

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Δήμητρα Τζουρμακλιώτου

Επίκουρος Καθηγήτρια

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ., Εργ. Μετ. Κατ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail: dimitratz@gmail.com

Άγγελος Αλέξανδρος Γαλούσης

Υποψήφιος Διδάκτορας

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ., Εργ. Μετ. Κατ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail : aagalousis@yahoo.com

Φίλιππος Μπουρίκας

Προπτυχιακός Φοιτητής

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail : pbourikas@gmail.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζουμε και κατασκευάζουμε, σήμερα, τα κτήρια στο βιομηχανοποιημένο κόσμο, είναι σπάταλος και ανεύθυνος. Τα περισσότερα κτήρια σχεδιάζονται με υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής μόλις μερικών δεκαετιών χωρίς να εκτιμάται το τι θα συμβεί μετά τη λήξη της ζωής τους. Για την ακρίβεια περισσότερο από το ένα τρίτο όλων των στερεών αποβλήτων που πηγαίνουν στους χώρους ταφής απορριμμάτων, προέρχεται από την κατασκευή κτηρίων και την κατεδάφιση. Τέτοια απόβλητα μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την αύξηση αφενός των ποσοστών επαναχρησιμοποίησης στον κατασκευαστικό κλάδο, και αφετέρου την ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών. Ένα από τα κύρια εμπόδια σε μια τέτοια προσπάθεια επαναχρησιμοποίησης είναι ότι τα κτήρια δεν σχεδιάζονται με πρόβλεψη για αποσυναρμολόγηση, καθώς επίσης διότι, δεν υπάρχει ακόμα μια αναπτυγμένη μεθοδολογία για το σχεδιασμό για αποσυναρμολόγηση. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μια επισκόπηση των βασικών αρχών και των στρατηγικών στο σχεδιασμό για

αποσυναρμολόγηση (ΣγΑ), και περιγράφει την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών, στον σχεδιασμό κτηρίων.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

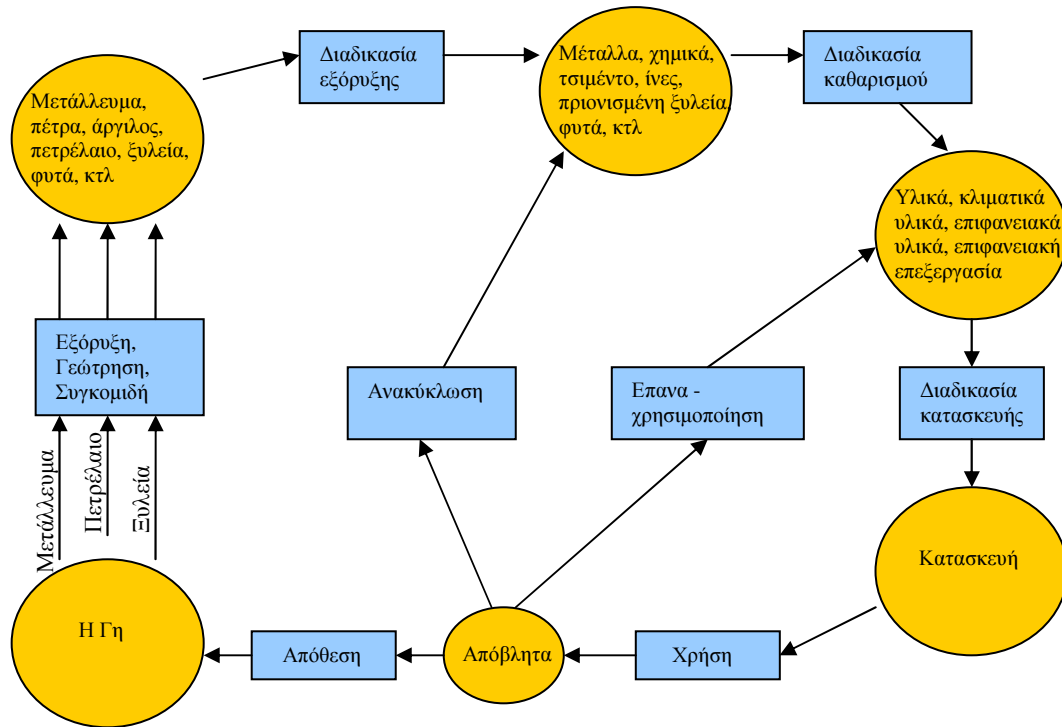
Τα κτήρια είναι μεγάλες, στατικές, περιπλοκές συνθέσεις, σχετικά χαμηλής αξίας εμπορευμάτων. Τα υλικά αυτά είναι συχνά δύσκολο να διαχωριστούν και πολλά δεν είναι εύκολα ανακυκλώσιμα. Η αξία ενός κτηρίου δεν έγκειται τόσο στα υλικά αυτά καθαυτά, αλλά στα λειτουργικά του γνωρίσματα όταν αυτά συγκεντρώνονται από κοινού. Εξαιτίας αυτού, τα υλικά αυτά διατηρούν περισσότερη αξία όταν επαναχρησιμοποιούνται απ' ό,τι όταν ανακυκλώνονται. Ένα μεγάλο μέρος αυτό που αποκαλείται ανακύκλωση είναι στη πραγματικότητα η υποβάθμιση ενός υλικού για χρήση σε χαμηλότερο βαθμό. Εάν εξετάσουμε το διάγραμμα ροής των πόρων στο Σχήμα 1, όσο μικρότερος και στενότερος είναι ο κύκλος της χρήσης των πόρων αυτών, τόσο το καλύτερο. Κάθε βήμα αυτής της διαδικασίας συνήθως απαιτεί επιπρόσθετους πόρους όπως ενέργεια, μεταφορά, ή και πρόσθετα υλικά. Εάν λοιπόν μπορούμε να ανακτήσουμε τα συστατικά και τα υλικά από τα κτήρια για την επαναχρησιμοποίησή τους, θα εξαλείψουμε αυτές τις πρόσθετες εισροές πόρων.

