ΓΙΑ ΜΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Διάλεξη 9^{ου} Εξαμήνου
Τομέας IV: Συνθέσεων τεχνολογικής αιχμής
Περιοχή: Οικοδομικής

ΓΙΑ ΜΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ:
σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση

Σπουδάστρια: Αμαλία-Αλεξάνδρα Σκαμαγκούλη
Επιβλέπουσα: Ελένη Αλεξάνδρου
Ακαδημαϊκό έτος 2012-2013

Θα ήθελα να ευχαριστήσω,

Την κυρία Ε. Αλεξάνδρου για την πολύτιμη συμβολή της στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Τους φίλους και την οικογένειά μου για την υπομονή και την στήριξή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α΄ΜΕΡΟΣ 5

Α.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 5

Α.1.α. Αντικείμενο - Σκοπός 6

Α.1.β. Μεθοδολογία και Διάρθρωση 6

Α.1.γ. Προσδιορισμός του προβλήματος - περιγραφή της επικρατούσας κατάστασης 8

Α.1.δ. Καταγραφή αιτιών 9

Α.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ 15

Β΄ΜΕΡΟΣ 25

Β.1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΥΣΕΩΝ. 25

Β.2. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ *(ΠΙΘΑΝΗ ΠΗΓΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ)* 29

Β.3. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 33

Β.4. ΤΡΟΠΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ 41

Β.4.α. ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ 43

Β.4.β. ΥΛΙΚΑ 47

Γ΄ΜΕΡΟΣ 57

Γ.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ 57

Γ.1.α. Loblolly House 59

Γ.1.β. House R128 64

Γ.1.γ. Στάδιο Ολυμπιακών Αγώνων Λονδίνου, 2012 68

Γ.2. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 73

Δ' ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ 77

Ε΄ΠΗΓΕΣ 81

Ε.1. Βιβλιογραφια 82

Ε.2. Αρθρογραφια 83

Ε.3. Διαλεξεις αλλων φοιτητων 83

Ε.4. Ιστοτοποι 83

Ε.5. Πηγες εικονων 86

Α’ ΜΕΡΟΣ

Α.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Α.1.α. Αντικείμενο - Σκοπός

Η παρούσα διάλεξη έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της μεθόδου αρχιτεκτονικού “Σχεδιασμού Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση” (Design for Disassembly -DfD) ως εργαλείο επίτευξης μιας αρχιτεκτονικής κλειστού κυκλώματος ροής ενέργειας και υλικών. Στόχος είναι να διαπιστωθεί η δυνατότητά της να οδηγήσει σε μια πιο βιώσιμη αρχιτεκτονική και ταυτόχρονα ποιοτική, συμβάλλοντας στην ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου της οικοδομικής δραστηριότητας και στη διάσωση των ενεργειακών και υλικών αποθεμάτων του πλανήτη. Για το λόγο αυτό, αναζητούμε το συσχετισμό της με τη φιλοσοφία των προγενέστερων εφαρμογών και αρχιτεκτονικών κινημάτων τα οποία επεδίωκαν μια πιο ορθολογική και συνετή χρήση των υλικών και των φυσικών πόρων. Ακόμη, εφόσον προκύψει από την έρευνα η ικανότητα του σχεδιασμού αυτού να οδηγήσει στη βιωσιμότητα, θα αναζητηθεί ο τρόπος υλοποίησής και εφαρμογής του.

Α.1.β. Μεθοδολογία και Διάρθρωση

Η διερεύνηση του θέματος βασίζεται αποκλειστικά σε βιβλιογραφική έρευνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή είναι κατά κύριο λόγο ξενόγλωσση, δεδομένου ότι ο Σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση βρίσκεται υπό άνθιση το τελευταίο διάστημα στο εξωτερικό, ενώ στην Ελλάδα δεν συναντούμε ακόμη κάποια, γνωστή τουλάχιστον στο ευρύ κοινό, εφαρμογή ή σχετική έρευνα. Η εργασία αποτελείται από εννέα κεφάλαια τα οποία διαρθρώνονται σε τρεις ενότητες, ως εξής:

Η πρώτη ενότητα απαρτίζεται από τρία κεφάλαια. Σε πρώτη φάση, και μέσα στο πλαίσιο της εισαγωγής, κρίνεται σκόπιμη η σύντομη αναφορά στην υπάρχουσα κατάσταση, που δημιούργησε το έναυσμα για τον προβληματισμό και τη συγγραφή αυτής της διάλεξης. Έπειτα, πραγματοποιείται η διερεύνηση των κύριων αιτιών που διαιωνίζουν τα παραπάνω προβλήματα μέχρι σήμερα, προκειμένου να κατανοήσουμε αργότερα πώς ο Σχεδιασμός Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση, μπορεί να συμβάλλει στην καταπολέμηση αυτών. Τέλος, θα μας απασχολήσουν κάποια ιστορικά παραδείγματα εφαρμογής των αρχών του Σχεδιασμού Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση. Αν και στο παρελθόν οι διάφορες εφαρμογές και εκφράσεις αυτών των αρχών είχαν διαφορετικό στόχο και όφελος από το σημερινό, ωστόσο τα παραδείγματα αυτά αποτελούν πηγή παραδειγματισμού και έμπνευσης. Άλλωστε ένα από τα προβλήματα που συναντήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας, είναι η έλλειψη συγκροτημένης και σφαιρικής πληροφορίας σχετικά με το αντικείμενο αυτό. Αποτέλεσμα είναι να δυσχεραίνεται όχι μόνο η έρευνα για το συγκεκριμένο θέμα, αλλά

και η βελτίωση του αποσυναρμολογούμενου συστήματος μέσα από τον παραδειγματισμό από τα προβλήματα και τις επιτυχίες των εφαρμογών του παρελθόντος.

Στη δεύτερη ενότητα, θα αποσαφηνιστεί ο συσχετισμός του νέου αυτού είδους σχεδιασμού με τις προγενέστερες εφαρμογές που αναλύονται στην πρώτη ενότητα. Έπειτα, θα ασχοληθούμε με το επιτυχημένο παράδειγμα υιοθέτησης κι εφαρμογής αυτής της μεθόδου σχεδιασμού στη βιομηχανία, δίνοντας έμφαση στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ακόμη, με βάση όλα τα παραπάνω, θα αναλυθούν οι αρχές που διέπουν τον σχεδιασμό με σκοπό την αποσυναρμολόγηση στον οικοδομικό τομέα, καθώς και ο τρόπος εφαρμογής και υλοποίησής τους.

Στην τρίτη ενότητα, γίνεται η ανάλυση και η κριτική σύγχρονων αρχιτεκτονικών παραδειγμάτων εφαρμογής της μεθόδου Σχεδιασμού Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση, καθώς και μια αναφορά στη θέση που κατέχει αυτό το είδος σχεδιασμού στην Ελλάδα. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν τόσο από την ερευνητική διαδικασία, όσο και από την ανάλυση και κριτική των διαφόρων παραδειγμάτων που παρουσιάζονται στις προαναφερθείσες ενότητες.

Εικόνα 1 Όρυγμα εξόρυξης βωξίτη για την παραγωγή Αλουμινίου

Εικόνα 2 Έκλυση ρυπογόνων καυσαερίων από τη βιομηχανία

Εικόνα 3 Οικοδομικά απορρίμματα σε χωματερή

Α.1.γ. Προσδιορισμός του προβλήματος - περιγραφή της επικρατούσας κατάστασης

Αφορμή για την παρούσα εργασία αποτέλεσε η παγκόσμια κοινωνικο-οικονομικο-περιβαλλοντική κρίση η οποία μαστίζει την ανθρωπότητα στις μέρες μας. Το οικονομικό μοντέλο που επικρατεί έως και σήμερα παγκοσμίως καταρρέει, όπως ακριβώς και οι ισορροπίες του εναπομείναντος φυσικού περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα, ως άμεση απόρροια των παραπάνω, η αίσθηση ευθύνης από το ευρύ κοινό για όσα συμβαίνουν εντείνεται και τίθεται πλέον πιο έντονα από ποτέ το ζήτημα της επαναξιολόγησης κι επαναπροσδιορισμού των αρχών και των αξιών του τρόπου λειτουργίας και δράσης της σύγχρονης κοινωνίας.

Μίας κοινωνίας της οποίας η ανάπτυξη κι εξέλιξη ήταν συνυφασμένη ήδη από τα χρόνια της εκβιομηχάνισης, πριν περίπου έναν αιώνα, με την υπερκατανάλωση ενέργειας και την κατασπατάληση των φυσικών πόρων, όπως υποστηρίζουν και οι Κλάιβ Πόντινγκ και Τιμ Τζάκσον.[1] Το σύστημα αυτό ωστόσο προϋποθέτει αστείρευτες πηγές ορυκτών υλικών και πρώτων υλών προκειμένου να διαβεβαιωθεί η ομαλή λειτουργία του και συνεπώς η επιβίωσή μας στο πέρασμα του χρόνου. Επιπλέον, απαιτεί την απεριόριστη ανοχή του περιβάλλοντος στην εναπόθεση των συνεχώς παραγόμενων ρύπων και απορριμμάτων. Όμως, αυτό δεν ισχύει στην πραγματικότητα. Κρίνοντας από τις σημερινές ενεργειακές και υλικές απαιτήσεις, δηλαδή το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ανεπτυγμένων χωρών όπως της Αγγλίας θα χρειαζόντουσαν τρεις Γαίες [2] για να εξασφαλίσουν την επιβίωση όλων των κοινωνιών παγκοσμίως, εφόσον αυτές είχαν τις ίδιες απαιτήσεις.

Σε αυτό το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, συμβάλλει καθοριστικά και ο οικοδομικός τομέας, ο οποίος συνδέεται όχι μόνο με τη φάση ανέγερσης αλλά και με τις φάσεις λειτουργίας και αποδόμησης ενός κτηρίου. Πληθώρα στατιστικών στοιχείων, από μελέτες οι οποίες διεξάγονται παγκοσμίως, δείχνουν ότι το 40% της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας, καθώς και το 40% των υλικών που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια οικονομία αποδίδονται στην οικοδομική δραστηριότητα. Ταυτόχρονα, αποδίδεται σε αυτή και το 50% των ετήσιων, παγκόσμια παραγόμενων απορριμμάτων,[3] τα οποία προέρχονται κυρίως από κατεδαφίσεις και ανακαινίσεις.

