία επεξεργασίας αδρανών και του προσκολλημένου κονιάματος, παρατηρείται μειωμένη αντοχή, οι οποίες επιβεβαιώνονται και από δοκιμές Los Angeles. Τέλος εμφανίζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε θειικά και χλωριόντα. (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018)



Εικόνα 4.2: Χαρακτηριστικό παράδειγμα άποψης ανακυκλωμένου αδρανούς, με επικολλημένο κονίαμα
Πηγή: (Bonifazi, Giuseppe; Palmieri, Roberta; Serranti, Silvia;, 2018)

5ο.Κεφάλαιο: «Σκυρόδεμα»

5.1 Γενικά Στοιχεία

Σκυρόδεμα είναι το δομικό υλικό που αποτελείται από μια σκληρή, χημικά αδρανής σωματιδιακή ουσία, συνήθως άμμος και χαλίκι, που ενώνεται μεταξύ τους με τσιμέντο και νερό. Είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό που υπάρχει και βρίσκεται πίσω μόνο από το νερό ως ο πόρος που καταναλώνεται περισσότερο στον πλανήτη. (Gagg, C. R., 2014)

Μεταξύ των αρχαίων Ασσυρίων και Βαβυλωνίων, η συνδετική ουσία που χρησιμοποιήθηκε συχνότερα ήταν ο πηλός. Οι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν μια ουσία που μοιάζει περισσότερο με το σύγχρονο σκυρόδεμα χρησιμοποιώντας ασβέστη και γύψο ως συνδετικά. Ο ασβέστης (οξειδίο του ασβεστίου), που προέρχεται από ασβεστόλιθο, κιμωλία ή (όπου υπάρχει) κοχύλια στρειδιών, συνέχισε να είναι ο κύριος ποζολανικός⁵ παράγοντας ή παράγοντας σχηματισμού τσιμέντου μέχρι τις αρχές του 1800. Το 1824 ένας Άγγλος εφευρέτης, ο Joseph Aspdin, έκαψε και άλεσε μαζί ένα μείγμα ασβεστόλιθου και πηλού. Αυτό το μείγμα, που ονομάζεται τσιμέντο Πόρτλαντ (portland), έχει παραμείνει το κυρίαρχο τσιμεντωτικό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή σκυροδέματος (Lotha, Augustyn, & Schreiber, 2022).

Το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από το είδος του αδρανούς ή τσιμέντου που χρησιμοποιείται, από τις ειδικές ιδιότητες που εκδηλώνει, ή με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του. Στο συνηθισμένο δομικό σκυρόδεμα, ο χαρακτήρας του σκυροδέματος καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την αναλογία νερού προς τσιμέντο. Όσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε νερό, τόσο ισχυρότερο είναι το σκυρόδεμα. Το μείγμα πρέπει να έχει αρκετό νερό ώστε να διασφαλίζεται ότι κάθε σωματίδιο αδρανούς περιβάλλεται πλήρως από την πάστα τσιμέντου, ότι οι χώροι μεταξύ των αδρανών γεμίζουν και ότι το σκυρόδεμα είναι αρκετά υγρό για να χυθεί και να απλωθεί αποτελεσματικά. Ένας άλλος παράγοντας ανθεκτικότητας είναι η ποσότητα του τσιμέντου σε σχέση με το αδρανές (εκφρασμένο ως αναλογία τριών μερών -τσιμέντο προς λεπτόκοκκο αδρανή προς χονδρόκοκκο αδρανή).

⁵ Τα ποζολανικά τσιμέντα είναι μείγματα τσιμέντου πόρτλαντ και ενός ποζολανικού υλικού που μπορεί να είναι είτε φυσικό είτε τεχνητό. Οι φυσικές ποζολάνες είναι κυρίως υλικά ηφαιστειακής προέλευσης αλλά περιλαμβάνουν ορισμένες γαίες διατόμων.

Η αντοχή του σκυροδέματος μετριέται σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα ή N/mm^2 της δύναμης που απαιτείται για τη σύνθλιψη ενός δείγματος δεδομένης ηλικίας ή σκληρότητας. Επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, ιδιαίτερα τη θερμοκρασία και την υγρασία. Εάν αφεθεί να στεγνώσει πρόωρα, μπορεί να αντιμετωπίσει άνισες τάσεις εφελκυσμού που σε ατελώς σκληρυμένη κατάσταση δεν μπορεί να αντισταθούν. Στη διαδικασία που είναι γνωστή ως σκλήρυνση, το σκυρόδεμα διατηρείται υγρό για κάποιο χρονικό διάστημα μετά την έκχυση για να επιβραδυνθεί η συρρίκνωση που συμβαίνει καθώς σκληραίνει. Οι χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν επίσης αρνητικά την αντοχή του. Για αυτό, ένα πρόσθετο όπως το χλωριούχο ασβέστιο αναμιγνύεται με το τσιμέντο, βέβαια σε περιορισμένη ποσότητα, καθώς επηρεάζει την αντιδιαβρωτική προστασία του χάλυβα. Αυτό επιταχύνει τη διαδικασία πήξης, η οποία με τη σειρά της παράγει θερμότητα επαρκή για να εξουδετερώσει τις μέτρια χαμηλές θερμοκρασίες (Lotha, Augustyn, & Schreiber, 2022).

Τα συστατικά στα συμβατικά μείγματα σκυροδέματος εμπίπτουν συνήθως σε αυτά τα αναλογικά εύρη (ConcreteNetwork/The Role of Aggregate in Concrete, 2022):

Πίνακας 5.1: Συμβατικά μείγματα σκυροδέματος.

Συστατικό	Εύρος
Αδρανή	60% - 80%
Τσιμέντο	7% - 15%
Νερό	14% - 18%
Αέρας	2% - 8%

5.2 Συστατικά σκυροδέματος

5.2.1 Τσιμέντο

Σε αντίθεση με τη δημοφιλή πεποίθηση, το σκυρόδεμα και το τσιμέντο δεν είναι το ίδιο πράγμα. Το τσιμέντο είναι στην πραγματικότητα απλώς ένα συστατικό του σκυροδέματος. Συνήθως χρησιμοποιείται σε μορφή σκόνης, δρα ως συνδετικός παράγοντας όταν αναμιγνύεται με νερό και αδρανή. Αυτός ο συνδυασμός, ή μίγμα σκυροδέματος, θα χυθεί και θα σκληρύνει στο ανθεκτικό υλικό με το οποίο όλοι γνωρίζουμε.

Σπάνια χρησιμοποιείται μόνο του, αλλά με συνάρτηση άμμου και χαλικιού (αδρανή). Αναμεμειγμένο με λεπτά αδρανή παράγει κονίαμα για τοιχοποιία ενώ αναμειγμένο με άμμο και χαλίκι παράγει σκυρόδεμα.

Τα τσιμέντα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή είναι συνήθως ανόργανα, συχνά με βάση το ανθρακικό ασβέστιο ή το πυριτικό ασβέστιο, τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν υδραυλικά ή λιγότερο κοινά μη υδραυλικά, ανάλογα με την ικανότητα του τσιμέντου να πήζει παρουσία νερού (PCA/How Cement is Made, 2022).

Τα υδραυλικά τσιμέντα (π.χ. τσιμέντο Portland) πήζουν και γίνονται συγκολλητικά μέσω μιας χημικής αντίδρασης μεταξύ των ξηρών συστατικών και του νερού. Η χημική αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό ορυκτών υδριτών που δεν είναι πολύ υδατοδιαλυτοί και επομένως είναι αρκετά ανθεκτικοί στο νερό και ασφαλείς από χημική αντίδραση. Αυτό επιτρέπει την πήξη σε υγρές συνθήκες ή κάτω από νερό και προστατεύει περαιτέρω το σκληρυμένο υλικό από χημική αντίδραση.

Το μη υδραυλικό τσιμέντο (λιγότερο συνηθισμένο) δεν πήζει σε υγρές συνθήκες ή κάτω από νερό. Αντίθετα, πήζει καθώς στεγνώνει και αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα στον αέρα. Είναι ανθεκτικό σε προσβολή από χημικά μετά την πήξη.

