

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΑΛΑΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

Χαράλαμπος. Ι. Εφραιμίδης

Ομότιμος Καθηγητής Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υλικά παραγωγής σκυροδέματος φυσικής προέλευσης, θα χαρακτηριστούν πολύ σύντομα ως προϊόντα σε ανεπάρκεια! Το πρώτο δείγμα είναι η αύξηση του κόστους των αδρανών υλικών και οι μεγαλύτερες αποστάσεις μεταφοράς μεταξύ χώρου παραγωγής και θέσης επεξεργασίας. Η εισήγηση που ακολουθεί εξετάζει τις δυνατότητες της επανάκτησης εμπορεύσιμων αδρανών υλικών από τις διάφορες κατασκευές και κατεδαφίσεις, όπως επίσης την επανάκτηση χρήσιμων υλικών από την απόπλυση υπολειμμάτων σκυροδέματος. Οι άμεσοι στόχοι της προσπάθειας είναι η ελαχιστοποίηση της απώλειας χρήσιμων υλικών και η προστασία του περιβάλλοντος από την εξάπλωση των υπαιθρίων λατομείων. Η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει αξιόπιστες και εφαρμόσιμες λύσεις.

1. Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Η ανακύκλωση του σκυροδέματος είναι μία εξελισσόμενη μέθοδος, η οποία αξιοποιεί τα παλαιά σκυροδέματα, που προέρχονται από κατεδαφίσεις, σεισμούς ή άλλες καταστρεπτικές ενέργειες (σεισμοί, καταρρεύσεις). Είναι απαραίτητη από οικονομική αλλά και περιβαντολογική άποψη. Συνήθως στο παρελθόν τα μάζα των οικοδομών μεταφερόντουσαν σε χωματερές ως υλικό πληρώσεως, με τα γνωστά προβλήματα λόγω ελλείψεως χώρων αποθέσεως (βλ. περίπτωση του ΧΥΤΑ Λιοσίων). Σε πολλές χώρες της Ευρώπης και Αμερικής η ανακύκλωση εφαρμόζεται με νόμο. Αν το ποσοστό των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών από ανακύκλωση είναι μικρότερο από το νομοθετημένο ποσοστό σε σχέση με το συνολικό όγκο σκυροδέματος, η άδεια οικοδομήσεως αφαιρείται. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται σήμερα μεταξύ 20 και 30%, θα αυξηθεί όμως σύντομα.

Η ανακύκλωση έχει πολλά πλεονεκτήματα, έτσι ώστε με την αυξημένη ευαισθησία για την προστασία του περιβάλλοντος, τους αυστηρότερους περιβαντολογικούς νόμους και την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί το κόστος των κατασκευών, να αποτελεί αναγκαιότητα και καθήκον. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της ανακύκλωσης είναι η παραγωγή άμμου ελεγχόμενης κοκκομετρικής διαβάθμισης και ποσοστού παιπάλης, το οποίο οφείλεται στις σύγχρονες μεθόδους πλύσεως του λεπτόκοκκου υλικού

Τελευταία οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης προδιαγράφει ποσοστό ανακύκλωσης από διάφορες κατασκευές και κατεδαφίσεις μέχρι το 2020 της τάξεως του 70% (Αναφορά: “Building the future with CDE”).

Οι περιοριστικές διατάξεις προστασίας του περιβάλλοντος για την εγκατάσταση νέων λατομείων δυσχεραίνουν το πρόβλημα της παραγωγής αδρανών υλικών για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών. Το αποτέλεσμα είναι η παραβίαση των νομοθετημένων διατάξεων και η ανεπανόρθωτη καταστροφή του περιβάλλοντος ακόμη και σε «προστατευόμενες» περιοχές. Είναι ανεπανάληπτες οι πληγές που δημιουργούν τα υπαίθρια λατομεία σε όλα τα βουνά της χώρας, ακόμη και κοντά σε πόλεις, τουριστικά θέρετρα και αρχαιολογικά κέντρα. Είναι γνωστό ότι τα λατομεία αυτά δημιουργούν τεράστια προβλήματα, τα οποία δεν αντιμετωπίζονται με νομοθετικά διατάγματα ή ευχολόγια από οργανώσεις περιβαλλοντολογικής προστασίας. Ιδιαίτερα για το Ελληνικό περιβάλλον οι καταστροφές που γίνονται είναι πέραν πάσης λογικής. Απαιτούνται ριζικές λύσεις.

Η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει αξιόλογες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Μία από αυτές είναι η παραγωγή εμπορεύσιμων αδρανών υλικών από παλαιά σκυροδέματα, που προέρχονται από κατασκευές και κατεδαφίσεις, και από την απόπλυση υπολειμμάτων σκυροδέματος των εγκαταστάσεων παραγωγής. Τα υλικά από την ανακύκλωση παλαιών σκυροδεμάτων, μπορούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή υλικά, εφάμιλλα προς τα πρωτογενή παραγόμενα υλικά και σε πολλές περιπτώσεις ακόμη καλύτερα.

Το Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο θεωρείται πρωτοπόρο στην Ευρώπη στον τομέα της ανακύκλωσης, από αρκετά χρόνια εφαρμόζει με νόμο την ανακύκλωση αδρανών υλικών από πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2005, περίπου 275 εκατομ. τόνοι αδρανών υλικών χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο ως πρώτη ύλη στις δομικές κατασκευές. Από αυτά μόνο 75 εκατομ. τόνοι (περίπου 23 %) προς το παρόν προέρχονται από ανακύκλωση ή δευτερεύουσες πηγές. Η Αγγλική κυβέρνηση μελετά προγράμματα αύξησης της παραγωγής ανακυκλωμένων υλικών από παλαιά σκυροδέματα κατά 20 εκατομ τόνους ετησίως μέχρι το 2012.