---

[1] Μαγκλίνης, Η., 2012
[2] Addis, B., 2006, σελίδα 5
[3] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 21

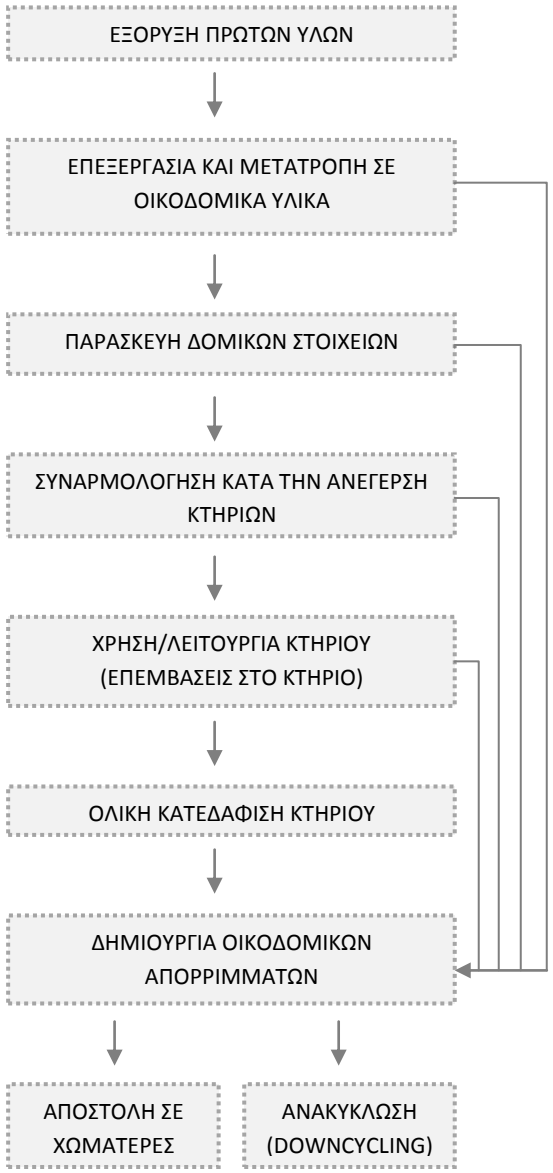
Παρόλα αυτά η οικοδομική δραστηριότητα και οι εφαρμογές της δεν επηρεάζονται, συνεχίζοντας ακάθεκτες να υποβαθμίζουν το περιβάλλον. Παρατηρούμε, λοιπόν, τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση της αγοράς για νέα δομικά υλικά με στόχο την ανέγερση νέων κτηρίων ή την επισκευή υπαρχόντων, παρά το ολοένα αυξανόμενο κόστος εξόρυξης πρώτων υλών και τη σταδιακή εξάντληση των φυσικών ενεργειακών και υλικών πόρων. Ταυτόχρονα η ανέγερση νέων κτηρίων, η οποία μάλιστα αναμένεται να αυξηθεί παγκοσμίως λόγω της αύξησης του πληθυσμού, δεν κάμπτεται αξιοποιώντας το ήδη υπάρχον κτηριακό απόθεμα σε νέα ή παλαιά κτήρια. Έτσι, τα κτήρια αυτά ερημώνουν και πολλές φορές κατεδαφίζονται, χωρίς να έχουν φτάσει στο τέλος της λειτουργικής τους ζωής, στην εξάντληση δηλαδή του δυναμικού τους και της αντοχής των υλικών που τα απαρτίζουν.[4] Ωστόσο, εγκαταλείπονται λόγω της αδυναμίας προσαρμογής τους στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της κοινωνίας και οδηγούνται σε μια βραχυπρόθεσμη χρηστική ζωή.

Α.1.δ. Καταγραφή αιτιών

Ποιες όμως είναι οι αιτίες που οδηγούν την οικοδομική δραστηριότητα σε ένα τόσο ενεργειακά και υλικά σπάταλο και ταυτόχρονα τόσο ρυπογόνο μοντέλο ανάπτυξης; Κι επιπλέον, γιατί η κατάσταση αυτή διαιωνίζεται έως και τις μέρες μας ενώ όλοι γνωρίζουμε την κρισιμότητα της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ο πλανήτης μας;

Πρώτα από όλα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν πρόκειται για μεμονωμένες αιτίες, αλλά για ένα φαύλο κύκλο αιτιών όπου η μία οδηγεί και ταυτόχρονα οφείλεται στην άλλη. Ωστόσο μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η βασικότερη όλων των αιτιών, από την οποία ξεκινούν και στην οποία καταλήγουν όλες οι υπόλοιπες, είναι το γραμμικό μοντέλο που ακολουθείται έως σήμερα τόσο στην κατασκευή ενός κτηρίου όσο και στην παραγωγή των δομικών υλικών και στοιχείων που το απαρτίζουν. Αυτό το σύστημα παραγωγής έχει τις ρίζες του στη βιομηχανική εποχή όπως προαναφέρθηκε, και προκειμένου να συντηρήσει το ισχύον οικονομικό σύστημα στηρίζεται στην αέναη παραγωγή-κατανάλωση-απόρριψη των διαφόρων αγαθών και προϊόντων. Ας πάρουμε λοιπόν με τη σειρά τις διαδοχικές φάσεις του γραμμικού αυτού μοντέλου ζωής ενός κτηρίου, προκειμένου να διαπιστώσουμε τις επιμέρους αιτίες.

Ξεκινώντας από τα οικοδομικά υλικά που επιστρατεύονται για τη δόμηση ενός κτηρίου, διαπιστώνουμε πως πρόκειται κυρίως για υλικά δύσκολα ή καθόλου ανακυκλώσιμα, επαναχρησιμοποιούμενα ή βιοδιασπώμενα. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως οι ιδιότητες και η σύνθεση των υλικών, οι οποίοι καθιστούν σχεδόν βέβαιη την κατάληξή τους σε κάποια χωματερή. Από την αρχή της



Διάγραμμα γραμμικής ροής υλικών στην οικοδομική δραστηριότητα

[4] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 8

Εικόνα 4 Κατασκευή δομικών στοιχείων κτηρίου με οπλισμένο σκυρόδεμα

Εικόνα 5 Θρυμματισμένο Μπετόν

Εικόνα 6 Παρασκευή πίσσας οδοστρώματος με θρυμματισμένο μπετόν ως αδρανές

βιομηχανοποίησης και μέχρι σήμερα παρασκευάζονται όλο και πιο σύνθετα υλικά, τα οποία είτε είναι τεχνητά, δηλαδή δεν συναντώνται στη φύση, είτε είναι πολυσύνθετα, δηλαδή μια σύνθετη μίξη διαφορετικών φυσικών και τεχνητών υλικών σε επάλληλες στρώσεις.

Στην πρώτη περίπτωση, τα τεχνητά υλικά είναι δύσκολο έως αδύνατο να αποσυντεθούν στο τέλος του κύκλου ζωής τους, όπως το τζάμι των κουφωμάτων, το σκυρόδεμα, το πλαστικό, κ.ά. Το ίδιο δύσκολη είναι τις περισσότερες φορές και η ανακύκλωσή τους χωρίς να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητας και της κατηγορίας χρήσης του υλικού (downcycling).

Από την άλλη πλευρά, οικοδομικά υλικά που κατασκευάζονται από επάλληλες στρώσεις διαφορετικών υλικών είναι δύσκολο έως αδύνατο ακόμη και να ανακυκλωθούν ή και να επαναχρησιμοποιηθούν. Αυτό συμβαίνει καθώς οι διαφορετικές στρώσεις των υλικών δεν μπορούν να διαχωριστούν εύκολα προκειμένου να ανακυκλωθούν, ενώ ο χρόνος γήρανσης και συμπεριφοράς της κάθε στρώσης είναι διαφορετικός δυσχεραίνοντας τη μελλοντική τους επανάχρηση. Τέλος, και στις δύο περιπτώσεις συναντούμε υλικά που περιέχουν τοξικές ουσίες καθιστώντας την ανακύκλωσή τους ιδιαίτερα δύσκολη, χρονοβόρα αλλά και επικίνδυνη διαδικασία. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι *στον οικοδομικό τομέα χρησιμοποιούνται γύρω στα 80 000 χημικά, ενώ ο αριθμός των βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία χημικών έχει τετραπλασιαστεί από το 1971*.[5]

Έπειτα, σε ότι αφορά τον τρόπο δόμησης και ανέγερσης ενός κτηρίου, παρατηρούμε πως ο σχεδιασμός που έχει προηγηθεί προβλέπει τη σειρά και τη μέθοδο τοποθέτησης των επιμέρους υλικών με τέτοιο τρόπο ώστε η συναρμολόγησή τους να είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική, γρήγορη, οικονομική, και κυρίως: μόνιμη. Πράγματι, τόσο ο συνήθης τρόπος διαμόρφωσης του Φέροντος Οργανισμού (Φ.Ο.) από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο εγχέεται στα εκάστοτε καλούπια στο εργοτάξιο, όσο και οι ενώσεις των επιμέρους δομικών στοιχείων και υλικών με μόνιμες και χημικές ενώσεις που δύσκολα αναιρούνται, όπως για παράδειγμα οι κόλλες και οι ρητίνες, αποδεικνύουν το μονολιθικό χαρακτήρα που αποκτά στο τέλος των εργασιών το κτήριο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ενώ χρησιμοποιείται σήμερα πληθώρα προκατασκευασμένων στοιχείων[6], λόγω της μόνιμης φύσης των ενώσεων για την τοποθέτησή τους στο κτήριο χάνουν τη δυνατότητα από-συναρμολόγησής τους.

Επιπρόσθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, τα βοηθητικά συστήματα που υποστηρίζουν τη μετέπειτα λειτουργία του κτηρίου, όπως ο μηχανολογικός, ηλεκτρικός και υδραυλικός εξοπλισμός,

[5] Berge, B., 2000, σελίδα 26
[6] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 24

ενσωματώνονται στην κατασκευή, καθιστώντας τα μη ορατά και δύσκολα επισκέψιμα-προσβάσιμα από τον μελλοντικό χρήστη. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να επισημανθεί ότι όλα τα παραπάνω ενοποιούνται περεταίρω κάτω από το ενιαίο στρώμα στεγανοποίησης, σοβά και χρώματος ή επικάλυψης που εφαρμόζεται σε όλες τις ορατές επιφάνειες του κτηρίου. Έτσι, προκύπτει τελικά ένα κτήριο μονολιθικού χαρακτήρα, με ελάχιστη αν όχι ανύπαρκτη προοπτική χωρικής, τεχνικής ευελιξίας και ευελιξίας υλικών.