Για να καταλάβει κανείς γιατί αυτό έχει μεγάλη σημασία, πρέπει να καταλάβει τη συμβολή των πρώτων υλών στην κατασκευή. Έχει υπολογιστεί ότι το 60% των πρώτων υλών της παγκόσμιας οικονομίας (αποκλείοντας τα τρόφιμα και τα καύσιμα) καταναλώνεται από τον κλάδο των οικοδομικών και τεχνικών έργων. Η κατασκευή έργων είναι ένας από τους μεγαλύτερους χρήστες της παραγομένης ξυλείας, και κατά συνέπεια μοιράζεται την ευθύνη για τις επιδράσεις που έχει αυτό στα δάση μας. Τα κτήρια είναι επίσης μεταξύ των μεγαλύτερων καταναλωτών χαλκού και χάλυβα, και ευθύνονται έτσι για τις επιδράσεις που επιφέρει η εξόρυξη των υλικών αυτών. Τέλος τα κτήρια είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής του πολυβινυλοχλωρίδιου (PVC), φέροντας μερίδιο ευθύνης για τις επιδράσεις του αφενός στην υγεία και αφετέρου την ρύπανση του πλανήτη.

Ουσιαστικά κάθε βήμα σε έναν κύκλο υλικών απαιτεί ενεργειακές εισαγωγές, για την εξαγωγή, τον καθαρισμό, τη μεταφορά και την επεξεργασία. Η κατανάλωση της ενέργειας συνοδεύεται από εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), το οποίο αποτελεί το πρωταρχικό αέριο που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και των πολλών κλιματικών αλλαγών του πλανήτη. Η κατασκευή του τσιμέντου μόνο, ευθύνεται για το 7% περίπου της παγκόσμιας εκπομπής άνθρακα. Χρειάζονται 110 τόνοι ακατέργαστου μεταλλεύματος χαλκού για να παραχθεί ένας μόνο τόνος καθαρού χαλκού. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, σημαντικές ποσότητες ενέργειας είναι αναγκαίες για τη μετακίνηση και τη μετατροπή της πρώτης ύλης σε καθαρό μέταλλο. Επίσης, η μετακίνηση χιλιάδων τόνων υλικών από την πηγή τους προς ένα εργοτάξιο απαιτεί σημαντική εισροή μεταφορικών μέσων. Πολλές από αυτές τις επιδράσεις μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την επαναχρησιμοποίηση των υλικών με έναν τρόπο που να συντηρεί την ενσωματωμένη ενέργεια και τον άνθρακα που επενδύθηκαν ήδη, σε αυτά τα υλικά.

Δεδομένου ότι αυτές οι τεράστιες υλικές ροές εισέρχονται με αργό ρυθμό στα κτήρια, μέσω της ανακαίνισης και της κατεδάφισης, διαπιστώνουμε ότι τα συντρίμια κατασκευής και κατεδάφισης (συντρίμια K&K) αυτήν την περίοδο αποτελούν το 25-30% όλων των παραγόμενων στερεών αποβλήτων. Η απόρριψη των υλικών αυτών και όχι η επαναχρησιμοποίησή τους, μας ωθεί στην συνέχιση της εξαγωγής τεράστιων ποσοτήτων

νέων υλικών και επιτείνει τις επιδράσεις που αναφέρθηκαν στα οικοσυστήματα μας. Χρειαζόμαστε ένα νέο διανοητικό μοντέλο που θα βλέπει με σαφήνεια τα «απόβλητα» αυτά, ως πολύτιμους πόρους, των οποίων η συγκομιδή θα γίνεται από τα ήδη υπάρχοντα κτήρια και θα χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή νέων.