Σύμφωνα με στατιστική της Ευρωπαϊκής Ένωσης το έτος 2000 πετάχτηκαν 60 εκατομ. τόνοι αδρανών υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στις κατασκευές. Τέτοια υλικά είναι δευτερογενή προϊόντα από λατομεία, υψικάμινες ή τέφρα εργοστασίων επεξεργασίας λιγνίτη, σκυροδέματα από κατεδαφίσεις και άλλα. Με βάση εργαστηριακές μετρήσεις η αντοχή του ανακυκλωμένου σκυροδέματος είναι περίπου 10% κατώτερη της αντίστοιχης του κανονικού. Το ποσοστό 10% μπορεί να ελαττωθεί με την εφαρμογή των συγχρόνων βελτιωμένων μεθόδων παραγωγής των αδρανών υλικών από ανακύκλωση σε οργανωμένα κέντρα παραγωγής.

Η έρευνα για την εκπόνηση σοβαρού σχεδιασμού πρέπει να αναφέρεται στην προσπάθεια ελαχιστοποιήσεως των υλικών που απορρίπτονται ως ακατάλληλα.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΑΛΑΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

Τα συγκροτήματα ανακύκλωσης διακρίνονται σε συγκροτήματα παραγωγής αυτοφερόμενα για χρησιμοποίηση μέσα στο εργοτάξιο, και *μόνιμα συγκροτήματα εγκατεστημένα* σε οργανωμένες κεντρικές μονάδες δημόσιες, κοινοτικές ή ιδιωτικές, οι οποίες ανταποκρίνονται στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις.

Τα υλικά τα οποία συλλέγονται από την καθαίρεση σκυροδέματος μεταφέρονται στο κέντρο ανακύκλωσης και αρχικά τροφοδοτούνται στο θραυστήρα πρόθραυσης. Μπορεί οι πέτρες και τα συντρίμια σκυροδέματος να περιέχουν διάφορα άλλα υλικά όπως άσφαλτο, ξύλα, τούβλα, χαρτιά, πλαστικά, και ακαθαρσίες. Τα μηχανήματα θραύσεως επεξεργάζονται μόνο σκυροδέματα που είναι απαλλαγμένα από τα ακατάλληλα αυτά υλικά, τα οποία απομακρύνονται με ειδικές διατάξεις. Μέταλλα όπως κομμάτια από ράβδους οπλισμού γίνονται δεκτά, αφού μπορεί να αφαιρεθούν με μαγνήτες ή άλλες διατάξεις διαχωρισμού και στη συνέχεια να ανακυκλωθούν με τήξη για άλλες χρήσεις.

2.1. Αυτοφερόμενα συγκροτήματα ανακύκλωσης.

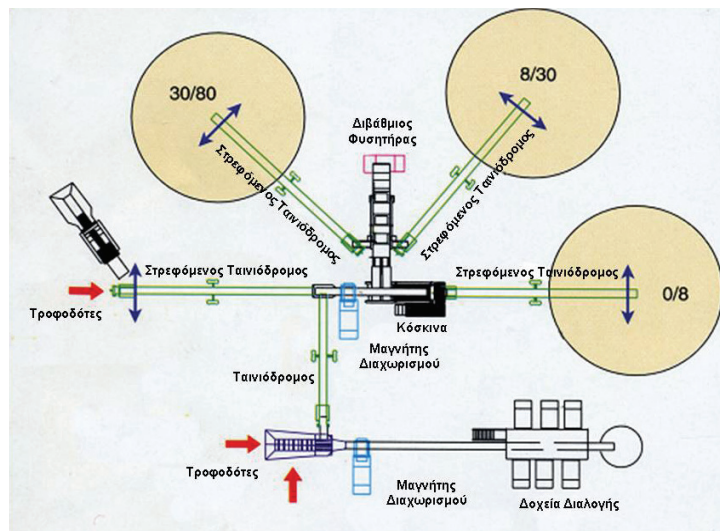
Η θραύση στο εργοτάξιο κατεδάφισης μπορεί να γίνει με αυτοφερόμενα θραυστικά συγκροτήματα, τα οποία μειώνουν το κόστος κατασκευής και την ατμοσφαιρική ρύπανση, που δημιουργείται από τη μεταφορά υλικών προς και από το λατομείο. Τα κινητά συγκροτήματα ανακύκλωσης τοποθετούνται μέσα στο εργοτάξιο του έργου. Έχουν συγκριτικά χαμηλό κόστος και μπορεί ένα συγκρότημα να αποσβεστεί σε ένα μεγάλο έργο. Τα μεγάλα αυτοφερόμενα συγκροτήματα μπορούν να επεξεργαστούν μέχρι 400 m³/h μπάζων. Τα συγκροτήματα αυτά αποτελούνται από ένα θραυστήρα μπάζων σκυροδέματος, πλευρικό μεταφορέα απόθεσης ακατάλληλων υλικών, θραυστήρα δευτερογενούς θραύσης, συγκρότημα κοσκινίσματος, και ταινιόδρομο επαναφοράς του υπερδιάστατου υλικού από το κόσκινο στο θραυστήρα για συμπληρωματική θραύση. Σε περίπτωση μικρών ποσοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρά αυτοφερόμενα συγκροτήματα μέχρι 100 m³/h, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν σε στενούς χώρους μέσα σε πόλεις. Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης κατάλληλων αυτοφερόμενων συγκροτημάτων ανακύκλωσης μπάζων σκυροδέματος είναι:

- Δεν υπάρχουν έξοδα απομακρύνσεως των μπάζων στη χωματερή και μεταφοράς αδρανών στο εργοτάξιο.
- Μειωμένοι άεργοι χρόνοι (αναμονή οχημάτων, προετοιμασία προσβάσεων κ.α.), αύξηση της παραγωγής, μειωμένο εργατικό κόστος.