Η παραγωγή τσιμέντου προκαλεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλα τα στάδια της διαδικασίας. Αυτές περιλαμβάνουν εκπομπές ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη μορφή σκόνης, αερίων, θορύβου και κραδασμών κατά τη λειτουργία μηχανημάτων και κατά τις ανατινάξεις σε λατομεία, και ζημιές στην ύπαιθρο από λατομεία. Ο εξοπλισμός για τη μείωση των εκπομπών σκόνης κατά τη διάρκεια της εξόρυξης και της κατασκευής τσιμέντου χρησιμοποιείται ευρέως και ο εξοπλισμός για την παγίδευση και τον διαχωρισμό των καυσαερίων τίθεται σε αυξημένη χρήση. Η προστασία του περιβάλλοντος περιλαμβάνει επίσης την επανένταξη λατομείων στην ύπαιθρο μετά το κλείσιμο τους με την επιστροφή τους στη φύση ή την εκ νέου καλλιέργειά τους (PCA/How Cement is Made, 2022).

5.2.2 Αδρανή

Τα αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και κυμαίνονται από λεπτόκοκκα έως χονδόκοκκα. Σε αυτά περιλαμβάνεται η άμμος, το χαλίκι, η θρυμματισμένη πέτρας, η σκωρία, το ανακυκλωμένο σκυρόδεμα και τα γεωσυνθετικά αδρανή.

Είναι τα πιο εξορυσσόμενα υλικά στον κόσμο και αποτελούν συστατικό σύνθετων υλικών όπως το σκυρόδεμα και η άσφαλτος, και χρησιμεύουν ως ενίσχυση για να προσθέσουν αντοχή στο συνολικό σύνθετο υλικό. Λόγω της σχετικά υψηλής τιμής υδραυλικής αγωγιμότητας σε σύγκριση με τα περισσότερα εδάφη, τα αδρανή χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές αποστράγγισης, όπως αποχετεύσεις θεμελίωσης,

σηπτικά πεδία αποστράγγισης, αποχετεύσεις τοίχων αντιστήριξης και αποχετεύσεις ακμών δρόμου. Επιπρόσθετα χρησιμοποιούνται ως βασικά υλικά σε θεμέλια, δρόμους και σιδηροδρόμους. Αν και τα περισσότερα είδη αδρανών απαιτούν μια μορφή συνδετικού παράγοντα, υπάρχουν τύποι αυτοσυνδετικών συσσωματωμάτων που δεν απαιτούν καμία μορφή συνδετικού παράγοντα (NatraTex Surfacing Solutions/Self-Binding Gravel, 2022).

Θεωρούνται γενικά ως αδρανές πληρωτικό υλικό μέσα σε ένα μίγμα σκυροδέματος, αλλά μια πιο προσεκτική ματιά αποκαλύπτει τον κύριο ρόλο και την επιρροή που παίζουν τα αδρανή στις ιδιότητες τόσο του νωπού όσο και του σκληρυμένου σκυροδέματος. Είναι ένα κρίσιμο συστατικό στα μείγματα σκυροδέματος, συμβάλλοντας στην αντοχή και στις ελαστικές και θερμικές ιδιότητες του. Βοηθούν επίσης στη σταθερότητα των διαστάσεων και του όγκου του σκυροδέματος, ενώ ελέγχουν τη συρρίκνωση και αποτρέπουν τη ρηγμάτωση.

Οι αλλαγές στη διαβάθμιση, στο μέγιστο μέγεθος, στο μοναδιαίο βάρος και στην περιεκτικότητα σε υγρασία μπορούν όλα να αλλάξουν τον χαρακτήρα και την απόδοση του μείγματος σκυροδέματος. (Simões dos Reis, Quattrone, Ambrós, Cazacliu, & Sampaio, 2021) (ConcreteNetwork/The Role of Aggregate in Concrete, 2022). Το μέγεθος των αδρανών επηρεάζει την ποσότητα του νερού, την ποσότητα του τσιμέντου και την αντοχή του σκυροδέματος. Ανάλογα με την κοκκομετρική σύνθεση διαμορφώνεται και η απαίτηση σε τσιμεντόπαστα, η εργασιμότητα, η ρευστότητα και φυσικά η αντοχή του σκυροδέματος. (Τσακαλάκης, 2020)

Για την παρασκευή του σκυροδέματος τα αδρανή που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι γερά, καθαρά και σκληρά σωματίδια χωρίς χημικά ή επιστρώσεις που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν το σκυρόδεμα. (Simões dos Reis, Quattrone, Ambrós, Cazacliu, & Sampaio, 2021)

Ένας ρόλος του χονδροειδούς αδρανούς στο σκυρόδεμα είναι η μείωση του κόστους παραγωγής μειώνοντας την ποσότητα τσιμέντου που χρειάζεται, το οποίο αποτελεί το πιο δαπανηρό συστατικό. Λιγότερο τσιμέντο (εντός λογικών ορίων αντοχής) θα σημαίνει λιγότερο νερό εάν η αναλογία νερού-τσιμέντου (w/c - water-cement) διατηρείται σταθερή. Η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό θα μειώσει την πιθανότητα συρρίκνωσης και ρωγμών που σχετίζεται με περιορισμένη αλλαγή όγκου. Ωστόσο, η επιλογή του μέγιστου μεγέθους σωματιδίων αφήνει περισσότερο κενό χώρο μεταξύ των σωματιδίων, αφήνοντας το σκυρόδεμα πιο αδύναμο και πιο ευάλωτο σε ζημιές.

Στην Ευρώπη, τα εύρη μεγεθών καθορίζονται ως d/D , όπου το d δείχνει το μικρότερο και το D δείχνει το μεγαλύτερο πλέγμα τετραγωνικού πλέγματος που μπορούν να περάσουν τα σωματίδια. Οι προτιμώμενες διαστάσεις για συγκεκριμένες εφαρμογές καλύπτονται από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13043 για την κατασκευή δρόμων, EN 13383 για μεγαλύτερες πέτρες θωράκισης, EN 12620 για αδρανή σκυροδέματος, EN 13242 για βασικά στρώματα οδοποιίας και EN 13450 για έρμα σιδηροδρόμων.

Η Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (American Society for Testing and Materials)⁶ δημοσιεύει λεπτομερή λίστα προδιαγραφών, συμπεριλαμβανομένων των ASTM D 692 και ASTM D 1073 για διάφορα προϊόντα δομικών αδρανών, τα οποία, από τον ατομικό σχεδιασμό τους, είναι κατάλληλα για συγκεκριμένους κατασκευαστικούς σκοπούς. Αυτά τα προϊόντα περιλαμβάνουν συγκεκριμένους τύπους χονδροειδών και λεπτών αδρανών που έχουν σχεδιαστεί για τέτοιες χρήσεις όπως πρόσθετα σε ασφαλτομίγματα και σκυρόδεμα, καθώς και άλλες κατασκευαστικές χρήσεις. Βελτιώνουν περαιτέρω τις προδιαγραφές του συνολικού υλικού προκειμένου να προσαρμόσουν τη συνολική χρήση στις ανάγκες και τη διαθέσιμη προσφορά στις συγκεκριμένες τοποθεσίες τους.

Σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (American Society for Testing and Materials) χαρακτηρίζονται γενικά είτε ως λεπτά (με μέγεθος από 0,025 έως 6,5 mm [0,001 έως 0,25 ίντσες]) είτε ως χονδροειδή (από 6,5 έως 38 mm [0,25 έως 1,5 ίντσες] ή μεγαλύτερα).

Η διαβάθμιση εξετάζει συγκεκριμένα τον διαθέσιμο χώρο μέσα στο σκυρόδεμα, προσδιορίζοντας την διαβάθμιση των αδρανών. Τα συγκεντρωτικά στοιχεία λαμβάνουν έναν από τους τρεις τυπικούς βαθμούς (Ferriz-Pari & Thomas, 2017):

- **Καλή διαβάθμιση:** Τα καλά διαβαθμισμένα συγκεντρωτικά στοιχεία βρίσκονται στην κορυφή των βαθμίδων ταξινόμησης. Αυτά τα αδρανή είναι σφιχτά συσκευασμένα και περιέχουν διάφορα μεγέθη σωματιδίων. Τα διαφορετικά μεγέθη σωματιδίων του σημαίνουν ότι τα καλά διαβαθμισμένα αδρανή μπορούν να καταλάβουν τον διαθέσιμο χώρο μέσα στο σκυρόδεμα, καθιστώντας το ισχυρότερο και πιο ανθεκτικό. Αν και αυτός ο βαθμός είναι ο ισχυρότερος, μπορεί να έχει λιγότερο ελκυστική εμφάνιση με βάση τα σωματίδια που επελέγησαν.