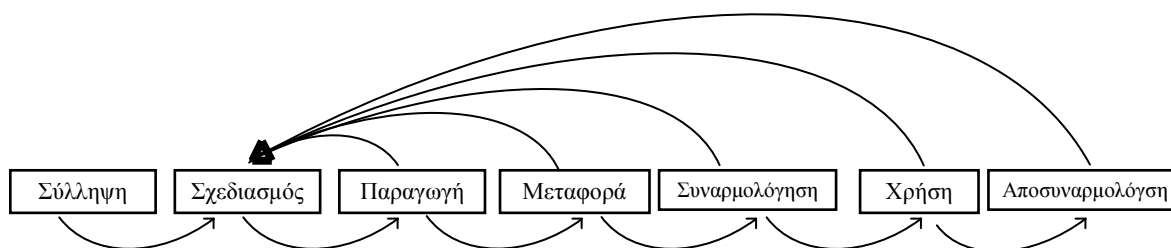


Σχ.1: Η συμβατική ροή των πόρων ξεκινά με την εξαγωγή τους από τη γη, και τελικά κλείνει με την επιστροφή των πόρων αυτών πίσω στη γη, μέσω των χώρων ταφής απορριμμάτων. Ο ΣγΑ ενθαρρύνει την οικονομική επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση των πόρων αποφεύγοντας έτσι την πρόσθετη εξόρυξη παρθένων πόρων

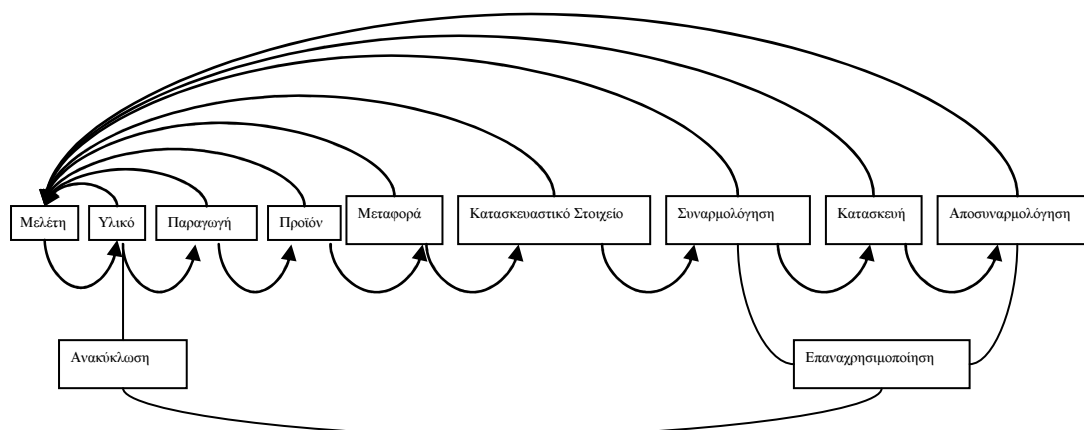
Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των πόρων παράγεται όχι από τη νέα κατασκευή, αλλά από την ανακαίνιση και την κατεδάφιση. Η πρόκληση είναι ότι τα κτήρια δεν σχεδιάστηκαν για να επιτρέψουν σε αυτά τα υλικά για να ανακτηθούν εύκολα. Αυτό είναι ο στόχος του Σχεδιασμού για Αποσυναρμολόγηση (ΣγΑ), να υπολογίσει δηλαδή πώς να συναρμολογήσει τα κτήρια έτσι ώστε να μπορούν να αποσυναρμολογηθούν οικονομικά και τα συστατικά τους να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Με τη διευκόλυνση της αποσυναρμολόγησης και του διαχωρισμού των συστατικών των κτηρίων, διευκολύνεται η ανάπτυξη του κλειστού βρόχου (closed loop) του κύκλου ζωής των υλικών. Βελτιώνει τα οικονομικά των κατασκευαστών για καινοτόμες προσεγγίσεις, όπως τα προϊόντα ως «υπηρεσίες» που μισθώνονται με την πάροδο του χρόνου ή ακόμα και τα υλικά ως συστήματα ανάκλησης. Με δεδομένο επίσης ότι η αποσυναρμολόγηση είναι μια πολύ καθαρότερη μορφή αποσυναρμολόγησης από την παραδοσιακή μηχανική κατεδάφιση, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις στις περιοχές των κατασκευών όπως ο θόρυβος, η σκόνη, και οι πιθανές επικίνδυνες εκκενώσεις υλικών, μειώνονται δραματικά.

Εντούτοις, τα πραγματικά οφέλη της αποσυναρμολόγησης (συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση ΣγΑ) είναι το κλείσιμο του βρόχου της χρήσης των πόρων. Αφορά την επαναχρησιμοποίηση αυτών των «αποβλήτων» πόρων για να

αποφευχθεί η άσκοπη εξόρυξη νέων από τα οικοσυστήματα μας. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση (ΣγΑ), αφορά το σχεδιασμό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε αυτοί οι πόροι μπορούν να ανακτηθούν οικονομικά και να επαναχρησιμοποιηθούν. Σε αντίθεση με το συμβατικό, γραμμικό πρότυπο εξαγωγής (χρήση και απόρριψη - Σχήμα 2), ο ΣγΑ προβλέπει έναν κλειστό κύκλο της χρήσης και της επαναχρησιμοποίησης (Σχήμα 3).