- Με κατάλληλες προστατευτικές διατάξεις δεν υπάρχουν παράπονα από τους περιοίκους, ή αυτές μειώνονται στο ελάχιστο.
- Δεν ενοχλούν την κυκλοφορία οχημάτων και πεζών, δεν ρυπαίνουν τους δρόμους κυκλοφορίας, δεν προκαλούν ρύπανση από καυσαέρια ή θορύβους.

2.2. Μόνιμα συγκροτήματα ανακύκλωσης.

Τα μόνιμα συγκροτήματα των κέντρων ανακύκλωσης, όπως χρησιμοποιούνται σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις, είναι ολοκληρωμένα εργοστάσια παραγωγής με εξελιγμένα μηχανήματα καθαρισμού, θραύσεως, μηχανικής διαλογής ή με μαγνήτες, διαχωρισμού, κοσκινίσματος, πλύσεως του λεπτόκοκκου υλικού και ελέγχου της παραγωγής. Η ποιότητα των παραγομένων από την ανακύκλωση υλικών στα συγκροτήματα αυτά είναι εφάμιλλη ή και ανώτερη από τα συμβατικά υλικά, αφού η τελευταία βαθμίδα παραγωγής περιλαμβάνει και πλύσιμο της άμμου, δηλαδή τον έλεγχο του ανεπιθύμητου λεπτόκοκκου υλικού σε επιθυμητές τιμές, εικόνα 1.



Εικόνα 1. Συγκρότημα ανακύκλωσης παλαιού σκυροδέματος. Πηγή Hartl

Για τη διαλογή ανάμικτων υλικών και την απομάκρυνσή των ακατάλληλων χρησιμοποιείται οπτικό σύστημα, όπως είναι των εργοστασίων O.E.M. Recycling Equipment, γνωστό με το εμπορικό σήμα «Aquila» (= αετός). Το σύστημα έχει δοκιμαστεί με επιτυχία στη διαλογή μικτών υλικών, όπως ξύλα, χαρτιά, πλαστικά υλικά, PVC, γύψος, χώμα, και άλλα. Το οπτικό σύστημα εντοπίζει τα ακατάλληλα υλικά και τα διαχωρίζει, έτσι ώστε στο συγκρότημα να τροφοδοτούνται καθαρά υλικά (εικόνα 2).



Οπτικό σύστημα διαλογής Aquila. Κατασκ. Eagle Vizion



De-Stoner. Διαχωριστής και διαλογέας υλικών
Κατασκ. O.E.M.



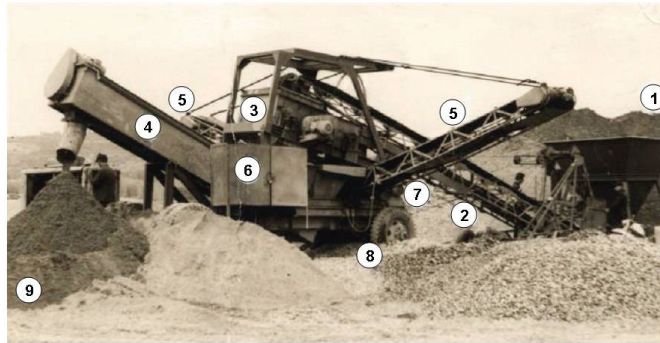
Ιμάντας διαλογής.
Κατασκ. OEM



Εικόνα 2. Συστήματα απομάκρυνσης ακατάλληλων προσμίξεων από υλικά για ανακύκλωση

Πολλοί παραγωγείς αδρανών υλικών, οι οποίοι εφαρμόζουν την ανακύκλωση, ακολουθούν και τις δύο μεθόδους: Την ανακύκλωση στο λατομείο με μόνιμο συγκρότημα, και την ανακύκλωση στο εργοτάξιο του έργου με κινητό συγκρότημα. Οι παραγωγείς ζητούν από τους εργολάβους να φέρουν τα μπάζα τους στο λατομείο. Το υλικό αυτό είναι μία έτοιμη πρώτη ύλη, η οποία μετά την επεξεργασία μετατρέπεται σε χρησιμοποιήσιμα αδρανή υλικά. Οι εργολάβοι έχουν το πλεονέκτημα, ότι μπορούν να επιλέγουν το πλησιέστερο προς το εργοτάξιο τους λατομείο με κέντρο ανακύκλωσης και να επιστρέφουν τα φορτηγά τους με πρωτογενή ή ανακυκλωμένα αδρανή, αντί να επιστρέφουν άδεια από τη χωματερή, η οποία πολλές φορές είναι δυσεύρετη. Το κινητό συγκρότημα έχει το πλεονέκτημα της συγκριτικά χαμηλής επένδυσης, αλλά δεν έχει την ικανότητα με μόνο μηχανικά μέσα (κατάλληλα μηχανήματα πρωτογενούς και δευτερογενούς θραύσης) να ελέγχει το ποσοστό του ανεπιθύμητου λεπτού υλικού, όπως παιπάλη και διάφορες άλλες ρυπαντικές προσμίξεις. Εκτός αν το εργοτάξιο βρίσκεται κοντά σε ποτάμι και υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησεως και απόρριψης του νερού πλύσεως στα κατάντι του πλυντηρίου, αν βέβαια αυτό επιτρέπεται. Τότε μπορεί να

χρησιμοποιηθεί το κινητό συγκρότημα κοσκίνου με καταιονισμό νερού και αποστραγγιστικό κοχλία (εικόνα 3).