⁶ Είναι ένας διεθνής οργανισμός προτύπων που αναπτύσσει και δημοσιεύει εθελοντικά συναινετικά τεχνικά πρότυπα για ένα ευρύ φάσμα υλικών, προϊόντων, συστημάτων και υπηρεσιών.

- **Κακή διαβάθμιση:** Αυτός ο βαθμός δείχνει ελάχιστη διακύμανση στο μέγεθος των σωματιδίων μέσα στο σκυρόδεμα. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος του αδρανούς έχει το ίδιο μέγεθος, συνήθως δεν μπορεί να καταλάβει όλο το χώρο στο σκυρόδεμα, αφήνοντας ένα κενό που απαιτεί σημαντική ποσότητα σκυροδέματος για να γεμίσει. Ως αποτέλεσμα, το κακοβαθμισμένο σκυρόδεμα είναι πιο αδύναμο και πιο ευάλωτο σε ζημιές.
- **Διαβαθμισμένο διάκενο:** Αυτός ο βαθμός περιέχει έναν συνδυασμό ή μικρά και μεγάλα σωματίδια. Ενώ τα συγκεντρωτικά με διαβάθμιση κενού είναι σφιχτά συσκευασμένα, δεν περιλαμβάνουν αδρανή μεσαίου μεγέθους. Η σημαντική διαφορά στο μέγεθος των σωματιδίων δεν παρέχει την ίδια ομοιομορφία με το καλά διαβαθμισμένο σκυρόδεμα

Τα αδρανή αποτελούν το 60% έως 80% ενός τυπικού μίγματος σκυροδέματος, επομένως πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα για να είναι ανθεκτικά, να αναμειγνύονται για βέλτιστη απόδοση και να ελέγχονται για να παράγουν σταθερή αντοχή, εργασιμότητα, φινιρισμό και ανθεκτικότητα σκυροδέματος.

5.2.3 Νερό

Το νερό χρησιμοποιείται για την σύνδεση του τσιμέντου με τα αδρανή προκαλώντας την λεγόμενη αντίδραση ενυδάτωσης. Κατά την αντίδραση αυτή σταδιακά δημιουργείται πλέγμα κρυστάλλων, οι οποίοι καθώς αυξάνονται προσδίδουν το χαρακτηριστικό της δυσκαμψίας στο σκυρόδεμα. Πέραν της ενυδάτωσης χρησιμοποιείται ώστε να καταστεί πιο εύκολη η άντληση και η διαμόρφωση/διάστρωση σε καλούπια, με λίγα λόγια για να είναι εφικτή η εργασιμότητα του. (Αγγέλης, Δημήτριος Γ., 2004)

5.2.4 Πρόσθετα / Πρόσμικτα

Τα πρόσμικτα είναι προσθήκες στο μείγμα που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη ορισμένων στόχων (ConcreteNetwork/Concrete Admixtures: Most Common Types, 2022).

Εδώ είναι οι κύριες προσμίξεις και τι στοχεύουν να επιτύχουν.

1. Επιταχυντικό πρόσμικτο (Accelerating admixture): επιταχυντές προστίθενται στο σκυρόδεμα για να μειωθεί ο χρόνος πήξης του σκυροδέματος και να επιταχυνθεί η πρώιμη αντοχή. Το μέγεθος της μείωσης του χρόνου πήξης ποικίλλει ανάλογα με την ποσότητα του επιταχυντή που χρησιμοποιείται. Το χλωριούχο ασβέστιο είναι ένας επιταχυντής χαμηλού κόστους, αλλά οι προδιαγραφές απαιτούν συχνά έναν μη χλωριούχο επιταχυντή για την πρόληψη της διάβρωσης του χάλυβα οπλισμού.

2. Επιβραδυντικά πρόσμικτα (Retarding admixtures): χρησιμοποιούνται συχνά σε ζεστές καιρικές συνθήκες για την καθυστέρηση του χρόνου πήξης. Χρησιμοποιούνται επίσης για την καθυστέρηση σε πιο δύσκολων εργασιών ή για ειδικές εργασίες φινιρίσματος όπως η έκθεση αδρανών. Πολλοί επιβραδυντές λειτουργούν και ως μειωτές νερού.
3. Ιπτάμενη Τέφρα (Fly Ash): είναι υποπροϊόν εγκαταστάσεων καύσης άνθρακα. Η Ιπτάμενη τέφρα μπορεί να αντικαταστήσει το 15%-30% του τσιμέντου στο μείγμα. Τσιμέντο και Ιπτάμενη τέφρα μαζί στο ίδιο μείγμα αποτελούν ένα συνολικό τσιμεντοειδές υλικό. Η προσθήκη της βελτιώνει την εργασιμότητα και μειώνει τη θερμότητα ενυδάτωσης που παράγεται από το τσιμέντο.
4. Πρόσμικτα που συμπαρασύρουν τον αέρα (Air Entraining Admixtures): πρέπει να χρησιμοποιούνται κάθε φορά που το σκυρόδεμα εκτίθεται σε ψύξη και καύσωνα και σε άλατα αποπάγωσης. Τα πρόσμικτα αυτά παρασύρουν μικροσκοπικές φυσαλίδες αέρα στο σκυρόδεμα, επομένως όταν το σκληρυμένο σκυρόδεμα παγώνει, το παγωμένο νερό μέσα σε αυτό διαστέλλεται σε αυτές τις φυσαλίδες αέρα αντί να καταστρέφει το σκυρόδεμα. Με τα πρόσμικτα αυτά παράγεται πιο λειτουργικό μείγμα, καθώς βελτιώνεται η εργασιμότητα και η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος
5. Πρόσμικτα που μειώνουν το νερό (Water reducing admixtures): μειώνουν την ποσότητα νερού που απαιτείται στο μείγμα σκυροδέματος. Η αναλογία νερού τσιμέντου θα είναι χαμηλότερη και η αντοχή θα είναι μεγαλύτερη. Οι περισσότεροι μειωτές νερού χαμηλής εμβέλειας μειώνουν το νερό που απαιτείται στο μείγμα κατά 5%-10%. Οι μειωτές νερού υψηλής εμβέλειας μειώνουν την απαιτούμενη ποσότητα νερού ανάμιξης κατά 12% έως 30%, αλλά είναι πολύ ακριβοί και σπάνια χρησιμοποιούνται σε συνήθεις κατασκευές.

5.3 Κατηγορίες, ιδιότητες και χαρακτηριστικά σκυροδέματος

5.3.1 Γενικά

Οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες κυρίως λόγω της αναλογίας μίγματος τσιμέντου, άμμου, αδρανών και νερού. Η αναλογία αυτών των υλικών ελέγχει τις διάφορες ιδιότητες του σκυροδέματος που συζητούνται παρακάτω (Constructor/Properties of Concrete and their Uses, 2022), (ΤΕΕ/Κατηγορίες Σκυροδέματος, 2018).

Στην Ελλάδα σε ότι αφορά στην σκυροδέτηση εφαρμόζουμε τον Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016 (ΚΤΣ-2016), ο οποίος επικαιροποίησε τον ΚΤΣ-1985 και τον ΚΤΣ-1997.

Εγκρίθηκε με την με αριθμό Γ.Δ.Τ.Υ./οικ.3328/12-5-16 Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 1561/Β/02-6-16) και στη συνέχεια τροποποιήθηκε με τις με αριθμό ΔΝΣΓ/72602/ΦΝ429/16 (ΦΕΚ 4007/Β/14-12-16), ΔΝΣΓ/23597/ΦΝ429/17 (ΦΕΚ 1839/Β/25-5-17) και ΔΝΣ/2693/ΦΝ/429/18 (ΦΕΚ 466/Β/14-2-18) Υπουργικές Αποφάσεις.