Σχ. 2: Φάσεις κύκλου ζωής



Σχ. 3: Φάσεις κύκλου ζωής του κτηρίου και των υλικών του – ΣγΑ

3. ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ο σκοπός της αποσυναρμολόγησης είναι η ανάκτηση των δομικών στοιχείων, των εξαρτημάτων, των υπό-εξαρτημάτων και των υλικών είτε με επαναχρησιμοποίησή τους είτε με ανακύκλωσή τους, με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Η μελέτη για αποσυναρμολόγηση κάνει διάκριση μεταξύ του σχεδιασμού για την επαναχρησιμοποίηση και του σχεδιασμού για την ανακύκλωση, βασιζόμενη στα διαφορετικά συστατικά και τον τύπο των υλικών που χρησιμοποιούνται σε ένα κτήριο. Η αποσυναρμολόγηση αυτή καθ' αυτή εμπεριέχει έναν υψηλό βαθμό ραφινάρισματος στο διαχωρισμό των οικοδομικών στοιχείων. Εάν ένα κτήριο αποσυναρμολογηθεί σε κάποιο υποθετικό μέγιστο, τότε θα οδηγούσε σε υλικά και συστατικά στο επίπεδο της αρχικής τους μορφής πριν από την κατασκευή. Δεν είναι πρακτικό να προσεγγιστεί ο σχεδιασμός για την αποσυναρμολόγηση στο σύνολο της κατασκευής, διότι μερικά συστατικά, όπως ένα παράθυρο για παράδειγμα, μπορούν να είναι ξεπερασμένα και κατά συνέπεια ανεπιθύμητα για την επαναχρησιμοποίησή τους ως εξωτερικά παράθυρα. Τα αποσυναρμολογούμενα υλικά είναι δύσκολο να ενσωματωθούν στη νέα κατασκευή. Τα αφαιρούμενα υλικά από ένα

υπάρχον κτίριο για να ενσωματωθούν σε νέα κτήρια, προϋποθέτει ότι οι ανάδοχοι κατεδάφισης και οι κατασκευαστές γίνονται, κατά συνέπεια, και προμηθευτές υλικών. Εκτός από τις διαδικασίες κατεδάφισης και κατασκευής πρέπει να αντιμετωπίσουν και ζητήματα αποθεμάτων και αποθήκευσης υλικών, τις πρόσθετες απαιτήσεις διακίνησης και μεταφορών, καθώς και την ενσωμάτωση αποσυναρμολογούμενων τμημάτων, σε μελέτες όπου μπορεί να είναι προτιμητέα τμήματα ειδικά σχεδιασμένα για το εκάστοτε έργο. Οι ποσότητες και η ποιότητα των ανακτημένων υλικών είναι ένας σημαντικός παράγοντας όταν πρέπει μια μελέτη να ταιριάζει με τα διαθέσιμα μεγέθη και τις ποσότητες ανακτημένων συστατικών, ή να αντιμετωπίσει την αβεβαιότητα ότι ικανοποιητικά και κατάλληλα ανακτημένα συστατικά θα βρεθούν για να ταιριάζουν με το σχεδιασμό. Η οικονομική αποτελεσματικότητα της ανάκτησης των ποικίλων και μικρών υλικών όπως είναι η καλωδίωση, καρφιά και μπουλόνια μπορεί επίσης να είναι ένα μειονέκτημα. Στην πραγματικότητα, μερικά υλικά δεν είναι εύκολα επαναχρησιμοποιήσιμα αλλά μπορούν να ανακυκλωθούν κατά τρόπο οικονομικώς αποδοτικό. Βασισμένο σε αυτήν την προοπτική, είναι δυνατό να προσεγγιστεί η μελέτη για την αποσυναρμολόγηση ως «ιεραρχικός σχεδιασμός», που θα περιλαμβάνει:

- σχεδιασμό για επαναχρησιμοποίηση,
- σχεδιασμό για ανακατασκευή, και
- σχεδιασμό για ανακύκλωση.

Οι περιορισμοί σε αυτήν την βελτιστοποίηση περιλαμβάνουν το μέγεθος των κτηρίων και των στοιχείων του, τη διάρκεια ζωής των διαφορετικών στοιχείων της κατασκευής, τις λειτουργικές απαιτήσεις του κτηρίου, σχετικές επιδράσεις δομικών στοιχείων λόγω του αρχικού κόστους και τις δαπάνες του κύκλου ζωής τους, το χρόνο ανέγερσης και ως εκ τούτου την αποσυναρμολόγηση του κτηρίου τα συστατικά και πρώτες ύλες του κτηρίου. Μικρότερος αριθμός συστατικών σε ένα κτήριο, εμφανίζεται να είναι ιδιαίτερα προτιμητέος, ως παράδειγμα της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση. Εντούτοις, αυτό το κριτήριο από μόνο του είναι ανεπαρκές. Πολύ λίγα, και ως εκ τούτου μεγάλα, στοιχεία που απαιτούν ακριβό και μεγάλο εξοπλισμό για να μετακινηθούν και δεν είναι έτοιμα για επαναχρησιμοποίηση ως έχουν, λόγω της δυσκολίας να ταιριάζουν σε μια νέα χρήση, μπορεί να μην είναι απαραίτητως οικονομικά αποδοτικά.