- | | |
|--|---|
| 1 Τροφοδοτική αποθήκη με
δοσιμετρικό δονητικό τροφοδότη | 5 Ιμάντες στίβωσης |
| 2 Μεταφορικός ιμάντας δονητικού
κοσκίνου | 6 Ηλεκτρικός πίνακας χειρισμών |
| 3 Δονητικό κόσκινο δύο πλεγμάτων | 7 Αντλία νερού (3 bar) |
| 4 Αποστραγγιστικό κοχλία άμμου | 8 Πλαίσιο μεταφοράς |
| | 9 Άμμος, Μικρόκοκοι <math><0,5\text{ mm}</math> |

Εικόνα 3. Αυτοφερόμενο συγκρότημα διαχωρισμού αδρανών και πλύσεως άμμου τριών βαθμίδων για την παραγωγή καναλέτων λεπτού τοιχώματος. Ελληνική κατασκευή, Χ.Ι. Εφραιμίδης, ΕΔΟΚ-ΕΤΕΡ, Αρδευτικά έργα Αλφειού.

3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το συγκρότημα ανακύκλωσης πρέπει να είναι κατάλληλο για την επεξεργασία μεγάλου εύρους μικτών υλικών που μπορεί να περιέχουν χαρτιά, πλαστικά, πολυστερίνες και σκουπίδια, όπως χώμα, άργιλο και ξύλα. Όταν το συγκρότημα δεν πλένει ανακυκλώνόμενα υλικά σε ποσότητα της τάξεως των $75\text{ m}^3/\text{h}$, τότε χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των αποθεμάτων του εργοταξίου και για την αφαίρεση των ανεπιθύμητων λεπτόκοκκων προσμίξεων από την άμμο. Με τη μέθοδο αυτή ελέγχεται η ποιότητα της εργοταξιακής άμμου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του παραγομένου σκυροδέματος.

Τα μικτά υλικά διαφόρων συστατικών φτάνουν στο εργοτάξιο ανακύκλωσης με φορτηγά οχήματα. Με την άφιξή τους στη γεφυροπλάστιγγα το φορτίο εξετάζεται με μία ευρυγώνιο κάμερα για τον έλεγχο της καταλληλότητας επεξεργασίας από το συγκρότημα πλύσεως. Τα ακατάλληλα φορτία οδηγούνται σε χωματερή για απόρριψη, ενώ τα κατάλληλα οδηγούνται στο συγκρότημα πλύσεως. Μεγάλα κομμάτια από κατεδαφίσεις τεμαχίζονται με κρουστικό σφυρί ή «ψαλίδι» (concrete cruncher, εικόνα 4) που είναι προσαρμοσμένο στην άκρη του προβόλου υδραυλικού εκσκαφέα κατάλληλου μεγέθους. Τα ψαλίδια μπορούν να

αναπτύξουν δυνάμεις μέχρι 600 t. Το μεγαλύτερο μέρος των υλικών μεταφέρεται με φορτωτή σε ένα σιαγονοφόρο θραυστήρα. Το τροφοδοτούμενο υλικό περνάει πρώτα από ένα δονητικό διαχωριστή πρώτης βαθμίδας για την αφαίρεση των υπερδιάστατων υλικών > 100 mm.



Εικόνα 4.
Θρυμματιστής Σκυροδέματος. Krupp
CC4000

Μέγιστες ικανότητες:
Δύναμη θραύσεως
Εσωτερικοί οδόντες 600 t
Μεσαίοι οδόντες 350 t
Εξωτερικοί οδόντες 600 t
Βάρος 9 t
Μέγιστο άνοιγμα σιαγόνων 2,00 m
Μέγεθος εκσκαφέα 60 – 80 t
Πίεση λαδιού 300 bar

Ο θρυμματιστής σκυροδέματος, concrete cruncher, είναι κατάλληλος για την κατάτμηση σκυροδέματος σε μικρά κομμάτια στο δάπεδο του εργοταξίου. Με κατάλληλη διαμόρφωση των εσωτερικών οδόντων κόβει και διαχωρίζει το χαλύβδινο οπλισμό. Η εργασία αυτή αυξάνει την παραγωγικότητα του συγκροτήματος ανακύκλωσης.

Τα μεταλλικά αντικείμενα απομακρύνονται με ένα μαγνήτη που είναι τοποθετημένος πάνω από τον τροφοδοτικό μάντα. Ο μάντας μεταφέρει το υλικό σε ένα κόσκινο αποπλύσεως με καταιονισμό νερού. Πολτός υλικού <5 mm οδηγείται σε ένα συγκρότημα πλύσεως και επεξεργασίας άμμο με ενσωματωμένο υδροκυκλώνα, ο οποίος αφαιρεί τα αιωρούμενα υλικά, όπως παιπάλη και άργιλο. Η άμμος αφυδατώνεται σε ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 12% και είναι απαλλαγμένη από μικροϋλικά κάτω των 40 micron ($=10^{-3}$ mm). Η διαδικασία αυτή δίνει εμπορεύσιμη λεπτή άμμο χωρίς την ανάγκη προκοσκινίσματος ή αφαιρέσεως φυτικής γης από το

τροφοδοτούμενο υλικό, έτσι ώστε να βελτιώνεται σημαντικά η ποιότητα των παραγομένων προϊόντων, ιδιαίτερα της λεπτόκοκκης άμμου (εικόνα 5).