Χρησιμοποιείται σε όλα τα στάδια παραγωγής σκυροδέματος, από τα υλικά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, μέχρι και την συντήρηση του σκυροδέματος.

Νέα στοιχεία ελέγχου που εισάγονται είναι η έννοια της Κατηγορία έκθεσης ή Κατηγορία περιβαλλοντικής έκθεσης (Exposure class), δηλαδή η έκθεση σε επιβλαβείς παράγοντες, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται και οι κατηγορίες έκθεσης του ΕΛΟΤ EN 206 και απαιτούν συνήθως προσοχή σε (5) παράγοντες, τα λεγόμενα «5C», δηλαδή:

- Cement content (ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου)
- Water / Cement ratio (λόγος Νερού προς Τσιμέντο)
- Compaction (συμπύκνωση / δόνηση σκυροδέματος)
- Curing (συντήρηση σκυροδέματος)
- Cover (πάχος της στρώσεως της επικάλυψης οπλισμού).

5.3.2 Κατηγορίες σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα είναι μια κατηγορία υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή κτιρίων, γέφυρων, οδοστρωμάτων και άλλων κατασκευών. Οι κύριες κατηγορίες σκυροδέματος περιλαμβάνουν:

- Σκυρόδεμα με κανονική αντοχή: Είναι το πιο συνηθισμένο είδος σκυροδέματος και χρησιμοποιείται για την κατασκευή γενικών κτιρίων και δομών. Έχει κανονική αντοχή σε συμπίεση και συνήθως συνδυάζεται με υψηλής αντοχής χάλυβα ή ίνες για τη βελτίωση της αντοχής του.
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής: Αυτό το είδος σκυροδέματος έχει υψηλή αντοχή σε συμπίεση και συνήθως χρησιμοποιείται για κατασκευές που αντιμετωπίζουν μεγάλες καταπονήσεις, όπως γέφυρες και πυλώνες. Συχνά περιέχει ειδικές πρόσμιξης για να επιτευχθεί η υψηλή αντοχή.

- Αυτοδιογκούμενο σκυρόδεμα: Είναι ένα είδος σκυροδέματος που μπορεί να ρέει ελεύθερα χωρίς τη χρήση δομικών μορφών. Χρησιμοποιείται συχνά για τη γεμίσση στενών χώρων ή για την κατασκευή στοιχείων με πολύπλοκο σχήμα.
- Σκυρόδεμα με ειδικές ιδιότητες: Υπάρχουν και άλλες κατηγορίες σκυροδέματος που παρουσιάζουν ειδικές ιδιότητες για συγκεκριμένες εφαρμογές. Για παράδειγμα, υπάρχει σκυρόδεμα ανθεκτικό στη φωτιά, αυτοεπισκευάσιμο σκυρόδεμα, ή ανθεκτικό σε χημικά σκυρόδεμα.

Οι παραπάνω κατηγορίες μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τις προδιαγραφές και τα πρότυπα που ισχύουν σε κάθε χώρα ή περιοχή. Στην Ελλάδα, βασιζόμενοι στον ΚΤΣ-2016, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, η κατηγοριοποίηση του σκυροδέματος προκύπτει βάσει της θλιπτικής αντοχής κυλινδρικών ή/και κυβικών δοκιμίων και αποτυπώνονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.2: Κατηγορίες Σκυροδέματος

Κατηγορία αντοχής σε θλίψη	Ελάχιστη χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	Ελάχιστη χαρακτηριστική αντοχή κυβικού δοκιμίου $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

5.3.3 Βασικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά

Το σκυρόδεμα που παράγεται δεν έχει πάντα τα ίδια χαρακτηριστικά και ιδιότητες, καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αναλογίες των κύριων συστατικών του (τσιμέντο, αδρανή και νερό) καθώς και από τα τυχόν πρόσμικτα. Παρ' όλ' αυτά υπάρχουν κάποιες γενικές και βασικές ιδιότητες οι οποίες συγκαταλέγονται στην λίστα των πλεονεκτημάτων του.

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι, σε σύγκριση με άλλα δομικά υλικά, παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλίψη. Επιπρόσθετα αντιστέκεται στη διάβρωση, λόγω φυσικών φαινομένων (υγρασία, άνεμος) και στην φθορά των επιφανειών του. Τέλος δεν θα πρέπει να παραληφθεί η αρκετά καλή συμπεριφορά του σε περίπτωση φωτιάς (πυροπροστασία) και η αντίσταση στην θερμοκρασία. (Το σκυρόδεμα και οι ιδιότητές του)

Παρακάτω αναγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες του σκυροδέματος, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο (6.1) για το πώς επηρεάζονται από την χρήση προϊόντων ανακύκλωσης:

- Εργασιμότητα – Ρευστότητα
- Πυκνότητα
- Θλιπτική αντοχή
- Καμπτική αντοχή
- Εφελκυστική αντοχή
- Μέτρο Ελαστικότητας
- Συρρίκνωση
- Ερπυσμός
- Διαπερατότητα – Διείσδυση χλωριόντων

6ο.Κεφάλαιο: «Σκυρόδεμα με αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. – Επίδραση στις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του»

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την παρασκευή σκυροδέματος, με την χρήση αδρανών που έχουν ανακυκλωθεί και θα επικεντρωθούμε στα χαρακτηριστικά και ιδιότητες του τελικού προϊόντος, δηλαδή του σκυροδέματος, και πως αυτό επηρεάζεται από την χρήση αυτού του είδους αδρανών.

Άλλωστε η ποιότητα του παραχθέντος σκυροδέματος από Α.Ε.Κ.Κ. είναι συνυφασμένη και αλληλένδετη με την ποιότητα των αδρανών Α.Ε.Κ.Κ. που χρησιμοποιούμε. Ανακυκλωμένα αδρανή για την σύνθεση νέου σκυροδέματος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε από την ανακύκλωση αδρανών, είτε από την ανακύκλωση σκυροδέματος, με τους τρόπους που περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Σε κάθε περίπτωση τα ανακυκλωμένα αδρανή που χρησιμοποιούνται οφείλουν να καλύπτουν τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ EN 12620, το οποίο απαιτεί περαιτέρω ελέγχους, όπως χαρακτηρισμός των συστατικών χονδρόκοκκων Α.Ε.Κ.Κ., περιεκτικότητα σε χλωρίοντα και θειικά, επίδραση στο ρυθμό σκλήρυνσης του σκυροδέματος, περιεκτικότητα σε οργανικά και την πιθανότητα διόγκωσης. (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018) Αυτοί οι περαιτέρω έλεγχοι είναι αναγκαίοι καθώς τα ανακυκλωμένα αδρανή παρουσιάζουν μειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά.

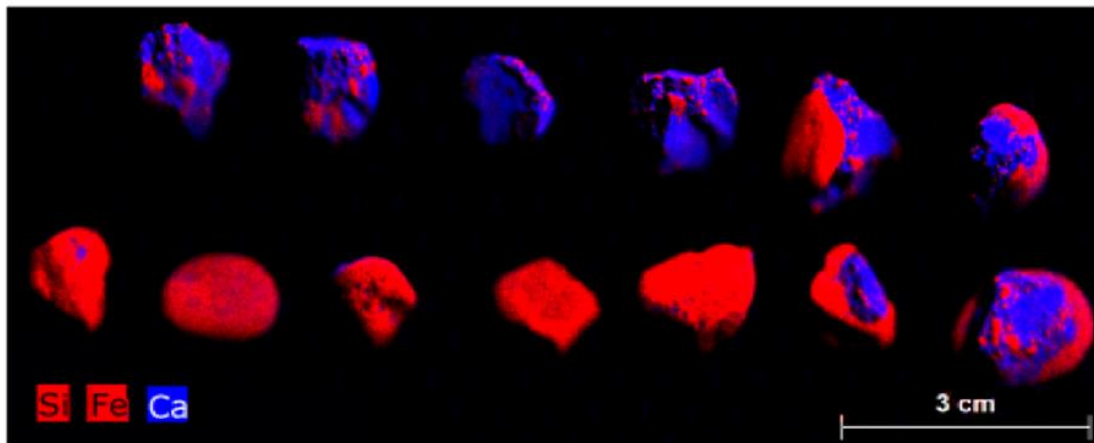
6.1 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που επηρεάζονται με την χρήση αδρανών Α.Ε.Κ.Κ.