4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣγΑ

Τι είναι αυτό που καθορίζει εάν τα κτήρια αποσυναρμολογούνται; Η αποσυναρμολόγηση συχνά συζητείται κυρίως ως στρατηγική για να επιτευχθούν περιβαλλοντικοί στόχοι, αλλά μπορεί να επιτύχει κοινωνικούς και οικονομικούς στόχους επίσης. Πρέπει να υπάρξει μια ομάδα αναδόχων ειδικευμένων στην αποσυναρμολόγηση κτηρίων. Το κόστος της αποσυναρμολόγησης και των ανακτημένων υλικών, πρέπει να είναι ανταγωνιστικό με τις εναλλακτικές λύσεις και πρέπει να υπάρξει μια αγορά για τη διάθεση αυτών των υλικών. Μερικοί από τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν εάν τα κτήρια μπορούν να αποσυναρμολογηθούν περιλαμβάνουν:

- Το τοπικό κόστος της απόρριψης υλικών
- Το τοπικό κόστος της εργασίας και του εξοπλισμού
- Ο βαθμός ευκολίας της αποσυναρμολόγησης, που κατά συνέπεια έχει επιπτώσεις στο εργατικό κόστος
- Η αξία των υλικών που ανακτώνται
- Η ύπαρξη επαρκούς διαθέσιμου χρόνου για την αποσυναρμολόγηση

Η ευκολία και η ταχύτητα της αποσυναρμολόγησης είναι ένας βασικός παράγοντας. Πώς μπορούν οι αρχιτέκτονες, οι μηχανικοί, και οι οικοδόμοι να κατασκευάσουν τα κτήρια με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολο να διαχωριστούν; Οι μέθοδοι σύνδεσης των υλικών επιτρέπουν την αποσυναρμολόγηση; είναι αυτές οι συνδέσεις εύκολα προσβάσιμες; Μήπως υπάρχουν πάρα πολλά υλικά ή μήπως αναμειγνύονται κατά τρόπο πολύ σύνθετο; Μήπως επικίνδυνα υλικά ανακατεύονται με πολύτιμα; Είναι τα υλικά ορατά και αναγνωρίσιμα στα υπάρχοντα σχέδια; Οι κόλλες και τα σύνθετα υλικά αποφεύγονται; Οι σχεδιαστές και οι οικοδόμοι των κατασκευών μας, ασκούν σημαντική επίδραση στο πόσο εύκολα μπορούν να αποσυναρμολογηθούν. Συχνά μια απλή διανοητική μετατόπιση, να σκεφτεί κάποιος ακριβώς για την ευκολία της αποσυναρμολόγησης κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής, αποκαλύπτει πολυάριθμες στρατηγικές που μπορούν με ευκολία να υιοθετηθούν. Μερικές από αυτές τις στρατηγικές δίνονται κατωτέρω:

4.1 Στρατηγικές αποσυναρμολόγησης:

- Μεγιστοποίηση της σαφήνειας και της απλότητας
- Ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας της κατασκευής
- Ελαχιστοποίηση των διαφορετικών τύπων υλικών
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των δομικών στοιχείων (λιγότερα, μεγαλύτερα στοιχεία)
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των συνδέσμων (λιγότεροι, ισχυρότεροι σύνδεσμοι)
- Χρησιμοποίηση μηχανικών συνδέσμων στη θέση των συγκολλητικών ουσιών και κολλών
- Απλοποίηση των συνδέσεων
- Εύκολα προσβάσιμες και ορατές συνδέσεις
- Διαχωρισμός των οικοδομικών στρωμάτων
- Κατασκευή σε επίπεδα (φέρων οργανισμός, επικαλύψεις, λειτουργία)
- Χρησιμοποίηση υλικών που να αξίζει να ανακτηθούν,
- Ελαχιστοποίηση των τοξικών υλικών
- Ελαχιστοποίηση των σύνθετων υλικών
- Χρησιμοποίηση τυποποιημένων οικοδομικών στοιχείων / κατασκευεών
- Εύκολη πρόσβαση σε δομικά στοιχεία / υλικά (παράθυρα, κ.λπ.)
- Προσιτές πληροφορίες
- Κατασκευαστικά σχέδια & λεπτομέρειες
- Προσδιορισμός των υλικών και των δομικών στοιχείων

4.2 Υλικά, κατασκευές, και συστήματα δόμησης

Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση προτείνει την προσεκτική σκέψη για το πώς τα υλικά, οι κατασκευές και τα συστήματα δόμησης, συνδέονται μεταξύ τους. Το ακόλουθο τμήμα περιγράφει τους παράγοντες που συμμετέχουν στο ΣγΑ - και τις ερωτήσεις που προκύπτουν - σε αυτά τα τρία επίπεδα κατασκευής.