Τέλος, κατά τη φάση ανέγερσης ενός κτηρίου δημιουργούνται και οικοδομικά απόβλητα τα οποία συνήθως προκύπτουν από τον τεμαχισμό και την απαιτούμενη τροποποίηση των διαστάσεων διαφόρων υλικών στο εργοτάξιο, λόγω λανθασμένης εκτίμησης και παραγγελίας προκειμένου να ενσωματωθούν σωστά στην κατασκευή.[7]

Ο παραπάνω συμβατικός και μη ευέλικτος τρόπος κατασκευής που ακολουθείται ως σήμερα οφείλεται σε ποικίλους παράγοντες. Ένας από τους βασικότερους είναι το γεγονός ότι συνήθως τα κτήρια κατά τη διάρκεια της ζωής τους διέρχονται στην κατοχή διαφόρων ιδιοκτητών ή χρηστών, καθένας από τους οποίους δεν απασχολείται από τη μελλοντική τύχη του κτηρίου αφού το χρησιμοποιεί προσωρινά. Έτσι, οι επιλογές που κάνουν κατά την ανέγερση του κτηρίου, ή οι τυχόν επεμβάσεις σε αυτό κατά τη χρήση του επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα που θα γίνουν αντιληπτά μακροχρόνια πιθανώς από επόμενο ιδιοκτήτη. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο όταν τα κτήρια δημιουργούνται από εργολάβους. Σε αυτήν την περίπτωση επιδιώκεται το άμεσο κέρδος τους, συνδυάζοντας το χαμηλό κόστος και μια σχετικά καλή ποιότητα κατασκευής, με την ικανοποιητική ταχύτητα ανέγερσης. Δεδομένου ότι στόχος τους είναι η άμεση πώληση των διαφόρων ακινήτων και συνεπώς η αλλαγή ιδιοκτήτη-χρήστη, δεν δίνεται σημασία στις μεταγενέστερες από την ανέγερση φάσεις της ζωής τους. Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στο μονολιθικό συμβατικό τρόπο κατασκευής των κτηρίων είναι η επικράτηση της αντίληψης από το ευρύ κοινό ότι τα προκατασκευασμένα και αποσυναρμολογούμενα κτήρια είναι χαμηλής υλικής και αισθητικής ποιότητας ενθαρρύνοντας έτσι τις υπάρχουσες τεχνικές.

Κατά τη <u>φάση της χρήσης-επισκευής-ανακαίνισης ενός κτηρίου</u> γίνονται έκδηλες οι επιπτώσεις των παραπάνω μεθόδων κατασκευής. Τις περισσότερες φορές, είναι αδύνατη η επισκευή ή η αντικατάσταση ενός στοιχείου ή υλικού χωρίς τη φθορά ή ακόμη και την κατεδάφιση άλλων υλικών, λόγω του μονολιθικού χαρακτήρα της κατασκευής. Έτσι, καθίσταται δύσκολη αν όχι αδύνατη, χρονοβόρα και δαπανηρή η επισκευή των υλικών ή η χωρική και η τεχνική τροποποίηση του κτηρίου με αποτέλεσμα η κατεδάφιση του κτηρίου να προβάλει ως η μοναδική λύση. Όπως προκύπτει μάλιστα από έρευνα του "Athena Institute" το

Εικόνα 7 Τοποθέτηση εγκαταστάσεων ρεύματος σε νεόδμητο κτήριο

Εικόνα 8 Σοβάτισμα συμβατικού τοίχου με τούβλα

Εικόνα 9 Μαζική ανέγερση και πώληση πολυκατοικιών από εργολάβους

[7] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 17

Εικόνα 10 Κατεδάφιση κτηρίου

Εικόνα 11 Ελεγχόμενη κατεδάφιση κτηρίου με εκρηκτικά

2004 στην Αμερική, το 57% των κατεδαφίσεων πραγματοποιείται με αιτιολογία ότι το κτήριο δεν είναι κατάλληλο για την επιθυμητή χρήση.[8]

Η γραμμικότητα ροής τόσο της ενέργειας όσο και των υλικών φανερώνεται πιο έντονα στο τέλος της χρηστικής ή λειτουργικής ζωής ενός κτηρίου, όπου αυτό καλείται να αποσυρθεί από το οικόπεδο στο οποίο βρίσκεται. Η συνηθέστερη επιλογή απομάκρυνσης αυτού, ειδικά στην Ελλάδα, είναι η ολική κατεδάφισή του, χωρίς την απομάκρυνση πιθανώς χρήσιμων μελών, καθώς αποτελεί την πιο γρήγορη και οικονομική λύση. Πολλές φορές μάλιστα χρησιμοποιούνται βίαιες μέθοδοι κατεδάφισης, όπως τα εκρηκτικά, επιβαρύνοντας περεταίρω το περιβάλλον. Το αποτέλεσμα της κατεδάφισης είναι η δημιουργία τόνων μπαζών και οικοδομικών αποβλήτων, η πλειοψηφία των οποίων καταλήγουν στις χωματερές. Αυτό συμβαίνει, καθώς η επιλογή των οικοδομικών υλικών, που έγινε στη σχεδιαστική φάση, σε συνδυασμό με τον τρόπο δόμησης, δυσχεραίνουν όπως είδαμε την ανάκτησή τους με τελικό σκοπό την επανάχρηση ή ανακύκλωσή τους. Έτσι η εναπομένουσα δυναμική των υλικών σε αντοχή χάνεται, ενώ απαιτείται εκ νέου η εξόρυξη και η παρασκευή υλικών για την ανέγερση νέων ή την ανακαίνιση υπαρχόντων κτηρίων.

Διαπιστώνουμε λοιπόν, ότι είναι απαραίτητη η εξέλιξη της σχεδιαστική και κατασκευαστικής διαδικασίας, προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις και τα προβλήματα της κοινωνίας. Χρειαζόμαστε μια βιώσιμη αρχιτεκτονική η οποία θα μειώσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα και το οικονομικό της κόστος. Στην εκπλήρωση αυτού του στόχου μπορεί να συμβάλλει μεταξύ άλλων, μια πιο σύνθετη, οργανωμένη και διεπιστημονική διαδικασία σχεδιασμού, ο Σχεδιασμός Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση- Design for Disassembly (DfD).

Ο Σχεδιασμός Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση στην αρχιτεκτονική εισάγει από τα πρώτα στάδια της σχεδιαστικής διαδικασίας τον παράγοντα του χρόνου, παύοντας να έχει ως τελικό στάδιο την αποπεράτωση της κατασκευής του έργου και της παράδοσής του στον πελάτη. Ενσωματώνει στη μελέτη πιο μακροχρόνιες φάσεις ενός κτηρίου, όπως η λειτουργική φάση και η φάση της απομάκρυνσής του. Αφορά δηλαδή το σύνολο του κύκλου ζωής του κτηρίου και των επιμέρους στοιχείων που το απαρτίζουν. Αυτό το είδος σχεδιασμού, όπως προδίδει και η ονομασία του, προϋποθέτει τη δυνατότητα αποσυναρμολόγησης ενός κτηρίου και των επιμέρους δομικών στοιχείων αυτού, καθώς και τη λεπτομερή μελέτη και καταγραφή των σταδίων αυτής. Στόχος είναι η ευελιξία και προσαρμοστικότητα του κτηρίου στις εκάστοτε ανάγκες, η ανάκτηση των οικοδομικών του υλικών και τέλος η εκμηδένιση ή ελαχιστοποίηση των παραγόμενων απορριμμάτων. Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκεται η δημιουργία ενός κλειστού κυκλώματος ροής υλικών

[8] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 6

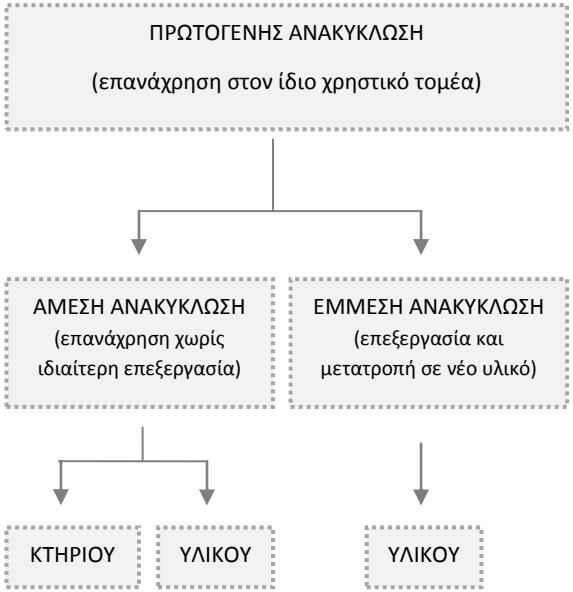
(*closed-loop materials flow system*), το οποίο θα επιβραδύνει το ρυθμό με τον οποίο τα υλικά αλλά και τα ίδια τα κτήρια καταλήγουν ως μπάζα στις χωματερές.

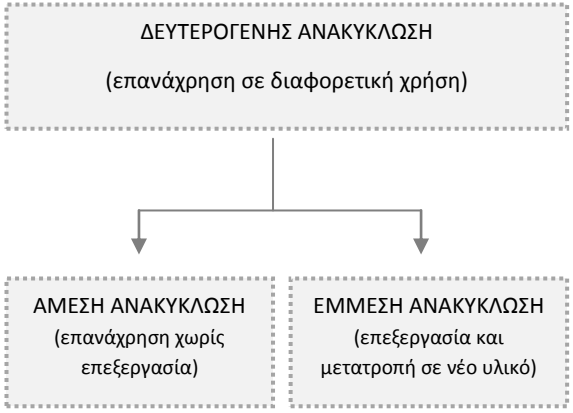
Εικόνα 12 Επιστράτευση ανακύκλωσης για τη διάσωση του πλανήτη

Εικόνα 13 Προστασία του φυσικού περιβάλλοντος

Α’ ΜΕΡΟΣ

Α.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ





Διαγράμματα κατηγοριοποίησης ειδών ανακύκλωσης

Ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση και τη δημιουργία ενός κλειστού κυκλώματος ροής υλικών βρίσκεται υπό άνθιση τα τελευταία χρόνια στο εξωτερικό. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε όμως ότι αποτελεί ένα νέο τρόπο προσέγγισης του τρόπου κατασκευής και λειτουργίας ενός κτηρίου, με οδηγό τη βιωσιμότητα. Αυτό οφείλεται, στο ότι το πρόβλημα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, μέσω της κατασπατάλησης των φυσικών πόρων και της ταυτόχρονης παραγωγής τόνων απορριμμάτων από τον οικοδομικό τομέα, δεν αποτελούσε έγνοια ή ακόμη και υπαρκτό πρόβλημα του παρελθόντος. Συνεπώς, οι επιρροές του σχεδιασμού αυτού ποικίλουν. Οι αρχές και ο τρόπος υλοποίησής του προκύπτουν από ένα συνονθύλευμα πληροφοριών, που πηγάζουν τόσο από τα προβλήματα που προέκυψαν και τις τεχνικές που ακολουθήθηκαν για την αποσυναρμολόγηση κτηρίων στο παρελθόν, όσο και από θεωρητικές προσεγγίσεις για μια μεταβλητή κι ευέλικτη αρχιτεκτονική.