Στο κεφάλαιο 5.3.3 αναφέρθηκαν επιγραμματικά τα βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες του σκυροδέματος. Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε πώς αυτά επηρεάζονται όταν για την παραγωγή του σκυροδέματος, αντί των φυσικών αδρανών, χρησιμοποιούνται αδρανή από Α.Ε.Κ.Κ..

6.1.1 Εργασιμότητα – Ρευστότητα

Τα αδρανή που προέρχονται από ανακύκλωση χαρακτηρίζονται από ανομοιογένεια, λόγω του επικολλημένου παλαιού κονιάματος και των διεργασιών επεξεργασίας και

διαχωρισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν μεγαλύτερο πορώδες, να είναι πιο τραχιά και γωνιώδη.



Εικόνα 6.1: Υπερφασματική απεικόνιση του επικολλημένου κονιάματος σε αδρανή από Α.Ε.Κ.Κ. - Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται ο συνδυασμός πυριτίου και σιδήρου, ενώ με μπλε απεικονίζεται το επικολλημένο κονίαμα

Πηγή: (Bonifazi, Giuseppe; Palmieri, Roberta; Serranti, Silvia, 2018)

Ως συνέπεια αυτών των χαρακτηριστικών των ανακυκλωμένων αδρανών, το παραγόμενο σκυρόδεμα παρουσιάζει μικρότερη εργασιμότητα και ρευστότητα. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της απορρόφησης σε νερό, λόγω του πορώδους και συνεπώς στην δυσκολία αναμόχλευσης, λόγω των αυξημένων τριβών μεταξύ των αδρανών. (ΣΑΧΛΙΚΙΔΗΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, 2021)

Συνεπώς για την επίτευξη της επιθυμητής εργασιμότητας και ρευστότητας εμμέσως επιβάλλεται η αύξηση της ποσότητας σε νερό και η διαφοροποίηση της αναλογίας νερού/τσιμέντου, αναλογία η οποία επηρεάζει την ποιότητα αντοχής του σκυροδέματος.

Προκειμένου να επιλυθεί το πρόβλημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσμικτα, όπως η ιπτάμενη τέφρα ή τα ανακυκλωμένα αδρανή εμποτίζονται εκ των προτέρων σε νερό, ώστε να χρησιμοποιούνται κορεσμένα.

6.1.2 Πυκνότητα

Αρνητικά επηρεάζεται και η πυκνότητα του παραγόμενου σκυροδέματος, με την χρήση αδρανών Α.Ε.Κ.Κ.. Η προαναφερόμενη προσκολλημένη τσιμεντόπαστα πάνω στα

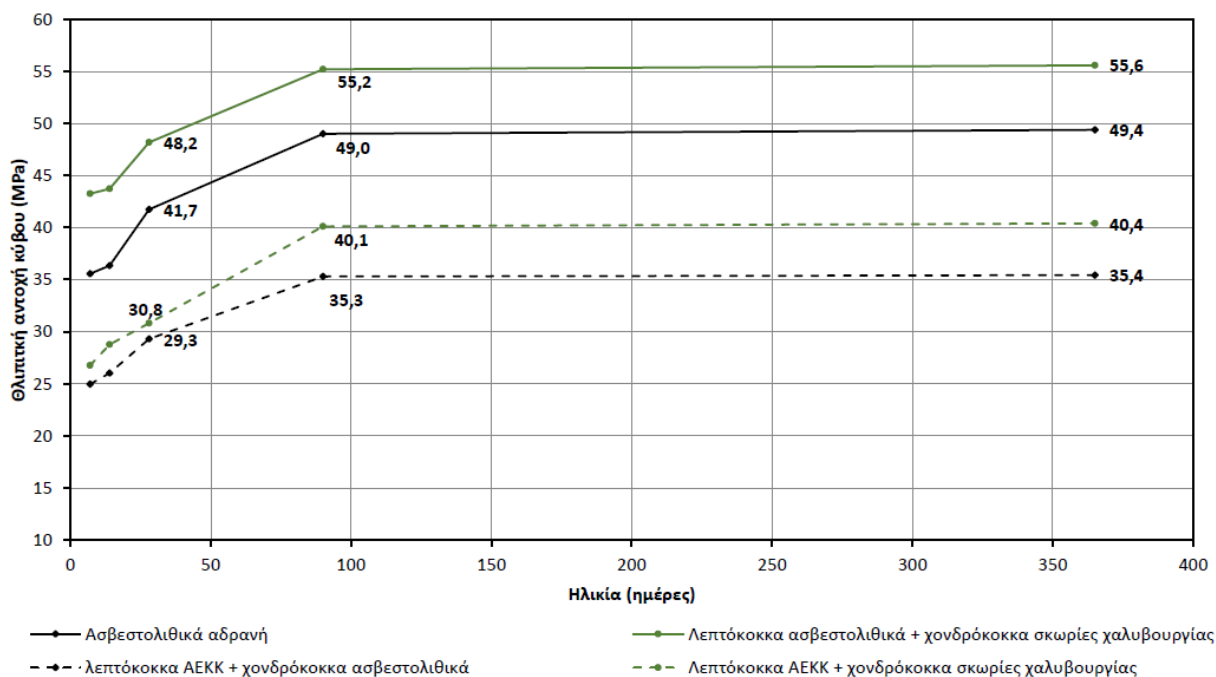
αδρανή τους προσδίδει χαμηλότερη πυκνότητα απ' ό τι ένα φυσικό αδρανές. Αυτή η μεταβολή σε πυκνότητα μεταφέρεται και στο παραχθέν σκυρόδεμα.

6.1.3 Θλιπτική αντοχή

Η υψηλή θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος είναι ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματά του. Η επίδραση της χρήσης ανακυκλωμένων αδρανών στην θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες των αδρανών και τις αναλογίες νερού/τσιμέντου.

Διατηρώντας χαμηλά την αναλογία νερού/τσιμέντου, έχει ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος στην ουσιαστική θλιπτική αντοχή των αδρανών, τα οποία συνήθως παρουσιάζουν θλιπτική αντοχή μικρότερη των φυσικών αδρανών, λόγω της ανομοιογένειας που έχουμε ήδη αναφέρει. Αντίστοιχα η θλιπτική αντοχή τείνει να μειωθεί όσο αυξάνεται το ποσοστό των αδρανών Α.Ε.Κ.Κ. μέσα στο μίγμα. Έχει βέβαια παρατηρηθεί ότι ανακυκλωμένα αδρανή που παράχθηκαν από σκυρόδεμα μεγάλης αντοχής προσδίδουν μηχανικά χαρακτηριστικά παρόμοια των φυσικών αδρανών. (ΣΑΧΛΙΚΙΔΗΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, 2021)

Τέλος αν αυξήσουμε την ποσότητα του νερού έναντι του τσιμέντου, προκειμένου να επιτευχθεί η ζητηθείσα εργασιμότητα, παρατηρούμε πάλι την μείωση της θλιπτικής αντοχής.



Εικόνα 6.2: Θλιπτική αντοχή συνθέσεων σκυροδέματος με Α.Ε.Κ.Κ. και βιομηχανικά παραπροϊόντα

Πηγή: (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018)

6.1.4 Καμπτική - Εφελκυστική αντοχή

Αντίστοιχα αρνητικά επηρεάζεται και η καμπτική αντοχή, αλλά σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με την θλιπτική. Η μείωση αυτή γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται και το ποσοστό αντικατάστασης των φυσικών αδρανών με τα αδρανή Α.Ε.Κ.Κ.. (Ashraf, Warda; Verian, Kho Pin; Cao, Yizheng;, 2018)

Μείωση παρατηρείται και στην εφελκυστική αντοχή, η οποία και εδώ σχετίζεται με το ποσοστό των αδρανών Α.Ε.Κ.Κ. και με τις συνθήκες που ενσωματώνονται στο μίγμα. Καλά αποτελέσματα για την αντιμετώπιση της μείωσης αυτής παρουσιάζει η μέθοδος της μίξης σε δύο στάδια, χρησιμοποιώντας κορεσμένα ανακυκλωμένα αδρανή. (Ashraf, Warda; Verian, Kho Pin; Cao, Yizheng;, 2018)

6.1.5 Μέτρο Ελαστικότητας

Το μέτρο ελαστικότητας (E) αποτελεί χαρακτηριστικό ενός υλικού και εκφράζει την αντίσταση αυτού στην παραμόρφωση. Καθώς αυξάνεται η αντοχή του , αυξάνεται και το μέτρο ελαστικότητας.