4.2.1 Υλικά

- Προληπτική επιλογή υλικών
- Χρησιμοποίηση υλικών που να αξίζουν και είναι εφικτό να ανακτηθούν
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των διαφορετικών υλικών
- Αποφυγή χρήσης σύνθετων και ανόμοιων υλικών
- Ελαχιστοποίηση των τοξικών υλικών

Γενικά, τα υλικά πρέπει να επιλέγονται με σύνεση. Η κατάργηση επικίνδυνων υλικών μπορεί να αυξήσει κατά πολύ το κόστος. Η εμπειρία της βιομηχανίας αμιάντου και

χρωμάτων μολύβδου, το κατέστησε αυτό πολύ σαφές. Εάν για λόγους απόδοσης, γίνει χρήση επικίνδυνων υλικών, αυτά πρέπει να είναι σαφώς αναγνωρισμένα και καταγεγραμμένα, ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν κατάλληλα στο τέλος της ζωής τους. Η χρησιμοποίηση λιγότερων υλικών απλοποιεί επίσης την αποσυναρμολόγηση. Στο ΣγΑ προτείνεται οι μελετητές να εξετάζουν εάν ενδεχομένως η ίδια αρχιτεκτονική επίδραση ή σκοπός μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση λιγότερων τύπων υλικών ή του ίδιου υλικού με διαφορετικούς τρόπους; Εάν περισσότεροι τύποι υλικών είναι απαραίτητοι, η σύνδεση των υλικών αυτών πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά. Όταν είναι δυνατό, πρέπει να εξετάζεται η χρήση των στερεών υλικών αντί σύνθετων και ανόμοιων υλικών, καθώς τα σύνθετα περιπλέκουν το διαχωρισμό των μεμονωμένων υλικών για την επαναχρησιμοποίηση τους.

4.2.2 Κατασκευές

- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των δομικών στοιχείων (λιγότερα, μεγαλύτερα στοιχεία)
- Ελαχιστοποίηση του αριθμού των συνδέσμων (λιγότεροι, ισχυρότεροι σύνδεσμοι)
- Χρησιμοποίηση μηχανικών συνδέσμων στη θέση των συγκολλητικών ουσιών και κολλών
- Απλοποίηση των συνδέσεων
- Εύκολα προσβάσιμες και ορατές συνδέσεις
- Διαχωρισμός των οικοδομικών στρωμάτων
- Διαχωρισμός της λειτουργίας από το φέροντα οργανισμό

Ως μια συλλογή μερών που εναρμονίζονται μαζί σε μια πλήρη δομή, οι κατασκευές είναι οι δομικές μονάδες της αρχιτεκτονικής. Υπαγορεύουν πώς τα υλικά και τα δομικά στοιχεία ενώνονται, συνεπώς ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση περικλείει τον τομέα της αποσύνθεσης. Μόνο ο βέλτιστος αριθμός συνδέσμων πρέπει να χρησιμοποιηθεί και οι μόνιμοι σύνδεσμοι πρέπει να αποφευχθούν συμπεριλαμβανομένων των κολλών και των χημικών ουσιών, διότι βλάπτουν τα υλικά που μπορούν να αφαιρεθούν. Αντ' αυτού, είναι προτιμότερο να εξεταστεί η χρήση κοχλιών, μπουλονιών και μηχανικών συνδέσεων. Η αποσυναρμολόγηση απλοποιείται όταν υπάρχει σαφήνεια και όχι πολυπλοκότητα, στο πώς οι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται. Η μελέτη πρέπει επίσης να εξετάσει την πρόσβαση στις δευτερεύουσες κατασκευές, ιδιαίτερα εκείνες που πρέπει να διατηρηθούν, να επισκευαστούν ή να τροποποιηθούν σε συχνή βάση. Η πρόσβαση σε μια δευτερεύουσα κατασκευή δεν πρέπει να υποβιβάζει τα υλικά ή τις κατασκευές που βρίσκονται σε ανώτερο επίπεδο. Οι συνδέσεις πρέπει να είναι απλοποιημένες, να είναι εύκολα προσβάσιμες και όπου είναι δυνατόν να εκτεθούν, για να εξυπηρετήσουν ως καθημερινές ενδείξεις της διαδικασίας της αποσυναρμολόγησης ή να επιτρέπουν τουλάχιστον στους χρήστες να διατυπώσουν τις ερωτήσεις για τη σύνθεση και την αποσύνθεση τους. Η τυποποίηση και η προκατασκευή μπορούν να προωθήσουν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση σε μεγαλύτερη κλίμακα - είτε τμημάτων των κατασκευών, είτε των υλικών τους. Εντούτοις, οι κατασκευές και τα δομικά στοιχεία πρέπει να διαστασιολογηθούν για την επαναχρησιμοποίηση. Η τυποποίηση έχει νόημα μόνο εάν καθιστά την κατασκευή και την αποσυναρμολόγηση ευκολότερη.