Η πλειοψηφία των παραπάνω επιρροών μπορούν να ενταχθούν στο γενικότερο πλαίσιο και λογική της ανακύκλωσης, η οποία δεν αποτελεί νέα εφαρμογή στην οικοδομική δραστηριότητα. Επιστρατεύθηκε και στο παρελθόν για την καταπολέμηση άλλων προβλημάτων, τα οποία διαφοροποιούνται ανάμεσα στις γεωγραφικές περιοχές και τις χρονολογικές περιόδους. Τέτοια αποτελούν η έλλειψη συγκεκριμένων πρώτων υλών, η πολυπλοκότητα ή η απαιτητικότητα σε χρόνο και κόπο παραγωγής κάποιων υλικών και δομικών στοιχείων, η έλλειψη τεχνογνωσίας, κ.ά.

Ας δούμε λοιπόν τις διάφορες μορφές και είδη ανακύκλωσης που ακολουθούνται ως σήμερα στην αρχιτεκτονική, καθώς και κάποια αντιπροσωπευτικά παραδείγματα αυτών. Ανάλογα με τον χρηστικό τομέα προέλευσης των αρχιτεκτονικών στοιχείων ή υλικών συναντούμε την πρωτογενή και δευτερογενή ανακύκλωση, η οποία διασπάται περαιτέρω σε άμεση κι έμμεση ανάλογα με την απαιτούμενη μεταποίηση που χρειάζονται τα προς ανακύκλωση στοιχεία. Η άμεση ανακύκλωση αφορά ουσιαστικά την επανάχρηση ενός υλικού, χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία, ενώ αντίθετα, η έμμεση αναφέρεται στην ανακύκλωση του υλικού η οποία προϋποθέτει την επεξεργασία του και τη μετατροπή του σε ένα νέο υλικό. Ακόμη, πρέπει να παρατηρήσουμε, ότι δεν έχουμε μόνο ανακύκλωση υλικών αλλά και ανακύκλωση χρήσης- βιώσιμη χρήση, ή ανακύκλωση κτηρίου-βιώσιμο κτήριο.

Στην **Πρωτογενή ανακύκλωση** τα υλικά και τα διάφορα αρχιτεκτονικά στοιχεία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές της ίδιας με την αρχική τους χρήση, δηλαδή στον οικοδομικό τομέα. Έτσι έχουμε:

Α. Την επανάχρηση ολόκληρου του κτηρίου – άμεση ανακύκλωση

i. Στο ίδιο οικόπεδο/τοποθεσία

Πρόκειται κυρίως για κτήρια και αρχιτεκτονικές κατασκευές οι οποίες είτε κτίσθηκαν για να στεγάσουν μια διαχρονική χρήση, είτε έχουν μια σχετική χωρική ή τεχνική ευελιξία. Τα παραδείγματα επαναχρησιμοποιούμενων κτηρίων, αυτούσιων ή με ορισμένες απαραίτητες μετατροπές σε κάτοψη, όψη, μηχανολογικό εξοπλισμό, κλπ., υπάρχουν άφθονα από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα παρακάτω:

Συναντούμε, λοιπόν, τα αρχαία υπαίθρια θέατρα τα οποία εξυπηρετούν τον σκοπό για τον οποίο κτίσθηκαν μέχρι και σήμερα. Αν και κτιζόντουσαν με υλικά από μη ανανεώσιμες πηγές πρώτων υλών, όπως το μάρμαρο, το οποίο μάλιστα ήταν δύσκολο και απαιτητικό στην επεξεργασία και μεταφορά του, ωστόσο γίνεται λόγος για μια βιώσιμη χρήση των αρχιτεκτονημάτων αυτών, η οποία αξιοποιεί την εμπεριεχόμενη δυναμική του χρησιμοποιούμενου υλικού σε αντοχή χρονική και χρηστική. Αν και πολλά από αυτά είχαν καταστραφεί μερικώς εξαιτίας διάφορων συγκυριών ή θαφτεί κάτω από το χώμα για πολλούς αιώνες, σήμερα επαναχρησιμοποιούνται έπειτα από τις απαραίτητες αναστηλώσεις κι επισκευές, φιλοξενώντας μάλιστα πληθώρα θεατρικών και μουσικών παραστάσεων. Από τα πιο γνωστά παραδείγματα αποτελούν το αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου που κτίσθηκε μεταξύ 340 και 330 π.Χ., το Ωδείο Ηρώδου του Αττικού, κάτω από την Ακρόπολη που κτίσθηκε τον 2^{ο} αιώνα μ.Χ., το Ρωμαϊκό αμφιθέατρο που κτίσθηκε στα τέλη του 1^{ου} αιώνα στη Nimes της Γαλλίας, κ.ά.

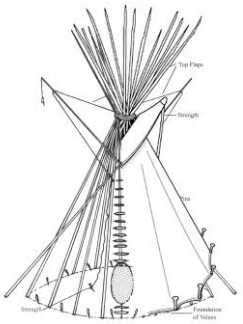
Επιπρόσθετα, η ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική προσφέρει αμέτρητα παραδείγματα επανάχρησης κτηρίων, χάρη στην αρχιτεκτονική τους λιτότητα και ποιότητα. Πρόκειται για κτήρια τα οποία αποσκοπούσαν στην ικανοποίηση πρωτευουσών λειτουργικών και κατασκευαστικών αναγκών, κτισμένα με βιοκλιματικές αρχές και φυσικά αλλά ανθεκτικά στο χρόνο υλικά, όπως η πέτρα και η άργιλος. Τέτοια κτήρια στέγαζαν διάφορες χρήσεις, όπως κατοικίες και σχολεία, ενώ σήμερα συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται είτε για τον ίδιο σκοπό ή για νέο, όπως μουσειακοί ή πολιτιστικοί χώροι, κ.ά.

Τέλος, παρατηρείται παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια η στροφή προς τη διατήρηση και ανάδειξη της βιομηχανικής κληρονομιάς, με αποτέλεσμα πολλά «κουφάρια» αποθηκών, βιοτεχνιών και βιομηχανικών κτηρίων να επαναχρησιμοποιούνται χάρη στη χωρική τους ευελιξία με νέες χρήσεις, ως μουσεία, πανεπιστήμια, αγορές, κατοικίες ή ακόμη και ως χώροι αναψυχής. Μερικά παραδείγματα είναι το Tate Modern στο Λονδίνο, το Μουσείο Μπενάκη και το υπό αποπεράτωση νέο μουσείο σύγχρονης τέχνης στην Αθήνα, η πανεπιστημιούπολη Βόλου, καθώς και πολλές θεατρικές σκηνές και χώροι εστίασης στο Κεραμεικό, στου Ψυρρή, και αλλού.

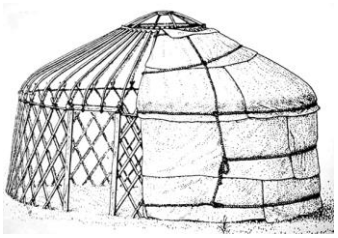
Εικόνα 14 Επαναχρησιμοποίηση Ρωμαϊκού αμφιθεάτρου στη Nimes

Εικόνα 15 Παραδοσιακή Πηλιορείτικη Αρχιτεκτονική

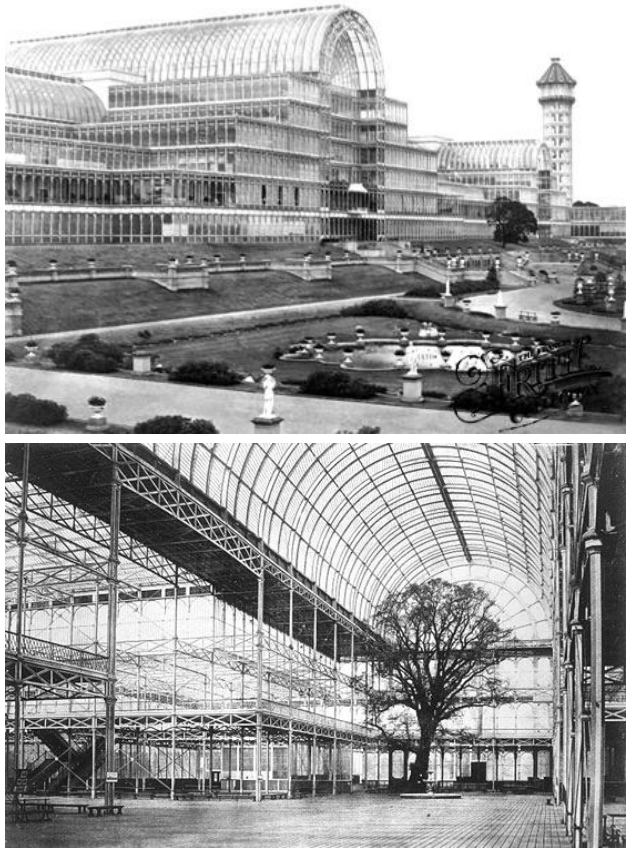
Εικόνα 16 Πινακοθήκη μοντέρνας τέχνης: Tate Modern, Λονδίνο



Εικόνα 17 Σκηνή τύπου ‘tipi’



Εικόνα 18 Σκηνή τύπου ‘yurt’



Εικόνα 19 Crystal Palace, Λονδίνο 1851

ii. Σε διαφορετική τοποθεσία από αυτή του αρχικού οικοπέδου

Αυτή η κατηγορία, προϋποθέτει τη μεταφορά του κτηρίου, ολόκληρου ή σε κομμάτια, και αφορά συνήθως κτήρια τα οποία επαναχρησιμοποιούνται για την ίδια χρήση, είτε γιατί στεγάζουν περιοδικές χρήσεις είτε γιατί έπρεπε να αποσυρθούν από την αρχική τους τοποθεσία.