Εικόνα 5. Συγκρότημα ανακύκλωσης παλαιού σκυροδέματος. Πηγή Hartl

Όπως σε όλα τα συγκροτήματα πλύσεως, η ορθή διαχείριση του νερού αποπλύσεως είναι κρίσιμη για τη λειτουργία και την οικονομία της παραγωγής. Στα συγκροτήματα ανακύκλωσης αυτό είναι ένα τεχνικό πρόβλημα που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη σύνθεση / ρύπανση του τροφοδοτούμενου υλικού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι

μέθοδοι μεταξύ των οποίων επικρατέστερη είναι η μέθοδος του «*πυκνωτή λάσπης*» (εικόνα 6) με ενσωματωμένη πολυηλεκτρολυτική διάταξη οργανικής βάσης, η οποία υποστηρίζει τη διαχωριστική ικανότητα. Η διάταξη αυτή προκαλεί ταχύτατη καθίζηση των πλεοναζόντων στερεών υλικών (φαινόμενο *θρόμβωσης*), τα οποία ως πυκνή λάσπη μεταφέρονται με αντλίες λάσπης σε μία εξωτερική απόθεση σε απόσταση 300-400 μέτρων από το συγκρότημα. Το καθαρό νερό υπερχειλίζει τη δεξαμενή του πυκνωτή και φιλτράρεται για την αφαίρεση των υπόλοιπων αιωρούμενων ανεπιθύμητων προσμίξεων, όπως ελαιώδεις αφροί, και στη συνέχεια μεταφέρεται στη δεξαμενή νερού του συγκροτήματος. Από τη θέση αυτή το νερό επανακυκλοφορεί στην απαιτούμενη καθαρότητα και ποσότητα στο συγκρότημα πλύσεως. Με τον πυκνωτή λάσπης δεν χρειάζονται πλέον οι υπαίθριες δεξαμενές καθίζησης.



Εικόνα 6. Μηχανικές μονάδες του συγκροτήματος πλύσεως και διαβαθμίσεως αδρανών υλικών από ανακύκλωση παλαιών σκυροδεμάτων (πηγή CDE Ireland).

Τελευταία εξέλιξη στη διαχείριση του νερού και των αποβαλλομένων στερεών είναι η *Φιλτρόπρεσα* με ενσωματωμένα φίλτρα (μήκους περίπου 16 m), η οποία τοποθετείται μετά τον πυκνωτή λάσπης. Λειτουργεί με πίεση 15 bar και έχει ικανότητα διαχείρισης, ανάλογα με το συγκρότημα, μέχρι 30 t/h απόβλητων στερεών, τα οποία με τη βοήθεια της φιλτρόπρεσας διαμορφώνονται σε «πίτες» μικρού όγκου για εύκολη μεταφορά ως

χρησιμοποιήσιμο υποπροϊόν. Το περιεχόμενο της πίτας σε στερεά είναι της τάξεως του 90%. Η λειτουργία του συγκροτήματος είναι αυτόματη και ελεγχόμενη από ηλεκτρονική διάταξη.

Τα αδρανή υλικά και οι ανεπιθύμητοι κόκκοι περνάνε κατ' ευθείαν από το πρωτογενές κόσκινο καταιονισμού σε ένα πλυντήριο με δίδυμους άξονες μήκους 8 μέτρων, οι οποίοι φέρουν πτερύγια από χρομομολυβδένιο μεγάλης διαμέτρου περίπου 1,5 μέτρων. Η ταχύτητα περιστροφής των αξόνων ρυθμίζεται εύκολα, έτσι ώστε να προσαρμόζεται στα μεταβλητά χαρακτηριστικά του υλικού. Διάφορα ελαφρά μολυσματικά υλικά, όπως σκουριά, πλαστικά και οργανικά υλικά, ξύλα και χόρτα αιωρούνται και μετακινούνται προς ένα κόσκινο αφαίρεσης απορριμμάτων, το οποίο επανακτά το νερό και τα λεπτόκοκκα υλικά, τα οποία οδηγούνται στη μονάδα πλύσεως άμμου. Διάφορα συντρίμματα που είναι προϊόντα τριβής μεταφέρονται σε ένα αποστραγγιστικό κόσκινο. Τα λεπτόκοκκα υλικά που απελευθερώνονται και το νερό οδηγούνται σε ένα φρεάτιο με υποβρύχια αντλία. Το φρεάτιο συλλέγει επίσης νερά αποπλύσεως και υπόγεια νερά, τα οποία τελικά αντλούνται στο κόσκινο καταιονισμού.

Τα πλυμένα και αποστραγγισμένα αδρανή υλικά μεγαλύτερα των 5 mm μεταφέρονται από το κόσκινο αποστραγγίσεως σε ένα κόσκινο δύο πλεγμάτων χωρίς νερό για την τελική κοκκομετρική διαβάθμιση. Η διεργασία παράγει πέντε εμπορεύσιμα προϊόντα: άμμος <5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm, 20-40 mm 40-100 mm, τα οποία ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές παραγωγής σκυροδέματος.