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν το μέτρο ελαστικότητας είναι το είδος των αδρανών, η κοκκομετρία, η δυσκαμψία του τσιμέντου και ο λόγος νερού/τσιμέντου.

Επομένως και σε αυτή την περίπτωση, διατηρώντας τις υπόλοιπες συνθήκες σταθερές, το μέτρο ελαστικότητας μειώνεται με την χρήση αδρανών Α.Ε.Κ.Κ.. Η μη δυνατότητα αντίστασης σε περαιτέρω παραμόρφωση οφείλεται κυρίως στα προσκολλημένα κατάλοιπα κονιάματος στα αδρανή, τα οποία εμποδίζουν την σταθερή σύνδεση του αδρανούς με το νέο κονίαμα (έλλειψη ανθεκτικότητας μέσω της διεπιφανειακής ζώνης). (ΣΑΧΛΙΚΙΔΗΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ;, 2021) (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018)

6.1.6 Συρρίκνωση

Η παραμόρφωση και ρηγμάτωση του σκυροδέματος λόγω συρρίκνωσης είναι αποτέλεσμα της αυτογενούς παραμόρφωσης συστολής συρρίκνωσης και της παραμόρφωσης συστολής ξήρανσης. Εξαρτάται από την υγρασία και την αναλογία νερού/τσιμέντου, την κατηγορία του σκυροδέματος, τις διαστάσεις του στοιχείου και τη σύνθεση του σκυροδέματος.

Η αυτογενής συρρίκνωση προηγείται της συστολής ξήρανσης και εμφανίζεται σε όλα τα σκυροδέματα. Παρουσιάζεται κατά τις πρώτες ώρες του σκυροδέματος και οφείλεται στην εξάτμιση του νερού του κονιάματος. Η εξάτμιση αυτή αυξάνει το πορώδες με πιθανό αποτέλεσμα την ρηγμάτωση του σκυροδέματος.

Η συστολή ξήρανσης αφορά σε εξάτμιση του νερού του κονιάματος, αλλά και των αδρανών και εμφανίζεται σε βάθος χρόνου.

Στο σκυρόδεμα που παράγεται με αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. παρουσιάζεται μεγαλύτερη συρρίκνωση, λόγω συστολής ξήρανσης. Αυτό οφείλεται στο μεγαλύτερο πορώδες αυτών των αδρανών, όπως και στο αθροιζόμενο ποσοστό κονιάματος (παλαιό προσκολλημένο και νέο κονίαμα). (ΣΑΧΛΙΚΙΔΗΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, 2021)

6.1.7 Ερπυσμός

Ερπυσμός είναι η παραμόρφωση που παρουσιάζει ένας φορέας, όταν σε αυτόν ασκείται σταθερή τάση, μικρότερη του ορίου διαρροής, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Είναι εξαρτώμενος του μεγέθους της τάσης, του χρόνου εφαρμογής αυτής, το βαθμό ωρίμανσης του σκυροδέματος και καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία περιβάλλοντος).

Ο ερπυσμός συσχετίζεται με την συρρίκνωση και εξετάζονται μαζί. Στο σκυρόδεμα η αντοχή και δυσκαμψία των αδρανών επηρεάζει τον ερπυσμό. Συνεπώς με βάση και τα παραπάνω ο ερπυσμός στο σκυρόδεμα που παράγεται από αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. είναι μεγαλύτερος σε σχέση με το σκυρόδεμα από φυσικά αδρανή.

6.1.8 Διαπερατότητα – Διείσδυση χλωριόντων

Η διαπερατότητα του σκυροδέματος εξετάζεται μαζί με την διείσδυση χλωριόντων καθώς είναι αναλόγως εξαρτώμενα. Αύξηση του συντελεστή διαπερατότητας συνεπάγεται και αύξηση της διείσδυσης χλωριόντων και άλλων ρύπων. Τεχνικά είναι αποδεκτό να έχουμε μικρή διαπερατότητα και διείσδυση χλωριόντων, ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση του οπλισμού του σκυροδέματος.

Τα αδρανή Α.Ε.Κ.Κ. παρουσιάζουν μεγαλύτερο πορώδες, λόγω του προσκολλημένου κονιάματος, και πιθανές ρωγμές, λόγω των διαδικασιών επεξεργασίας, (θραύση, λείανση) καθιστώντας το σκυρόδεμα που παράγεται από αυτά ευάλωτο στην διείσδυση χλωριόντων.

Σε συνέχεια αυτών δημιουργείται ένας προβληματισμός σχετικά με το αν θα έπρεπε να μπούμε στην διαδικασία σύνθεσης σκυροδέματος χρησιμοποιώντας αδρανή Α.Ε.Κ.Κ.. Θα πρέπει όμως να διευκρινίσουμε ότι για την διερεύνηση του τρόπου επιρροής και σύγκρισης λήφθηκαν παράμετροι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται για την σύνθεση σκυροδέματος με φυσικά αδρανή.

Συμπερασματικά για την παραγωγή συμβατικού σκυροδέματος τα ανακυκλωμένα αδρανή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό πλήρους αντικατάστασης φυσικών αδρανών, καθώς μπορούν να επιφέρουν μείωση της αντοχής της τάξης το 20-25%. (Αναστασίου, Ελευθέριος, 2018)

Μπορούμε όμως με την προσθήκη πρόσμικτων, περαιτέρω μηχανικής επεξεργασίας και εξέταση διαφορετικής σύνθεσης σκυροδέματος να επιτύχουμε ένα ανταγωνίσιμο τελικό προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στον κατασκευαστικό κλάδο.

7ο.Κεφάλαιο: «Συμπεράσματα»

Δεν μπορεί να αμφισβητηθεί η επιτακτική ανάγκη της στροφής από την γραμμική οικονομία στην κυκλική, με εφαρμογή σε όλους τους τομείς. Η αντίληψη ότι ο πλανήτης γη είναι μια ακόρεστη πηγή πρώτων υλών θα πρέπει να αναθεωρηθεί και να διεκδικήσουμε την χρηστή διαχείριση των αποβλήτων.

Η πολιτική αυτή δεν θα μπορούσε να εξαιρεί τον κατασκευαστικό κλάδο, αφού αποτελεί έναν από τους πιο ρυπογόνους κλάδους. Η διαχείριση των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης και της ανάκτησης χρήσιμων υλικών αποτελεί τον ενδεδειγμένο τρόπο διαχείρισης, από τον οποίο προκύπτουν πολλά εναλλακτικά υλικά, που μπορεί να μην έχουν τα χαρακτηριστικά και ιδιότητες των φυσικών υλικών, αλλά με την σωστή επεξεργασία και έρευνα ενσωματώνονται πλήρως σε έργα και συνθέσεις σκυροδεμάτων. Με την προσθήκη πρόσμικτων, με περαιτέρω μηχανική επεξεργασία και εξέταση διαφορετικής σύνθεσης σκυροδέματος μπορούμε να επιτύχουμε ένα ανταγωνίσιμο τελικό προϊόν ευρέως αξιοποιήσιμο στον κατασκευαστικό κλάδο.

Η αλλαγή αυτή θα αποτελέσει το έναυσμα όχι μόνο για τη δημιουργία νέων υλικών, αλλά και επαγγελμάτων, τεχνολογιών και ερευνών, τα οποία θα αποτελούν μια πιο βιώσιμη ανάπτυξη σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

Ως αρχική προτεραιότητα είναι η πρόληψη και μείωση της ποσότητας των αποβλήτων. Στη συνέχεια η λειτουργία του κυκλικού μοντέλου, με ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των υλικών, μειώνοντας στο κατά το δυνατόν ελάχιστο την απόρριψη αποβλήτων στο περιβάλλον, με μη επιζήμιο τρόπο.