Στην πρώτη περίπτωση, συναντούμε από τις αρχές ακόμη του ανθρώπινου πολιτισμού, τις μεταφερόμενες κατασκευές των νομαδικών λαών. Πρόκειται για ελαφριές κατασκευές, οι οποίες κατασκευάζονταν έτσι ώστε να συναρμολογούνται και να αποσυναρμολογούνται γρήγορα, και εύκολα. Αυτό οφειλόταν στις συνεχείς μετακινήσεις των λαών αυτών, οι οποίοι μετέφεραν τα καταφύγιά τους με τα χέρια, με άλογα ή και καμήλες σε μακρινές αποστάσεις. Ο σκελετός τους δημιουργούνταν συνήθως από ξύλο, ενώ η κάλυψή τους γίνονταν από δέρμα ζώων ή υφάσματα μεταγενέστερα, ραμμένα μεταξύ τους. Παραδείγματα τέτοιου τύπου “αρχιτεκτονικής” αποτελούν οι σκηνές των “yurt” της Ασίας, οι σκηνές των νομάδων της ερήμου της βόρειας Αφρικής όπως των Βεδουίνων, οι σκηνές “tipi” των Βορειο-Αμερικανών ινδιάνων, κ.ά.[9]

Στο πιο πρόσφατο παρελθόν, κατά τον 19^{ο} αιώνα, όπου σημειώνονται προσπάθειες τεχνολογικής εξέλιξης και βιομηχανοποίησης του οικοδομικού τομέα και η αξιοποίηση του χυτού σιδήρου και του γυαλιού, παρατηρούμε πολλά παραδείγματα αποσυναρμολογούμενης αρχιτεκτονικής με σκοπό τη μεταφορά κι επανάχρησή της. Ένα από αυτά είναι και το Crystal Palace, το οποίο κατασκευάστηκε για να φιλοξενήσει την παγκόσμια έκθεση τέχνης το 1851 στο Hyde Park του Λονδίνου, από τον Joseph Paxton. Το κτήριο οικοδομήθηκε εξ’ ολοκλήρου από σίδηρο και γυαλί, ενώ είχε σχεδιαστεί εξ αρχής με σκοπό να αποσυναρμολογηθεί, όπως και έγινε το 1854, όταν μεταφέρθηκε σε νέα τοποθεσία στο Λονδίνο.[10]

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του πρώτου και δεύτερου παγκοσμίου πολέμου συναντούμε ραγδαία εξέλιξη και πρόοδο στο σχεδιασμό και την κατασκευή εφήμερης, οικονομικής και αποσυναρμολογούμενης αρχιτεκτονικής με σκοπό την επανάχρηση και ανακύκλωση. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη επαρκών ποσοτήτων σιδήρου, καθώς και την έκτακτη ανάγκη που προέκυψε για κινητές μονάδες διαμονής, περίθαλψης, και στέγασης των στρατιωτών και των ευάλωτων στις καιρικές συνθήκες προμηθειών και αεροπλάνων zeppelin. Συνήθως, για τον σκελετό των καταφυγίων αυτών επιστρατευόντουσαν ελαφριές κατασκευές δικτυωμάτων.[11]

---

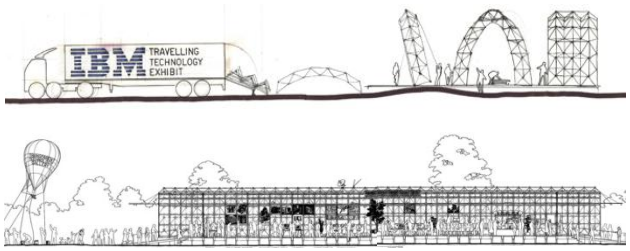
[9] Kronenburg, R., 1995, σελίδα 16-25
[10] Victorian Station, http://www.victorianstation.com/palace.html
[11] Kronenburg, R., 1995, σελίδα 53-64

Τέλος, κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα πραγματοποιούνται πληθώρα εφήμερων και αποσυναρμολογούμενων κατασκευών προκειμένου αυτές να συναρμολογηθούν και να χρησιμοποιηθούν εκ νέου σε νέα τοποθεσία για την ίδια χρήση. Παραδείγματα αποτελούν σκηνές θεάματος, εκθεσιακοί χώροι, σκηνές τσίρκο, σχολικές αίθουσες, φοιτητικές εστίες, μονάδες περίθαλψης, καταφύγια έκτακτης ανάγκης, κ.ά. Ένα από αυτά είναι ο εκθεσιακός χώρος IBM Travelling Pavilion του Renzo Piano σε συνεργασία με τους Ove Arup and Partners, που κατασκευάστηκε το 1985. Το κτήριο αποτελούνταν από αλουμίνιο, ξύλο και πολυκαρβουνικές διάφανες επιφάνειες και αποσυναρμολογήθηκε αρκετές φορές για να μεταφερθεί σε διάφορες χώρες, όπως η Αγγλία και η Ρώμη.[12]

Από την άλλη πλευρά, στη δεύτερη περίπτωση υπάγονται κτήρια των οποίων ήταν απαραίτητη η μετακίνησή από την αρχική τους τοποθεσία, προκειμένου να αποφύγουν είτε την κατεδάφιση, είτε την καταστροφή τους από κάποιο ακραίο φυσικό και μη φαινόμενο. Συνήθως, τα κτήρια αυτά δεν έχουν σχεδιαστεί με σκοπό την ενδεχόμενη μετακίνησή τους για επανάχρηση με αποτέλεσμα αυτή να είναι μια διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα, περίπλοκη και δαπανηρή.

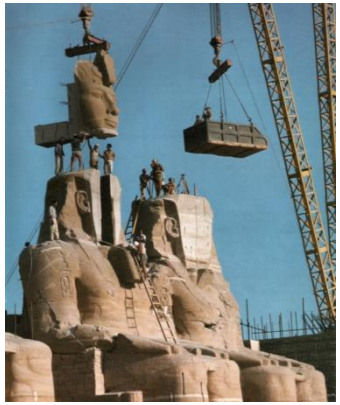
Αξιοσημείωτο παράδειγμα αυτής της κατηγορίας αποτελεί η μετακίνηση και η ανακατασκευή του Αιγυπτιακού Ναού Abu Simbel στη Νουβία, μεταξύ 1963-1968. Ο ναός, ο οποίος αρχικά βρισκόταν στη δυτική όχθη του Νείλου, μετακινήθηκε σε ψηλότερο υψόμετρο προκειμένου να *διασωθεί από τα νερά του ποταμού που θα τον κατέκλυζαν για πάντα λόγω του νέου φράγματος του Ασουάν.*[13] Η μετακίνηση κόστισε γύρω στα 40 εκατομμύρια δολάρια, ενώ απαιτούσε ιδιαίτερη οργάνωση της συνολικής διαδικασίας για την επιτυχία της. Ο ναός, ο οποίος ήταν σκαλισμένος εξ' ολοκλήρου στο φυσικό βράχο της όχθης, πρώτα αποκολλήθηκε από αυτόν και *τεμαχίστηκε σε 1036 αριθμημένα κομμάτια που ζύγιζαν συνολικά περίπου 15000 τόνους*[14]. Έπειτα, αυτά επανασυναρμολογήθηκαν στη νέα τοποθεσία, πάνω σε ένα κέλυφος από σκυρόδεμα το οποίο λειτουργούσε ως στήριγμα αυτών, όπως ακριβώς ο αρχικός βράχος.

Ένα πιο πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί το Museum Hotel στο Wellington στη Νέα Ζηλανδία, το οποίο μετακινήθηκε το 1993 μερικά οικοδομικά τετράγωνα μακριά από την αρχική του θέση, προκειμένου να διασωθεί από την επερχόμενη κατεδάφισή του και την αντικατάστασή του από το νέο μουσείο της Νέας Ζηλανδίας. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του κτηρίου, *βάρους 3000 τόνων*[15], και του συμβατικού τρόπου κατασκευής του, η ενιαία μετακίνηση του κτηρίου ήταν περίπλοκη και δύσκολη διαδικασία αλλά όχι

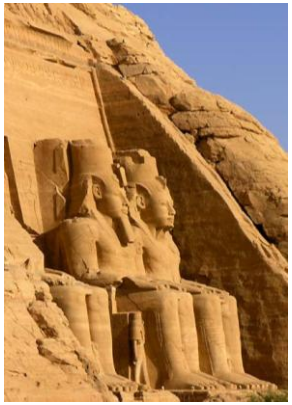


Εικόνα 20 Μεταφορά κι εγκατάσταση του IBM Travelling Pavilion, Renzo Piano, 1985

Εικόνα 21 IBM Travelling Pavilion, Renzo piano, 1985

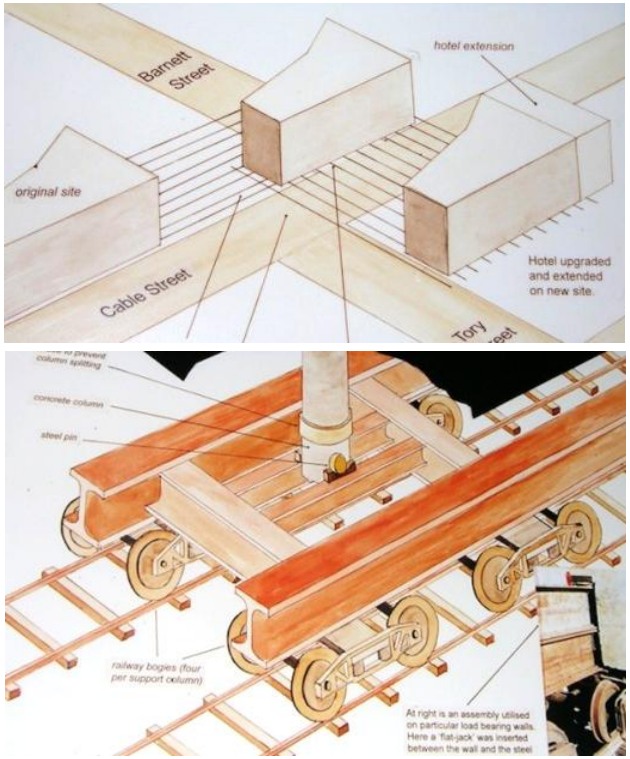


Εικόνα 22 Μεταφορά και συναρμολόγηση Ναού Abu Simbel



Εικόνα 23 Ναός Abu Simbel στη Νουβία

[12] Vandenberg, M., 1997, σελίδα 8-9,
[13] Μπούρας, Χ., 1999, σελίδα 45,
[14] Ascending Passage, http://ascendingpassage.com/N-14-Abu-Simbel-Ramesses.htm
[15] Addis, B., 2006, σελίδα 105