Ακόμη και τα προϊόντα της πρέσας σε μορφή πίτας, τα οποία είναι συμπιεσμένη λάσπη και άργιλος, θεωρούνται εμπορεύσιμα προϊόντα ως αργιλικό επίχρισμα για την επάλειψη καναλιών και οχετών νερού. Τα μεταλλικά υλικά, τα οποία συλλέγονται από το μαγνήτη πωλούνται ως παλιοσίδερα (scrap).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους μαγνήτες αφαίρεσης των μετάλλων από το ρεύμα του υλικού. Οι μαγνήτες δεν χρησιμεύουν μόνο για την ανάκτηση μετάλλων αλλά και για να συμβάλλουν στην παραγωγή καθαρών υλικών, όπως αδρανών υλικών και ξύλων. Το κόσκινο της πρώτης βαθμίδας διαχωρίζει υλικά μεγέθους <30 cm. Το κόσκινο της δεύτερης βαθμίδας αφαιρεί από το υλικό αυτό τα ανεπιθύμητα λεπτά υλικά. Το υπόλοιπο υλικό οδηγείται με ταινιόδρομο στο μαγνήτη, ο οποίος εκτρέπει τα μεταλλικά αντικείμενα από το ρεύμα του υλικού. Με μαγνήτες δινορευμάτων είναι δυνατή και η εκτροπή μη μεταλλικών υλικών, όπως αλουμίνιο, χαλκός και μπρούντζος.

Χρησιμοποιούνται μόνιμοι και ηλεκτρικοί μαγνήτες. Οι μόνιμοι μαγνήτες δεν απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια, γι' αυτό προτιμώνται στα αυτοφερόμενα κινητά συγκροτήματα. Στα Μόνιμα Κέντρα Ανακύκλωσης χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί μαγνήτες, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη μαγνητική ισχύ,

επομένως έχουν τη δυνατότητα να ανυψώνουν βαρύτερα και μεγαλύτερα αντικείμενα. Διακρίνονται επίσης επίπεδοι μαγνήτες πάνω από την κεφαλή του ταινιοδρόμου και μαγνήτες τυμπάνου.

Το πλύσιμο των αδρανών υλικών προσθέτει υψηλή αξία στο τελικό προϊόν από ότι ο «ξηρός» διαχωρισμός. Η ικανότητα της παραγωγής άμμου υψηλής ποιότητας, η οποία αλλιώς θα πεταγόταν σε χωματερή, είναι ακόμη ένα σοβαρό πλεονέκτημα. Οι νέες εγκαταστάσεις με την εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας πλύσεως, δείχνει ότι η διαθεσιμότητα νερού και η διαχείριση των λεπτόκοκκων υλικών δεν αποτελούν πλέον σοβαρά εμπόδια για την αποδοτική πραγματοποίηση εμπορεύσιμων υλικών από υλικά που στο παρελθόν εθεωρούντο σκουπίδια. Εναπόκειται τώρα στους διαχειριστές της ανακύκλωσης και των κατεδαφίσεων να αποφασίσουν πως θα επενδύσουν στις νέες αυτές τεχνολογίες για τις οποίες η πράξη δείχνει ότι είναι κερδοφόρες.

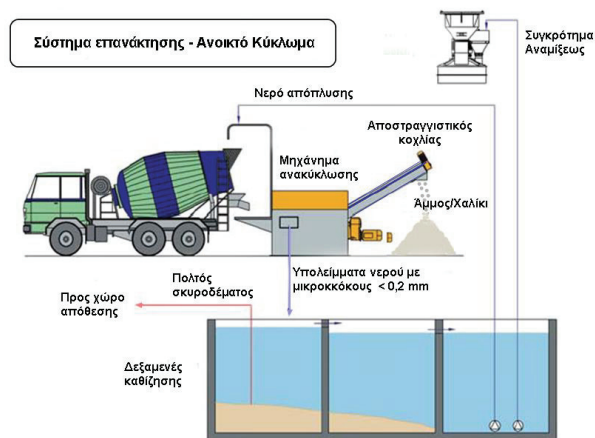
4. ΕΠΑΝΑΚΤΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η επεξεργασία υπολειμμάτων σκυροδέματος στα εργοστάσια παραγωγής και του νερού που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο τους εφαρμόζεται από 25 χρόνια περίπου με συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία για την παραγωγή εμπορεύσιμης άμμου με ελεγχόμενο ποσοστό παιπάλης. Με την αξιοποίηση των υπολειμμάτων σκυροδέματος έχουν προκύψει σημαντικά οικονομικά οφέλη, τα οποία δικαιολογούν τις σχετικές επενδύσεις. Αυτά οφείλονται μεταξύ άλλων στη μείωση του κόστους απόθεσης των υπολειμμάτων σκυροδέματος, στην οικονομία του νερού πλύσεως, και στην επανάκτηση ακριβών υλικών, όπως είναι λεπτόκοκκος καθαρή άμμος απαλλαγμένη από παιπάλη και ζημιογόνες ρυπαρές προσμίξεις. Παράλληλα με την αύξηση της παραγωγικότητας, η ανακύκλωση των υπολειμμάτων βελτιώνει τις συνθήκες παραγωγής από την πλευρά του χρήστη για την ποιότητα του σκυροδέματος. Σημειώνεται επίσης, ότι η διαδικασία ανακύκλωσης ανταποκρίνεται στις νομοθετημένες διατάξεις, οι οποίες ισχύουν σε πολλές χώρες για την επανάκτηση χρησιμοποιήσιμων υλικών και την προστασία του περιβάλλοντος.

Διακρίνονται δύο συστήματα επανάκτησης:

4.1. Επανάκτηση ανοικτού κυκλώματος.