Περαιτέρω για να διευκολυνθεί και επιταχυνθεί η μετάβαση και η αξιοποίηση των ανακυκλωμένων υλικών απαιτείται ο συντονισμός και η στελέχωση όλων των εμπλεκόμενων φορέων, ώστε να καλυφθούν νομοθετικά κενά, αντικρούσεις και να τηρείται ή/και επιβάλλεται η νομοθεσία αυτή.

Τέλος δεν μπορεί να παραληφθεί ο παράγοντας της ατομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ευθύνης του καθενός, αφού η κάθε πρόσθετη μονάδα συμβάλει σε ένα πιο ισχυρό σύνολο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adomako, S., Engelsen, C. J., Danner, T., Thorstensen, R. T., & Barbieri, D. M. (2022, 7 30). Recycled aggregates derived from excavation materials—mechanical performance and identification of weak minerals. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*.
- Alexandridou, C., Angelopoulos, G. N., & Coutelieris, F. A. (2018, March). Mechanical and durability performance of concrete produced with. *Journal of Cleaner Production*, σσ. 745-757.
- American Asphalt/Asphalt Recycling. (2022). *Asphalt Recycling*. Ανάκτηση 4 2023, από American Asphalt, Inc.: <https://americanasphalt.com/how-is-asphalt-paving-recycled/>
- Andrews, C. (2021, 7 26). *The Aggregate Manufacturing Process*. Ανάκτηση 4 2023, από generalkinematics.com: <https://www.generalkinematics.com/blog/aggregate-manufacturing-process/>
- Arfanakou, A. (2014, 3 7). *Θεσμικές Παρεμβάσεις στην Εναλλακτική Διαχείριση των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων*. Ανάκτηση 4 2023, από ΥΠΕΚΑ – Division of Alternative Management of Packaging and other products,: http://www.anakem.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=418
- Ashraf, Warda; Verian, Kho Pin; Cao, Yizheng;. (2018, February). Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production. *Resources, Conservation & Recycling*, σσ. 30-49. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.005>
- Bentley, P. (2022, April 20). *Can we recycle concrete?* Ανάκτηση 4 2023, από sciencefocus: <https://www.sciencefocus.com/science/can-we-recycle-concrete/>
- Bocken, N., Bakker, I., & De Pauw, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*.
- Bonifazi, Giuseppe; Palmieri, Roberta; Serranti, Silvia;. (2018, March 20). Evaluation of attached mortar on recycled concrete aggregates by hyperspectral imaging. *Construction and Building Materials*, σσ. 835-842. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.048>
- Boulding, K. (1966). *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. (F. Cheong, Παραγωγός) Ανάκτηση 2023, από Kenneth E. Boulding (1966), The Economics of the Coming Spaceship Earth: A Review: <https://www.linkedin.com/pulse/kenneth-e-boulding-1966-economics-coming-spaceship-earth-cheong/>

- ConcreteNetwork/Concrete Admixtures: Most Common Types. (2022). *Concrete Admixtures: Most Common Types and What They Do*. Ανάκτηση 4 2023, από ConcreteNetwork.com: <https://www.concretenetwork.com/concrete.html#three>
- ConcreteNetwork/The Role of Aggregate in Concrete. (2022). *The Role of Aggregate in Concrete*. Ανάκτηση 4 2023, από ConcreteNetwork.com: <https://www.concretenetwork.com/aggregate/>
- Construction and Demolition Waste management in Greece*. (2015, September). Ανάκτηση 4 2023, από ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Greece_Factsheet_Final.pdf
- Constructor/Properties of Concrete and their Uses. (2022). *Properties of Concrete and their Uses*. Ανάκτηση 4 2023, από The Constructor: <https://theconstructor.org/concrete/properties-of-concrete-3/1692/>
- Di Maio, F., Rem, P. C., Baldé, K., & Polder, M. (2017, July). Measuring resource efficiency and circular economy: A market value approach. *Resources, Conservation and Recycling*, σσ. 163-171.
- Diaz Lopez, F., Bastein, T., & Tukker, A. (2019). Business Model Innovation for Resource-efficiency. *Ecological Economics*, 155, σσ. 20-35.
- Dimitriadis, I. (2014). *ECD waste management in practice*. Ανάκτηση 4 2023, από ANAKEM A.E.: http://anakem.gr/?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=418
- EU Construction and Demolition Waste Management Protocol*. (2016, 12 12). Ανάκτηση 3 2023, από European Commission: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/>
- EU Construction and Demolition Waste Protocol and Guidelines*. (2018, September 18). Ανάκτηση 3 2023, από European Commission: https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_en
- European Commission/BiPRO. (2012, July 2). *SCREENING OF WASTE MANAGEMENT PERFORMANCE OF EU MEMBER STATES*. Ανάκτηση 4 2023, από European Commission/BiPRO-Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/Screening_report.pdf
- European Commission/Διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ.. (2018, 5). *Κατευθυντήριες γραμμές για τους ελέγχους των αποβλήτων πριν από τις εργασίες κατεδάφισης και ανακαίνισης κτιρίων*. Ανάκτηση 3 2023, από European Commission/Διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων της ΕΕ:

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/el/renditions/native>

- European Union/A new Circular Economy Action Plan. (2020, 3 11). *Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*. Ανάκτηση 2023, από European Union: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- European Union/Environment. (2023, 2). *Environment*. Ανάκτηση από European Union: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment>
- Ferriz-Papi, J. A., & Thomas, S. (2017, October). Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste in the Production of Concrete Blocks. *International Conference in Architectural Engineering and Construction Materials*.
- Gagg, C. R. (2014, May). Cement and Concrete as an engineering material: an historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*. doi:10.1016/j.engfailanal.2014.02.004
- Horbal, N., Mazuryk, M., & Mykytyn, O. (2021, December). Implementation of circular economy on the basis of European experience. *Implementation of Circular Economy on the Basis of European Experience*, 3(2), σσ. 280 - 289.
- Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C. C., & Tam, V. (2021, August 20). Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies. *Journal of Cleaner Production*.
- Kjaer, L. L., Pigosso, D. C., Niero, M., Bech, N. M., & McAlone, T. C. (2018, March 13). Product/Service-Systems for a Circular Economy: The Route to Decoupling Economic Growth from Resource Consumption? *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), σσ. 22-35.
- Lahti, T., Wincent, J., & Parida, V. (2018). A Definition and Theoretical Review of the Circular Economy, Value Creation, and Sustainable Business Models: Where Are We Now and Where Should Research Move in the Future? *Sustainability*, 10.
- Lotha, G., Augustyn, A., & Schreiber, B. A. (2022, 10 22). *concrete/building material*. Ανάκτηση 4 2023, από britannica: <https://www.britannica.com/technology/shingle-building-material>
- Luo, W., Liu, S., Hu, Y., Hu, D., Kow, K.-W., Pang, C., & Li, B. (2022, August 1). Sustainable reuse of excavated soil and recycled concrete aggregate in manufacturing concrete blocks. *Construction and Building Materials*. Ανάκτηση από <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822015896>