4.2.3 Συστήματα δόμησης

- Εξέταση της αλληλοεπίδρασης των συστημάτων, της αποδοτικότητας, και της συνδεσιμότητά τους
- Επιλογή ανεξάρτητων (αυτο-φερόμενων) κατασκευών

Η πλαισιωτή, κατασκευή είναι παραδοσιακά μια γρήγορη και εύκολη κατασκευή, εκτελώντας διάφορες λειτουργίες: φέροντα τοιχεία, εξωτερικό περίβλημα, εσωτερικά χωρίσματα, ηλεκτρικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.λ.π. Με τόσους πολλούς ρόλους, τα δομικά συστήματα τροποποιούνται συχνά. Ο διαχωρισμός αυτών των δομικών συστημάτων, καθιστά ευκολότερη τη διατήρηση των μεμονωμένων συστημάτων και διευκολύνει τη προσαρμογή ή την αποσυναρμολόγηση. Το εξωτερικό περίβλημα, τα δομικά στοιχεία, τα εσωτερικά χωρίσματα, οι υποδομές, οι μηχανικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις μπορούν να συνδεθούν χωριστά. Έτσι, για παράδειγμα, η αφαίρεση ενός εσωτερικού χωρίσματος μπορεί να προσαρμοστεί χωρίς τη διατάραξη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ή των δομικών στοιχείων. Επιπλέον, ο διαχωρισμός των δομικών συστημάτων επιτρέπει να εξετασθεί επαρκέστερα η περιβαλλοντική επίδραση των υλικών που χρησιμοποιούνται, σε σχέση με τον επιθυμητό κύκλο ζωής τους ή την αντικατάστασή τους. Εάν ένα δομικό σύστημα σχεδιάζεται για να παραμείνει αμετάβλητο για εκατό χρόνια, τότε ένα υλικό με την κατάλληλη διάρκεια και ενσωματωμένη ενέργεια (και εκπομπές) μπορεί να επιλεγεί ως δομικό σύστημα. Παρομοίως, τα υλικά πλήρωσης με συντομότερη διάρκεια ζωής, μπορούν να επιλεγούν λαμβάνοντας υπόψη την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση.

5. ΧΑΛΥΒΑΣ – ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΓΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Η βιομηχανία κατεδάφισης είναι ήδη έμπειρη στην ανακύκλωση των υλικών χάλυβα ακόμη και όπου χρησιμοποιούνται διαδοχικά με άλλα δομικά υλικά όπως ο χάλυβας του οπλισμένου σκυροδέματος. Η αυξανόμενη χρήση διατομών χάλυβα σε βιομηχανικά, εμπορικά και οικιστικά κτίρια παρέχει τη δυνατότητα να αυξηθεί η ποσότητα των δομικών στοιχείων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Οι χαλύβδινοι δοκοί και τα χαλύβδινα υποστυλώματα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν όπου αυτό είναι οικονομικά βιώσιμο και να απομακρυνθούν αυτά τα στοιχεία χωρίς πρόκληση σημαντικής ζημίας στις συνδεδεμένες άκρες. Οι ελαφρύτερες μονάδες χάλυβα, όπως τα μεταλλικά δάπεδα ή οι δοκοί των δαπέδων είναι γενικά ευκολότερα να αφαιρεθούν χωρίς πρόκληση μεγάλης ζημίας, επειδή είναι συχνά στερεωμένα με βίδες και όχι πακτωμένα.

6. ΧΑΛΥΒΑΣ – ΕΜΠΟΔΙΑ ΓΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Όπως και με άλλα υλικά το προφανέστερο εμπόδιο στη χρήση των ανακτημένων στοιχείων είναι το οικονομικό. Ορισμένα στοιχεία μπορούν να μην είναι κατάλληλα για την επαναχρησιμοποίηση λόγω αβεβαιότητας σχετικά με το ιστορικό τους. Για τα δομικά στοιχεία όπως τα υποστυλώματα και οι δοκοί, οποιαδήποτε σημαντική παραμόρφωση θα ήταν ορατή. Ελλείπει οποιασδήποτε σημαντικής παραμόρφωσης τα μέλη είναι, λογικά, κατάλληλα για την επαναχρησιμοποίηση. Εντούτοις, αυτή η εμπειρική μέθοδος δεν είναι απαραίτητος κατάλληλη για τους συνδέσμους όπου επιμήκυνση ή άλλες παραμορφώσεις μπορεί να έχουν εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής τους. Η αύξηση που πραγματοποιήθηκε κατά τα τελευταία χρόνια στις τυποποιημένες διαστάσεις των δομικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά, εμπορικά ή οικιστικά κτίρια δίνει μεγαλύτερη ευελιξία και αυξάνει τις πιθανότητες επαναχρησιμοποίησης τους σε νέα έργα. Εντούτοις, είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθούν οι δοκοί και τα υποστυλώματα με την αφαίρεση των ακρών τους. Όπου υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το ιστορικό ορισμένων στοιχείων, πρέπει να πραγματοποιηθούν δοκιμές σ' αυτά προτού να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε ένα νέο έργο.