Με το σύστημα ανακύκλωσης υπολειμμάτων σκυροδέματος ανοικτού κυκλώματος τα υλικά (άμμος και χαλίκι) επανακτώνται και τροφοδοτούνται στο συγκρότημα παραγωγής. Το νερό συλλέγεται σε μία δεξαμενή καθίζησης και στη συνέχεια χρησιμοποιείται πάλι για το πλύσιμο. Τα προϊόντα του πλυσίματος, μικρόκοκκα υλικά, τα οποία κατακάθονται στον πυθμένα της δεξαμενής μαζεύονται με φορτωτή και χρησιμοποιούνται σε άλλες χρήσεις (εικόνα 7).



Εικόνα 7. Επανάκτηση υλικών από υπολείμματα σκυροδέματος (πηγή BIBCO), Beilstein).

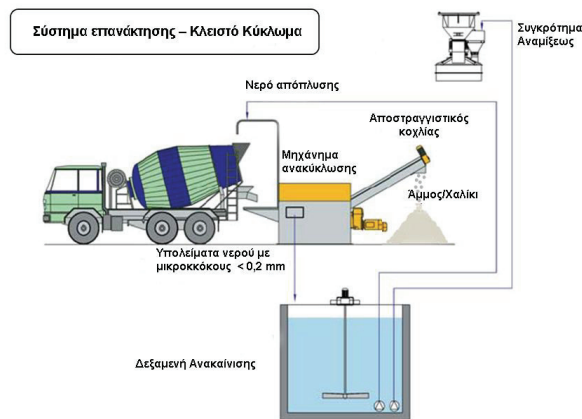
4.2. Επανάκτηση κλειστού κυκλώματος.

Στο κλειστό κύκλωμα, μαζί με την επανάκτηση των υπολειμμάτων σκυροδέματος οδηγείται στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος ολόκληρη η ποσότητα του υπολειπόμενου νερού, στο οποίο συνυπάρχουν λεπτόκοκκα υλικά και τσιμέντο. Με το σύστημα αυτό η απώλεια υλικού είναι μηδενική (εικόνα 8).

Το συγκρότημα επανακύκλωσης μπορεί να είναι κινητό ή σταθερό. Τα βασικά μηχανήματα της εγκατάστασης είναι το κόσκινο καταιονισμού, το μηχάνημα πλύσεως, το οποίο διαμορφώνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις και το μέγεθος της παραγωγής, οι δεξαμενές καθίζησης, ο αποστραγγιστικός κοχλίας και οι μεταφορικές και τροφοδοτικές διατάξεις.

5. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η ανακύκλωση υπολειμμάτων βρίσκει εφαρμογή επίσης στη βιομηχανία προκατασκευασμένων στοιχείων. Οι απαιτήσεις στην παραγωγή είναι διαφορετικές από αυτές των εργοστασίων ετοιμού σκυροδέματος. Το κέντρο βάρους στα εργοστάσια προκατασκευής βρίσκεται στην επεξεργασία του νερού και της καθαρότητάς του (εικόνα 8).



Εικόνα 8. Επανάκτηση υλικών από υπολείμματα σκυροδέματος, κλειστό κύκλωμα (πηγή BIBCO, Beilstein).

Το πλεόνασμα νερού, το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατ' ευθεία στην ανάμιξη, διυλίζεται και μετατρέπεται σε καθαρό νερό, το οποίο χρησιμοποιείται μέσα στο εργοστάσιο, ή μετά από μια τελική επεξεργασία οδηγείται στο δίκτυο αποχέτευσης. Η λάσπη, αν είναι κατάλληλη, χρησιμοποιείται στο συγκρότημα αναμίξεως, έτσι ώστε να δημιουργείται ένα κλειστό κύκλωμα. Αν η ποσότητα της παραγόμενης λάσπης είναι περισσότερη από την απαιτούμενη, τότε η εγκατάσταση εξοπλίζεται με μία φιλτρόπρεσα (εικόνα 9).



Μεταφερόμενο συγκρότημα ανακύκλωσης επί μεταλλικού ελκθηρού (κατασκ. Bibko)



Συγκρότημα ανακύκλωσης με δύο αποστραγγιστικούς κοχλίες παραγωγής δύο προϊόντων για κονιάματα και άνοδρο ασβέστιο (κατασκ. Bibko)



Συγκρότημα πλύσεως αδρανών Αιγίνης τριών διαβαθμίσεων για το σκυροδέμα των λεκανών ηλεκτρολύσεως εργοστασίου Πεσινέ (κατασκ. Bibko)

Εικόνα 9. Ανακύκλωση υπολειμμάτων σκυροδέματος σε εργοστάσιο παραγωγής προκατασκευασμένων στοιχείων.

6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Η ανακύκλωση σκυροδεμάτων έχει αποδειχθεί, ότι είναι κερδοφόρα επιχείρηση, αλλά έχει ορισμένα όρια, τα οποία απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Αυτά είναι: Το κόστος μεταφοράς, το οποίο υποχρεώνει την αγορά να προσανατολίζεται προς τις αστικές περιοχές, πρέπει να διατηρείται σε χαμηλές τιμές. Η αγορά για ανακυκλωμένα υλικά επηρεάζεται από τις προδιαγραφές των χρηστών και από διάφορες προκαταλήψεις και επιφυλάξεις. Τελικά, η διαθεσιμότητα των τροφοδοτούμενων στο συγκρότημα υλικών προσδιορίζεται από το μέγεθος των κατεδαφίσεων, η οποία κατά κανόνα γίνεται μέσα σε παλαιότερες και μεγαλύτερες πόλεις.

Οι τιμές κόστους διαφέρουν ανάλογα με την τοποθεσία και τις συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή. Η τεχνολογική βελτίωση της παραγωγής και τα κίνητρα που πρέπει να παρέχει η διοίκηση για την τόνωση της ανακύκλωσης θα συντελέσουν στη μείωση του κόστους εκμετάλλευσης. Στο σημείο αυτό απαιτείται η εκπόνηση σχετικής οικονομοτεχνικής μελέτης.