- Malfa, E., Colla, V., & Peters, K. (2021, October 20). Circular Economy: one of the pillars of EU steel industry to address its decarbonisation. *The European Steel Technology Platform / SteelTech*.
- Michelini, G., Moraes, R. N., Cunha, R. N., Costa, J. M., & Ometto, A. R. (2017). From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, σσ. 2-6.
- mywastesolution/Benefits of Recycling Wood. (2022, 2 21). *10 Benefits of Recycling Wood*. Ανάκτηση 4 2023, από mywastesolution: <https://blog.mywastesolution.com/10-benefits-of-recycling-wood/>
- NatraTex Surfacing Solutions/Self-Binding Gravel. (2022). *What is Self-Binding gravel?* Ανάκτηση 4 2023, από NatraTex Surfacing Solutions: <https://www.natratex.co.uk/knowledgehub/what-is-self-binding-gravel/>
- OECD/Business Models for the Circular Economy. (2019, 4 3). Business Models for the Circular Economy-Opportunities and Challenges for Policy. *OECD iLibrary*, σσ. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/business-models-for-the-circular-economy_g2g9dd62-en.
- Oikonomou, N. (2014). *Waste from excavation, construction and demolition (ECDW) and the manufacture of new concrete / Απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (Α.Ε.Κ.Κ.) και παρασκευή νέου σκυροδέματος*. Ανάκτηση 4 2023, από ANAKEM A.E.: http://www.anakem.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=418
- Ouliaris, S. (2011, June). What Are Economic Models?- How economists try to simulate reality. *Finance & Development*, 48(2). Ανάκτηση από <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2011/06/pdf/basics.pdf>
- PCA/How Cement is Made. (2022). *How Cement is Made*. Ανάκτηση 4 2023, από Portland Cement Association: <https://www.cement.org/cement-concrete/how-cement-is-made>
- Simões dos Reis, G., Quattrone, M., Ambrós, W. M., Cazacliu, B. G., & Sampaio, C. H. (2021). Current Applications of Recycled Aggregates from Construction and Demolition: A Review. *Materials*, 14(7).
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *Journal of Cleaner Production*, 97, σσ. 6-91.
- Your Europe/A.E.K.K.. (2022, 9 27). *Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων*. Ανάκτηση 3 2023, από Your Europe gov.gr: <https://www.gov.gr/sdg/goods/recycling-and-waste-management/waste-streams/excavation-construction-and-demolition-waste/>

- Αγγέλης, Δημήτριος Γ. (2004). *Μη καταστροφικός Έλεγχος σκυροδέματος και χαρακτηρισμός σύστασης μέσω μελέτης παραμέτρων κυματικής διάδοσης*. Πάτρα. Ανάκτηση από upatras.gr: <http://www.core.mech.upatras.gr/files/aggelis.pdf>
- Αναστασίου, Ελευθέριος. (2018, Ιουνίου 1). Εφαρμογή ανακυκλωμένων υλικών στο σκυρόδεμα - Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα. *Ημερίδα ANAKEM A.E. & TEE / "Εναλλακτική Διαχείριση Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων"*.
- Γιάγκου, Σταύρος;. (2022). *Διαχείριση Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) σε δημόσια έργα*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού, Δράμα.
- Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή / ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04. (2009, 12 23). *Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή*. Ανάκτηση 4 2023, από <http://www.ggde.gr/>: http://www.ggde.gr/dmdocuments/imer1ban_asfaltika_elot-tp1501-05-03-11-04-v4.pdf
- ΕΛΣΤΑΤ. (2020, 12 6). *Παραγωγή στερεών αποβλήτων*. Ανάκτηση 4 2023, από Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) / [statistics.gr](https://www.statistics.gr/): <https://www.statistics.gr/documents/20181/793f9deb-017a-cfdd-2438-11836eaf5498>
- ΕΛΣΤΑΤ/Στατιστικά Στερεών Αποβλήτων. (2022, 6). *Στατιστικά Στερεών Αποβλήτων*. Ανάκτηση 4 2023, από Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ): <https://www.statistics.gr/documents/20181/793f9deb-017a-cfdd-2438-11836eaf5498>
- ΕΟΑΝ/Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών & κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.). (2020, Ιούνιος 25). *Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών & κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.)*. Ανάκτηση Μάρτιος 2023, από Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης: <https://www.eoan.gr/%ce%b5%ce%bd%ce%b1%ce%bb%ce%bb%ce%b1%ce%ba%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%b4%ce%b9%ce%b1%cf%87%ce%b5%ce%af%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b7/%ce%b1%cf%80%cf%8c%ce%b2%ce%bb%ce%b7%cf%84%ce%b1-%ce%b5%ce%ba%cf%83%ce%ba%ce%b1%cf%86%cf%8e%ce%bd-%ce%ba%ce>
- Η διαχείριση των αποβλήτων στις χώρες της ΕΕ*. (2023, Ιανουάριος). Ανάκτηση Μάιος 2023, από [.europarl.europa.eu](https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/priorities/kukliki-oikonomia-kai-meiosi-apovliton/20180328STO00751/i-diacheirisi-ton-apovliton-stis-chores-tis-ee-grafima): <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/priorities/kukliki-oikonomia-kai-meiosi-apovliton/20180328STO00751/i-diacheirisi-ton-apovliton-stis-chores-tis-ee-grafima>
- Θεοδωροπούλου, Ε., & Παστραπά, Ε. (2022). *Οικιακή οικονομία και ανάπτυξη*. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Λιανός, Θ., & Ψειρίδου, Α. (2015). *Οικονομική ανάλυση και πολιτική - Μακροοικονομική*. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Πεσμαζόγλου, Β. (2015). *Πολιτική οικονομία της ανάπτυξης*. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

ΣΑΧΛΙΚΙΔΗΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ;. (2021). *ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΦΙΛΙΚΟ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΜΕ ΥΛΙΚΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ*. Πάτρα. Ανάκτηση από <https://apothesis.eap.gr/archive/item/73969>

Σωτηρόπουλος, Α. (2019, 12). *Κυκλική Οικονομία: Ένα μοντέλο για Βιώσιμη Ανάπτυξη & Ευημερία*. Ανάκτηση 2 2023, από Ινστιτούτου Εναλλακτικών Πολιτικών / ΕΝΑ: https://www.enainstitute.org/wp-content/uploads/2019/12/Kykliki_Oikonomia_ENA.pdf

ΤΕΕ/Κατηγορίες Σκυροδέματος. (2018). *Κατηγορίες Σκυροδέματος*. Ανάκτηση 4 2023, από [tee.gr: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/CEMENT/sk4%CD.htm#%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%9F%CE%A7%CE%97](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/CEMENT/sk4%CD.htm#%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%9F%CE%A7%CE%97)

Το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας σύμφωνα με την Ε.Ε. (2015, 12). Ανάκτηση 2 2023, από Ευρωπαϊκή Επιτροπή: <https://www.lifewithnogarbage.gr/%CF%84%CE%BF-%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BA%CF%85%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%8D/>

Το σκυρόδεμα και οι ιδιότητές του. (χ.χ.). *Το σκυρόδεμα και οι ιδιότητές του*. Ανάκτηση από [el.lets-rebuild.com: https://el.lets-rebuild.com/3108#%CE%9A%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%AD%CF%82%20%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CF%8C%CE%BB%CF%89%CE%BD%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%B5%CE%BC%CE](https://el.lets-rebuild.com/3108#%CE%9A%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%AD%CF%82%20%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CF%8C%CE%BB%CF%89%CE%BD%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%B5%CE%BC%CE)

Τσακαλάκης Κ., Συρμακέζης Κ., Σαμμάς Η. (2016, Νοέμβριος 10-12). Διεργασίες Ελάττωσης Μεγέθους & Διαλογής Σκυροδέματος στη Διαχείριση Αποβλήτων Κατασκευών από Σκυρόδεμα. (Π. Σ. Σκυρόδεμα", Επιμ.) *Ελληνική Επιστημονική Εταιρία Ερευνών Σκυροδέματος (ΕΠΕΣ) – ΤΕΕ / Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας*, σ. 1.

Τσακαλάκης, Κ. (2020). *Αδρανή υλικά - Σκυρόδεμα*. ΕΜΠ, Αθήνα.

ΥΠΕΝ/Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ.. (2020). *Βελτίωση Πλαισίου Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) στην Ελλάδα*. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας/ΥΠΕΝ. Ανάκτηση 3 2023, από https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/02/Final-Report-3.1-CDW-management-20200826_final-GR_12.pdf

Υποχρεώσεις Διαχειριστών Α.Ε.Κ.Κ. (χ.χ.). Ανάκτηση από anakem.gr:
<https://anakem.gr/%cf%85%cf%80%ce%bf%cf%87%cf%81%ce%b5%cf%8e%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82-%ce%b4%ce%b9%ce%b1%cf%87%ce%b5%ce%b9%cf%81%ce%b9%cf%83%cf%84%cf%8e%ce%bd/>