Εικόνα 24 Μετακίνηση σε νέο οικόπεδο του Museum Hotel, Νέα Ζηλανδία

Εικόνα 25 Βυζαντινή εκκλησία της Γοργοεπικόου, Αθήνα

ακατόρθωτη. Στην πρώτη φάση, η οποία διήρκησε τέσσερεις μήνες λόγω του μονολιθικού χαρακτήρα του κτηρίου, τα υποστυλώματα αποδεσμεύτηκαν με προσοχή ώστε να μην ριγματωθούν από τα θεμέλια, ενώ στη δεύτερη φάση, μετά την τοποθέτησή τους σε ένα σύστημα 96 βαγονέτων, μετακινήθηκαν μόλις σε δύο μέρες στη νέα τοποθεσία κυλώντας πάνω σε κατάλληλα τοποθετημένες ράγες τραίνου.[16]

Β. Την επανάχρηση υλικών ή δομικών στοιχείων ενός προγενέστερου κτηρίου –άμεση ανακύκλωση

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τόσο η επανάχρηση ενός ερειπίου ως βάση και θεμελίωση για την ανέγερση ενός νέου κτηρίου, όσο και η επανάχρηση δομικών στοιχείων αυτού όπως ο φέροντας οργανισμός του, καθώς και η επανάχρηση οικοδομικών μελών αυτού, τα λεγόμενα σπόλια.

Από τα αρχαία κιόλας χρόνια στην Ελλάδα, τη Ρώμη και την Αίγυπτο παρατηρούμε κατασκευές μεγάλης κλίμακας, από μεγάλες κομμένες και λαξευμένες πέτρες οι οποίες επαναχρησιμοποιούνταν πολλές φορές ως σπόλια κτηρίων που είχαν πληγεί από σεισμό, πόλεμο, ή ερείπωση. Αυτό συνέβαινε καθώς το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό καθώς και το κόστος της επανάχρησης τέτοιων δομικών υλικών ήταν σημαντικά λιγότερο από αυτό που απαιτούνταν για τη λάξευση νέων, από το ορυχείο το οποίο μπορεί να βρισκόταν ακόμη και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Επιπλέον, ακόμη και ολόκληροι οικισμοί κτίζονταν πάνω στη θέση προγενέστερων οι οποίοι είχαν καταστραφεί. Παράδειγμα αποτελεί ο Παρθενώνας στην Ακρόπολη της Αθήνας, *για την κατασκευή του οποίου χρησιμοποιήθηκε το οικοδομικό υλικό του παλαιότερου, που ξαναλαξεύτηκε κατάλληλα.*[17]

Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους, οι τεχνικές αυτές συνεχίζονται. Παράδειγμα αποτελεί η βυζαντινή εκκλησία της Γοργοεπικόου στην Αθήνα δίπλα στη Μητρόπολη, η οποία κατασκευάστηκε στα τέλη του 12^{ου} αιώνα, στα ερείπια ενός αρχαίου ναού. *Οι τοίχοι του ναού είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένοι από μεγάλους μαρμάρινους ακόσμητους λίθους και ανάγλυφα, που προέρχονται από αρχαία ελληνικά, ρωμαϊκά και πρώιμα Βυζαντινά μνημεία*[18], δίνοντας έναν ιδιαίτερο χαρακτήρα σε αυτόν.

Επιπλέον, στην παραδοσιακή ιαπωνική αρχιτεκτονική παρατηρούμε κατασκευές ανακυκλώσιμες, βασισμένες σε ένα σύστημα ξύλινων ενώσεων εξαιρετικά απο-συναρμολογούμενων. Κορυφαίο παράδειγμα είναι το ιερό Ise Shrine το οποίο συναρμολογείται κάθε 20 χρόνια, τα τελευταία 1300 χρόνια. *Η διαδικασία αυτή απαιτεί κάθε φορά τη διαχείριση των πηγών ξυλείας για την κατασκευή του ιερού καθώς και την*

[16] Museum Hotel-Art Hotel of the World, http://www.museumhotel.co.nz/wellingtons-iconic-hotel/a-historic-move
[17] Μπούρας, Χ., 1999, σελίδα 240
[18] Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1720

επανάχρηση και τη διανομή των αποσυναρμολογημένων ξύλων για την κατασκευή άλλων ιερών στην υπόλοιπη χώρα.[19]

Πιο σύγχρονο παράδειγμα επανάχρησης, αποτελεί το έργο του Πικιώνη, με τη διαμόρφωση του Λόφου του Φιλοπάππου και την κατασκευή της εκκλησίας του Αγίου Δημητρίου του Λουμπαρδιάρη από ανακτημένα υλικά. Αντίστοιχα στο εξωτερικό, παρατηρούμε το Μουσείο Ιστορίας του Nigbo, στην Κίνα, για το οποίο ο αρχιτέκτονας Wang Shu βραβεύτηκε το 2012 με το βραβείο Αρχιτεκτονικής Pritzker. Αυτό κτίσθηκε με οικοδομικά υλικά τα οποία είτε εντόπισε σε μάντρες από οικοδομικά μπάζα κατεδαφίσεων, είτε από σπόλια κτηρίων προγενέστερων δυναστειών που χρονολογούνται μέχρι και 1500 χρόνια πριν.

Άλλο, παράδειγμα επανάχρησης υλικών αποτελεί το συγκρότημα κατοικιών και γραφείων Beddington Zero Energy Development (Bed-ZED) στο Λονδίνο. Εδώ επαναχρησιμοποιήθηκαν 98 τόνοι ατσάλινων υποστυλωμάτων στο σύνολο, αποτελώντας το 95% του απαιτούμενου Φ.Ο. Οι μηχανικοί είχαν προβλέψει, μάλιστα, λεπτομέρειες για μια γκάμα διαφορετικών διατομών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τα διάφορα μέρη του κτηρίου ώστε να υπάρχει ευελιξία κατά τη συλλογή τους από τις μάντρες.[20]

Ακόμη, παράδειγμα ανέγερσης νέου κτηρίου επαναχρησιμοποιώντας αρχιτεκτονικά μέλη άλλων υπαρχόντων, παλαιωμένων ή προς κατεδάφιση κτηρίων αποτελεί η αποσυναρμολόγηση μιας εντεκαώροφης πολυκατοικίας του 1971 στο Middelburg. Έπειτα από 15 χρόνια ζωής λόγω εκδήλωσης του φαινομένου της υποβάθμισης οι κατοικίες παρέμεναν άδειες χωρίς να μπορεί να βρεθεί κάποιος ενοικιαστής. Έτσι, αποσυναρμολογήθηκαν οι εφτά όροφοι, αφήνοντας πίσω ένα τετραώροφο κτήριο κατοικιών. Τα δομικά στοιχεία που αποσυναρμολογήθηκαν, επανασυναρμολογήθηκαν για την οικοδόμηση νέων τριώροφων και τετραώροφων πολυκατοικιών. Η διαδικασία αυτή ήταν εφικτή καθώς το κτήριο ήταν κατασκευασμένο από προκατασκευασμένα στοιχεία μπετόν, τα οποία είχαν συνδεθεί κυρίως με μηχανικές ενώσεις.

Πέρα από το Φ.Ο., τα θεμέλια και τα οικοδομικά υλικά ενός κτηρίου, μπορεί να ανακτηθεί κι επαναχρησιμοποιηθεί χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία ο εξοπλισμός του τόσο σε κουφώματα, έπιπλα υγιεινής μπάνιου και κουζίνας, όσο και σε τεχνικές εγκαταστάσεις. Ειδικά σε ότι αφορά τα παράθυρα και τις πόρτες ενός κτηρίου, αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για τον συμβατικό εξοπλισμό ενός κτηρίου σε κουφώματα, όπως στην αγροικία που σχεδιάστηκε από τον Juan Luis Martínez Nahuel στη Χιλή, η οποία έχει

Εικόνα 26 Ιερό Ise Shrine, Ιαπωνία

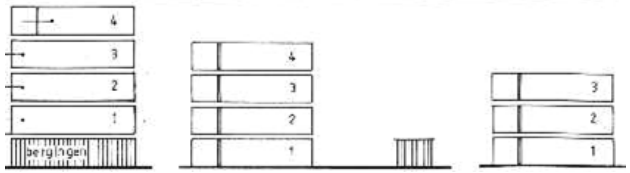
Εικόνα 27 Μουσείο Ιστορίας Nigbo, Wang Shu, Κίνα

Εικόνα 28 Συγκρότημα κατοικιών Bed-ZED, Λονδίνο

[19] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 4

[20] Addis, B., 2006, σελίδα 27

Εικόνα 29 Πολυκατοικία προς αποσυναρμολόγηση, 1971, Middelburg



Εικόνα 30 Επανασυναρμολόγηση δομικών στοιχείων πολυκατοικίας σε νέες τυπολογίες

Εικόνα 31 Αγροικία με επαναχρησιμοποιημένα υλικά, Juan Luis Martinez Nahuel, Χιλή

κτισθεί εξ' ολοκλήρου από επαναχρησιμοποιούμενα υλικά παλαιότερων σπιτιών[21]. Επιπλέον, τα κουφώματα μπορούν να αξιοποιηθούν στην αρχιτεκτονική ποικιλοτρόπως χωρίς ωστόσο να διατηρούν το λειτουργικό τους χαρακτήρα. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η εγκατάσταση-"installation" του καλλιτέχνη Choi Jeong Hwa[22], ο οποίος μεταμόρφωσε κυριολεκτικά την όψη ενός δεκαόροφου κτηρίου στη Νότιο Κορέα επαναχρησιμοποιώντας 1000 πόρτες. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι και αυτό του "RAKE Visningsrom" το οποίο αποτελεί εκθεσιακό χώρο και δημιουργήθηκε το 2011 από φοιτητές αρχιτεκτονικής στη Νορβηγία. Εδώ, χρησιμοποιήθηκαν κουφώματα από ένα προς κατεδάφιση κτήριο γραφείων στην ίδια περιοχή. Οι πόρτες αξιοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση της οροφής και του πατώματος, ενώ τα παράθυρα διαμόρφωσαν τις όψεις του κτηρίου το οποίο λειτουργεί μέχρι σήμερα.[23]