Δίνονται ορισμένα ενδεικτικά μεγέθη από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η επένδυση για την εγκατάσταση συγκροτήματος ανακύκλωσης εξαρτάται από το μέγεθος και τη σύνθεση της εγκατάστασης. Σύμφωνα με αμερικανικές πηγές εκτιμάται σε \$4,40 έως \$8,80 ανά τόνο ετήσιας παραγωγής (Wilburn and Goonan, 1998). Το κόστος επεξεργασίας του συγκροτήματος ανακύκλωσης κυμαίνεται μεταξύ \$2,76 και \$6,61 ανά τόνο ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής και τις φάσεις επεξεργασίας. Η μέση ικανότητα ενός μόνιμου συγκροτήματος ανακύκλωσης είναι περίπου 150.000 τόνοι το χρόνο. Για το συγκρότημα αυτό η επένδυση εκτιμάται σε \$660.000 έως \$1.320.000.

7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Τελευταία οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης προδιαγράφει ποσοστό ανακύκλωσης από διάφορες κατασκευές και κατεδαφίσεις μέχρι το 2020 της τάξεως του 70%. Αυτό σημαίνει, ότι σύντομα η ανακύκλωση παλαιών σκυροδεμάτων και μάζων θα είναι υποχρεωτική.

Ανακυκλώνόμενο παλαιό σκυρόδεμα, μάζα από οδοστρώματα και συντρίμματα από διάφορες κατασκευές και κατεδαφίσεις μπορεί να μετατραπούν σε ένα πρόσθετο κερδοφόρο προϊόν εμπορεύσιμων αδρανών υλικών, όπως προκύπτει από τελευταίες στατιστικές από χώρες, οι οποίες εφαρμόζουν από χρόνια την τεχνική της ανακύκλωσης.

Στην πράξη χρησιμοποιούνται κινητά (αυτοφερόμενα) και μόνιμα (κεντρικά) συγκροτήματα.

Την ολοκληρωμένη λύση στην παραγωγή αδρανών υλικών σύμφωνα με τους κανονισμούς, ακόμη και καλύτερης ποιότητας από τα αδρανή

πρωτογενούς παραγωγής, εξασφαλίζουν τα μόνιμα συγκροτήματα, τα οποία με τα νέες τεχνολογίας μηχανήματα καθαρισμού, ταξινόμησης, πλύσης, επανάκτησης του νερού πλύσεως, και διαλογής δίνουν αξιόλογες και οικονομικές λύσεις. Με τα μόνιμα συγκροτήματα εξασφαλίζεται η απαλλαγή των υλικών και ιδιαίτερα της άμμου από το ανεπιθύμητο ποσοστό παιπάλης και λοιπών ρυπογόνων ουσιών, ακόμη και ο διαχωρισμός της άμμου 0/5 σε υποπροϊόντα, διαδικασία, η οποία δεν είναι δυνατή με μηχανικά μέσα. Παράλληλα ελαχιστοποιούν την κατανάλωση νερού πλύσεως και εκμεταλλεύονται την παραγόμενη λάσπη για άλλες δομικές χρήσεις. Τα μόνιμα Κέντρα Ανακύκλωσης Παλαιών Σκυροδεμάτων, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν στις περιφέρειες κατοικημένων περιοχών, λύνουν πολλά προβλήματα των διαφόρων δημόσιων φορέων για τη διαχείριση παλαιών υλικών, μεταξύ των οποίων είναι και το καυτό πρόβλημα των χώρων απόθεσης των μάζων.

Το τελικό συμπέρασμα είναι, ότι με τη νέα τεχνολογία ανακύκλωσης εξασφαλίζονται οικονομικά οφέλη και προστασία του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να μην αποτελεί πλέον υποχρέωση προς τη φύση αλλά και μία κερδοφόρο επιχείρηση.

Το μέλλον των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών θα εξαρτηθεί από τη βαθμιαία μείωση της ικανότητας απορρόφησης των χώρων απόθεσης, από την αυξανόμενη ζήτηση υλικών, από τους συνεχείς περιορισμούς της διοίκησης και ακόμη από τις απαιτήσεις της εθνικής οικονομίας, αφού πρόκειται για εθνικό υλικό, το οποίο σύντομα θα χαρακτηριστεί ως υλικό σε ανεπάρκεια.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

Άρθρα

DeAnne Toto: “Separation Anxiety” Construction and Demolition Recycling, 1/26/2005.

Βιβλία

Χ.Ι.Εφραιμίδης, ΔΟΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ, Εκδόσεις «Αθανασόπουλος – Παπαδάμης», Αθήνα, 2002.

Εικονογραφημένα έντυπα

BIBKO, Transportbeton Industrie, Steinbeisstrasse 1+2 ,D-71717 Beilstein, Germany.

CDE Aggregate Recycling Plants, Tyrone, Ireland. Sandholes Road, Cookstown, Co. Tyrone, BT80 9DG.

CDE Recycling Plants, Tyrone, Ireland. "Building the future with CDE".

Hartl Crushtek, Beevoe Street, Lincoln LN67 7DJ, England.

O.E.M. Recycling Equipment. Sherbrooke, 262 Pepin Street, Quibec, Canada, J1L 2V8

USGS United States Geological Survey, Minerals Yearbook: Construction Sand and Gravel Crushed (<http://en.wikipedia.org>).

USGS United States Geological Survey, Minerals Yearbook: Stone, Crushed.