Η επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων χάλυβα θα επιδράσει στις συνθήκες εργασίας για τους αναδόχους κατεδάφισης. Συγκεκριμένα θα υπάρξουν επιπτώσεις υγιεινής και ασφάλειας, λόγω της εργασίας κοντά στις συνδέσεις σε δοκούς και υποστυλώματα. Υπάρχουν τεχνικές δυσκολίες στην αφαίρεση των μεμονωμένων τμημάτων όπου ο χάλυβας χρησιμοποιείται από κοινού με άλλα υλικά. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό εκεί που υπάρχει σύμμικτη κατασκευή, όπου τα δοκάρια συνδέονται τόσο με τα υποστυλώματα και με την πλάκα σκυροδέματος. Ο διαχωρισμός της γαλβανισμένης λαμαρίνας που έχει χρησιμοποιηθεί για την μορφοποίηση της πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι μια δύσκολη διαδικασία. Η μόλυνση μπορεί να αποδειχθεί ένα σημαντικό εμπόδιο στην επαναχρησιμοποίηση. Η χρήση προϊόντων ψεκασμού για πυροπροστασία μπορεί να σημαίνει ότι, η αφαίρεση και η διάθεση των ενδεχομένως επικίνδυνων υλικών, μπορούν να καταστήσουν την αποσυναρμολόγηση, αντικοινομική. Η διάβρωση των υπαρχόντων δομικών τμημάτων μπορεί επίσης να παρέχει ένα σημαντικό εμπόδιο στην επαναχρησιμοποίηση. Αν και τα στοιχεία μπορούν να είναι τελείως ικανά να αναλάβουν τις απαιτήσεις της μελέτης όσον αφορά τις απαιτήσεις αντοχής και ευστάθειας, τα μέτρα που απαιτούνται για να παρέχουν ένα αισθητικά αποδεκτό τελείωμα, μπορεί να αποδεικνύονται αντικοινομικά.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο τρόπος με τον οποίο συναρμολογούμε ένα κτήριο απεικονίζει τη δυνατότητα της αποσυναρμολόγησης του, ενώ οι αποφάσεις που λαμβάνονται σχετικά με τα υλικά έχουν επιπτώσεις στη μετέπειτα διαδικασία ανακύκλωσης τους ή επαναχρησιμοποίησης τους. Επομένως, οι αποφάσεις σχετικά με τα υλικά και τις αρχές σύνθεσης που λαμβάνονται κατά τα πρώτα στάδια της μελέτης, μπορεί να έχουν συνέπειες για το σύνολο του κύκλου ζωής τόσο του κτηρίου όσο και των υλικών του. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τόσο τις μακροχρόνιες όσο και βραχυπρόθεσμες στρατηγικές για τη χρήση των κτηρίων και των υλικών τους. Η μακροπρόθεσμη στρατηγική πρέπει να στηριχθεί στην επαναχρησιμοποίηση των ιδίων των κτηρίων και μεγάλων τμημάτων αυτών, ενώ η βραχυπρόθεσμη στρατηγική πρέπει να λάβει υπόψη τη δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών. Αυτές είναι οι στρατηγικές που θα θέσουν και τις οριακές συνθήκες για τον προγραμματισμό και την εξυπηρέτηση των λειτουργιών σε κάθε φάση σχεδιασμού.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Cole, R. J. Prioritizing Environmental Criteria in Building Design and Assessment. In *Evaluation of the Built Environment for Sustainability*. *E & FN Spon*, London, 1997, pp. 183-199.
- [2] Cooper-Marcus, C. *Design Guidelines: A Bridge between Research and Decision-Making* Centre for Environmental Design Research, University of California, Berkeley, 1985.
- [3] Crowther, P. Building Disassembly and the Lessons of Industrial Ecology. *Proceedings of the Sustainable Millennium conference*, Brisbane July 5-7, 2000.
- [4] E.Durmisevic Design Aspects of Decomposable Building Structures, *Conference proceedings of TG 39*, Germany 2002.
- [5] E.Durmisevic, J.Brouwer; Building with systems, *Conference proceedings Beyond Sustainability*, TU Eindhoven 2001.

THE CONTRIBUTION OF DESIGN FOR DECONSTRUCTION ON REUSE**Dimitra Tzourmakliotou**

Assistant Professor

DUTH, Dept. of Civil Eng. Lab. Steel Struct.

Xanthi, Greece

e-mail: dimitratz@gmail.com**Angelos Alexandros Galousis**

PhD. Student

DUTH, Dept. of Civil Eng. Lab. Steel Struct.

Xanthi, Greece

e-mail : aagalousis@yahoo.com**Philippos Bourikas**

Undergraduate Student

DUTH, Dept. of Civil Eng.

Xanthi, Greece

e-mail : pbourikas@gmail.com**1. SUMMARY**

The way in which we currently design and construct buildings in the industrialised world, is wasteful and irresponsible. Most buildings are designed with a life expectancy of just a few decades with no consideration of what will happen after their service life. In fact up to one third of all solid waste going to landfill comes from building construction and demolition. Such waste can be avoided or reduced by increasing the current rates of reuse and recycling of building materials and components. One of the main obstacles to such reuse is that buildings are not designed for such ease of deconstruction, and a developed knowledge base for design for deconstruction does not yet exist. The ultimate goal of the Design for Deconstruction (DfD) is to responsibly manage end-of-life building materials to minimize consumption of raw materials. By capturing materials removed during building renovation or demolition and finding ways to reuse them in another construction project or recycle them into a new product, the overall environmental impact of end-of-life building materials can be reduced. This article presents an overview of basic Design for Deconstruction strategies, and outlines the implementation of these strategies in the design.