Γ. Την ανακύκλωση υλικών – έμμεση ανακύκλωση

Σε αυτήν την κατηγορία, ανήκουν οικοδομικά υλικά τα οποία έχουν προκύψει από τη διαδικασία ανέγερσης, επισκευής και κατεδάφισης ενός κτηρίου. Πρόκειται για υλικά τα οποία δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αυτούσια. Αυτό οφείλεται συνήθως στον τρόπο αρχικής τοποθέτησής τους σε ένα κτήριο και στον συνεπαγόμενο καταστροφικό για την ακεραιότητά τους τρόπο αφαίρεσής τους από αυτό. Συνήθως, τα υλικά αυτά τεμαχίζονται, θρυμματίζονται ή τήκονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων υλικών. Ωστόσο τα τελευταία αποτελούν υλικά υποδεέστερα σε ποιότητα και λειτουργικότητα σε σχέση με το αρχικό υλικό (down-cycling). Εξαίρεση αποτελούν τα μέταλλα, όπως ο χάλυβας ο οποίος *μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς να χάσει τις υλικές του ιδιότητες.*[24]

Τα κυριότερα ανακυκλώσιμα οικοδομικά υλικά είναι το σκυρόδεμα, τα τούβλα, τα κεραμικά πλακίδια, το ξύλο, το γυαλί, το πλαστικό, και τα μέταλλα, όπως ο χάλυβας, ο χαλκός και το αλουμίνιο. Παράδειγμα τέτοιου είδους ανακύκλωσης αποτελεί ο θρυμματισμός και η χρήση του σκυροδέματος ως υλικό για υπαίθριες διαμορφώσεις, ή ως αδρανές σε ποσότητα μέχρι 20% της συνολικής απαιτούμενης ποσότητας σε αμμοχάλικο για την παραγωγή υλικών θεμελίωσης και νέου σκυροδέματος.

Στη **Δευτερογενή ανακύκλωση** τα υλικά που επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται είχαν αρχικά άλλη χρήση. Έτσι, συναντούμε υλικά που προέρχονται από άλλους τομείς όπως είναι η οδοποιία, η βιομηχανία, κ.ά. και επαναχρησιμοποιούνται χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία στον οικοδομικό τομέα. Παραδείγματα αποτελούν η επανάχρηση ατσάλινων και μπετονένιων στοιχείων γέφυρας, ατσάλινων ραγών του

[21] Derringer , J., http://design-milk.com/recycled-materials-cottage-by-juan-luis-martinez-nahuel/
[22] Mok, K., http://www.treehugger.com/green-architecture/artist-transforms-building-facade-1000-recycled-doors-choi-jeong-hwa.html
[23] RAKE Visningsrom , http://rake.trondheim.no/visningsrom/
[24] Winters-Downet, E., 2001, σελίδα 64

σιδηροδρομικού δικτύου, γυάλινων και πλαστικών μπουκαλιών, ξύλινων παλετών, ηλεκτρονικών συσκευών, containers, υπόγειων μπετονένιων αγωγών, τμημάτων αεροσκαφών, καραβιών και οχημάτων, ελαστικών των οχημάτων, κ.ά. Εφαρμογή αυτού του τύπου επανάχρησης αποτελεί η κατοικία Big dig house η οποία κατασκευάστηκε το 2006 στο Lexington. Σε αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά αποξήλωσης μιας κεντρικής οδικής αρτηρίας της Βοστόνης, τα οποία παραχωρήθηκαν δωρεάν στον ιδιοκτήτη. Έτσι η κατοικία οικοδομήθηκε από χάλυβα και πλάκες από σκυρόδεμα, μαζί με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες.[25]

Τέλος, στην ίδια κατηγορία συναντούμε υλικά που προκύπτουν ως παραπροϊόντα άλλων διεργασιών κι επομένως ανακυκλώνονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν. Παράδειγμα αποτελεί η παρασκευή των ξύλινων πανέλων MDF και OSB από πριονίδια και κομματάκια ξύλου. Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελεί η χρήση ρινισμάτων σιδήρου, που προκύπτουν από τις διαδικασίες παραγωγής στη βιομηχανία ατσαλιού, για την παραγωγή σκυροδέματος, μειώνοντας έτσι τις απαιτούμενες ποσότητες ακατέργαστων υλών.[26]

Εικόνα 32 Installation με επαναχρησιμοποιημένες πόρτες, σε όψη κτηρίου, Choi Jeong Hwa, Κορέα

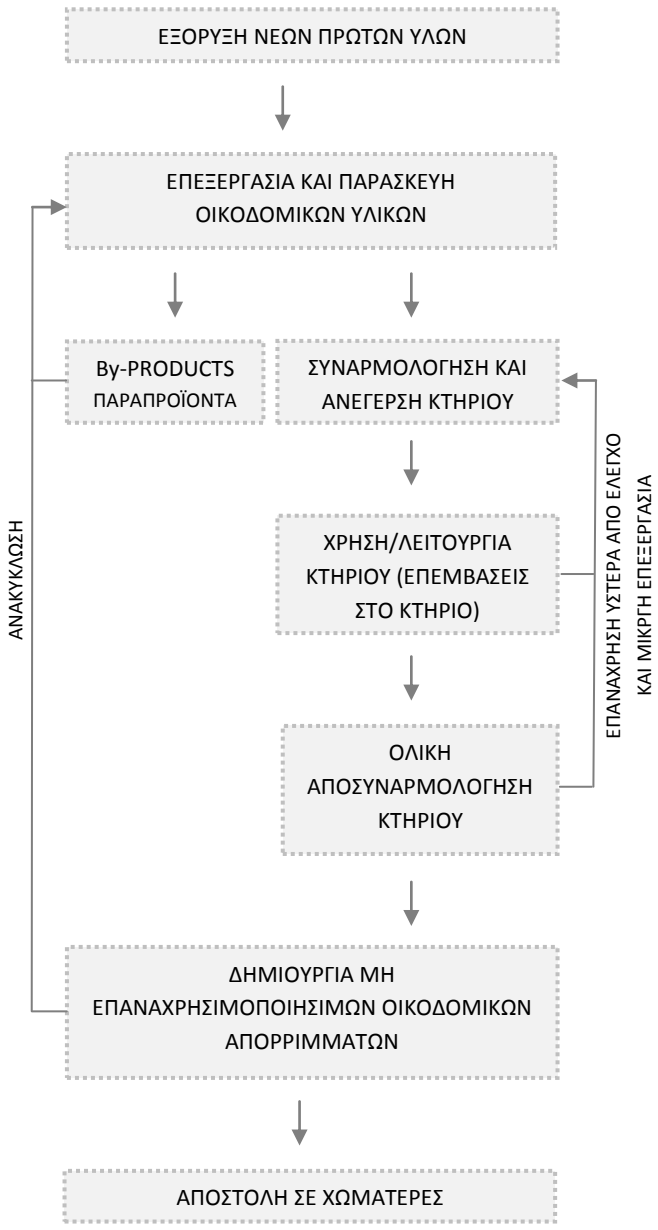
Εικόνα 33 Εκθεσιακός χώρος 'RAKE Visningsrom', Νορβηγία

Εικόνα 34 Big Dig House, Lexington, ΗΠΑ

[25] Dolden, G., 2009, http://inhabitat.com/the-big-dig-house-reaches-completion/
[26] This is concrete, http://www.thisisconcrete.co.uk/home_page/recycled.aspx

Β’ ΜΕΡΟΣ

Β.1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΥΠΑΡΧΟΝ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΥΣΕΩΝ



Διάγραμμα κλειστού κυκλώματος ροής υλικών στην οικοδομική δραστηριότητα

Ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση, στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των παραγόμενων οικοδομικών απορριμμάτων σε όλα τα στάδια της ζωής ενός κτηρίου, επιδιώκει τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της εμπεριεχόμενης ενέργειας και δυναμικής των υλικών που το απαρτίζουν. Έτσι, ωθεί στην πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς του κτηρίου εξαρχής και στην υιοθέτηση αρχών και μεθόδων σχεδιασμού και κατασκευής, οι οποίες θα επιτρέψουν την αβίαστη εφαρμογή των διαφόρων ειδών επανάχρησης και ανακύκλωσης στο μέλλον. Οι αρχές αυτές προκύπτουν κυρίως από τη μελέτη προγενέστερων κτηρίων και ειδών αρχιτεκτονικής όπου εφαρμόστηκαν οι παραπάνω μορφές ανακύκλωσης ή επανάχρησης, παρατηρώντας τα λάθη, τις επιτυχίες ή τις δυσκολίες που σημειώθηκαν από το εκάστοτε σύστημα που επιστρατεύθηκε. Αποτέλεσμα είναι ότι το κτήριο και τα σχέδια αυτού που θα προκύψουν από αυτή τη διαδικασία θα εμπεριέχουν όπως το DNA όχι μόνο τις πληροφορίες κατασκευής και ανέγερσης, αλλά και τις απαραίτητες πληροφορίες για την συντήρηση, λειτουργία, προσαρμογή, αντικατάσταση, ανακαίνιση και τελικά την απομάκρυνσή του και τη μετατροπή του σε πηγή υλικών για τα επόμενα κτήρια.

Αυτό φαίνεται και στις λίστες ιεράρχησης των μεθόδων ανακύκλωσης οι οποίες έχουν εκδοθεί με στόχο να ενισχυθεί μια όσο γίνεται πιο κλειστή ροή υλικών και ενέργειας στον οικοδομικό τομέα. Μία από αυτές τις λίστες είναι η Ολλανδική "*Delft Ladder*"[27,28], η οποία περιλαμβάνει:

1. *Την πρόληψη* – στην οποία τοποθετείται και ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση. Ο αρχιτέκτονας πρέπει εξ' αρχής κατά τη σχεδιαστική φάση να λάβει υπόψη του κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός κτηρίου, ώστε ο τρόπος δόμησης που θα υιοθετηθεί να συμβάλλει στην αποφυγή της μελλοντικής δημιουργίας αποβλήτων.
2. *Την ανακαίνιση* – Επιδιώκεται πρώτα η επιμήκυνση της χρηστικής ζωής ενός κτηρίου, με την επανάχρησή του. Αυτή επιτυγχάνεται με την ανακαίνιση, αποκατάσταση ή εκσυγχρονισμό του κτηρίου και των επιμέρους υλικών του.
3. *Την επανάχρηση στοιχείων* – Έπειτα, πρέπει να εξασφαλίζεται η ανάκτηση των στοιχείων ενός κτηρίου για επανάχρηση, σε όσο πιο ακέραια μορφή γίνεται. Έτσι, επιδιώκεται η μεταφορά ολόκληρου του κτηρίου για επανάχρηση, ή μόνο στοιχείων αυτού, όπως η όψη του, τα δομικά του στοιχεία, τα κουφώματα, κ.ά.
4. *Την επανάχρηση υλικών* – Ομοίως, πρέπει να εξασφαλίζεται η επανάχρηση των οικοδομικών υλικών, που απαρτίζουν το προς απόσυρση κτήριο, στην ακέραια μορφή τους.

[27] Eneas, 2000, σελίδα 128
[28] Addis, B., 2006, σελίδα 13

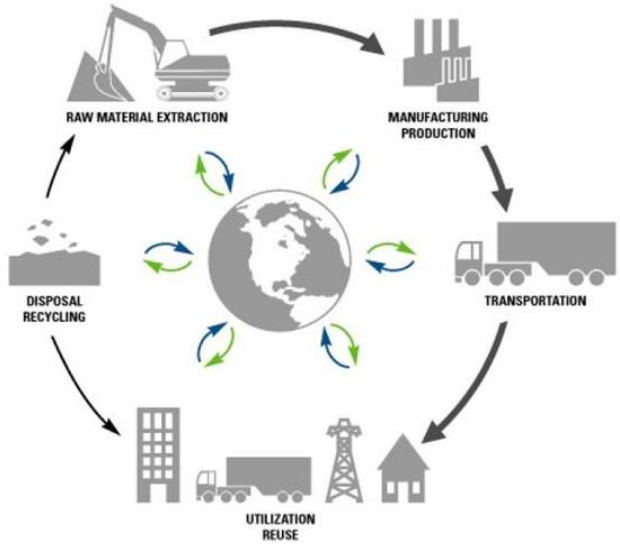
5. *Την ωφέλιμη εφαρμογή των υλικών και στοιχείων*- Τα υλικά που έχουν απομακρυνθεί από το κτήριο κι έχουν χάσει πλέον την ικανότητά τους να επαναχρησιμοποιηθούν αυτούσια, οδηγούνται στην ανακύκλωσή τους και στην επανάχρησή τους ως αδρανή για τη δημιουργία νέων υλικών.
6. *Την καύση των υλικών με ή χωρίς ανάκτηση της εμπεριεχόμενης ενέργειάς τους*
7. *Την απόρριψη σε χωματερή* – Ένα υλικό το οποίο έχει περάσει πολλές φορές από τα παραπάνω στάδια και είδη ανακύκλωσης έχει υποβαθμιστεί ποιοτικά κι εξαντλήσει την εμπεριεχόμενη δυναμική του, με αποτέλεσμα να μην είναι πλέον αξιοποιήσιμο με οποιονδήποτε τρόπο.

Εξασφαλίζοντας λοιπόν, την επανάχρηση των υλικών και στοιχείων ενός κτηρίου ή ακόμη και του ίδιου του κτηρίου, αξιοποιείται η ήδη συσσωρευμένη εμπεριεχόμενη ενέργειά του, μειώνοντας τόσο τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο όσο και το οικονομικό κόστος του καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Πρέπει να διευκρινίσουμε, ότι ***εμπεριεχόμενη ενέργεια*** *είναι η συνολική ενέργεια που απαιτήθηκε για να παραχθεί ή κατασκευαστεί ένα προϊόν. Σε αυτή, περιλαμβάνεται τόσο η άμεση ενέργεια, που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διαδικασία παρασκευής, όσο και η έμμεση ενέργεια, η οποία απαιτήθηκε για την εξόρυξη και μεταφορά των πρώτων υλών και για τη δημιουργία των αντίστοιχων υποδομών παραγωγής.*[29]

Πιο συγκεκριμένα, η εμπεριεχόμενη ενέργεια ενός κτηρίου περιλαμβάνει την εμπεριεχόμενη ενέργεια των υλικών που το απαρτίζουν, την συνολική ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά των δομικών υλικών στο οικόπεδο, την ενέργεια που απαιτείται για την ανέγερσή του, την εμπεριεχόμενη ενέργεια των υλικών που αντικαθιστούν τα παλιά σε μια ανακαίνιση και τέλος, την συνολική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία και κατεδάφιση του κτηρίου.

$$E_{\text{συνολικό}} = E_{\text{υλικού}} + E_{\text{μετακίνησης στο οικόπεδο}} + E_{\text{ανέγερσης}} + E_{\text{ανακαίνισης}} + E_{\text{χρήσης}} + E_{\text{κατεδάφισης}}$$ [30]



Εικόνα 35 Κλειστό κύκλωμα ροής ενέργειας

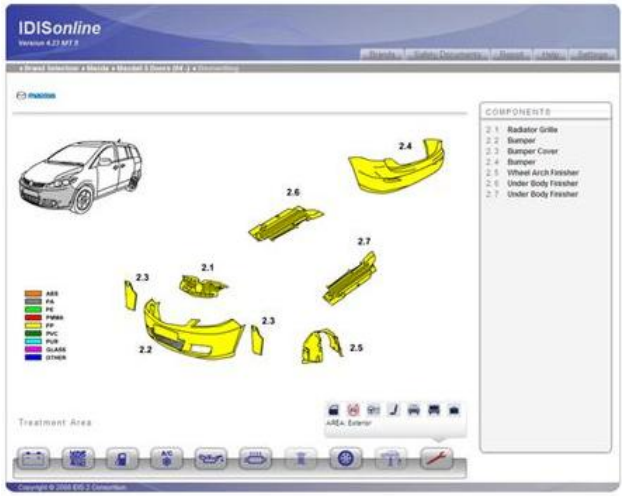
[29] CIB Report, 2000, σελίδα 20
[30] Gaisset, I., 2011, σελίδα 16

Β’ ΜΕΡΟΣ

Β.2. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΠΙΘΑΝΗ ΠΗΓΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ)

Εικόνα 36 Αποσυρόμενα Ι.Χ. σε μάντρα με παλιοσίδερα

Εικόνα 37 Απόσυρση Ι.Χ. κι επανάχρηση των εξαρτημάτων τους



Εικόνα 38 Λογισμικό IDIS

Προτού όμως αναλύσουμε τις αρχές και τον τρόπο εφαρμογής του σχεδιασμού με σκοπό την αποσυναρμολόγηση στην αρχιτεκτονική, θα αναφερθούμε στο παράδειγμα της βιομηχανίας όπου έχει ήδη ξεκινήσει η εφαρμογή του. Αυτό συμβαίνει καθώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποιο οργανωμένο και διαδεδομένο καθολικό σύστημα εφαρμογής της φιλοσοφίας και διαδικασίας του σχεδιασμού αυτού στον οικοδομικό τομέα. Αν και μέχρι πρόσφατα η λειτουργία και η υποδομή της βιομηχανίας στηριζόταν εξ’ ολοκλήρου σε ένα γραμμικό σύστημα παραγωγής (cradle-to-grave), όπως η σημερινή οικοδομική δραστηριότητα, τα τελευταία χρόνια έχει υιοθετήσει μεγαλύτερη υπευθυνότητα για το αποτύπωμά της στο περιβάλλον, προσπαθώντας να παράγει σε ένα κλειστό κύκλωμα παραγωγής (cradle-to-cradle).

Αυτό επιτεύχθηκε χάρη στη δημιουργία ενός νομικού πλαισίου στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) το οποίο βασίζεται στην ιδέα ενός “υπεύθυνου κατασκευαστή”. Θεσπίστηκαν, λοιπόν, μια σειρά από προτεινόμενες Οδηγίες (Directives) στην Ε.Ε. και νομοθεσίες σε εθνικό επίπεδο, οι οποίες *θέτουν περιορισμούς στην παραγωγή απορριμμάτων και μόλυνσης*[31] και *ήδη επηρεάζουν την αυτοκινητοβιομηχανία, τις βιομηχανίες ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών […]* [32], *κ.ά.*

Σε ότι αφορά την αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία είναι η μοναδική που ανακυκλώνει σχεδόν το 100% των προϊόντων της, έχει εκδοθεί από το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο η οδηγία για τα *Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ)*[33] –End-of-life Vehicles Directive 2000/53/EC. Σε αυτή καθίσταται υπεύθυνος ο κατασκευαστής για την κατάλληλη προετοιμασία του παραγόμενου οχήματος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η περισυλλογή και αποσυναρμολόγησή του στο τέλος της χρηστικής του ζωής. Ταυτόχρονα, κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε. φέρει ευθύνη για τη δημιουργία των κατάλληλων υποδομών για την συλλογή των οχημάτων αυτών. Στόχος της οδηγίας αυτής, είναι *μέχρι το 2015 να ανακτώνται, επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται, τουλάχιστον το 95% του μέσου βάρους κάθε αυτοκινήτου, από το οποίο το 85% πρέπει να είναι αυτό που ανακυκλώνεται ή επαναχρησιμοποιείται*[18].

Ήδη μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί μάντρες αυτοκινήτων οι οποίες περισυλλέγουν τα αποσυρόμενα αυτοκίνητα. Αυτές, πρώτα αφαιρούν τα υγρά λειτουργίας του οχήματος καθώς και τον καταλύτη. Έπειτα αποσυναρμολογούν τα διάφορα μέρη του αυτοκινήτου που έχουν σχεδιαστεί με αυτή τη δυνατότητα, όπως είναι το εξωτερικό περίβλημα, ο κινητήρας, τα καθίσματα, οι επενδύσεις, κλπ. μέχρι να μείνει μόνο ο μεταλλικός σκελετός, ο οποίος αποτελεί το 68% του αυτοκινήτου και ανακυκλώνεται. Από αυτά τα μέρη,

---

[31] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 1

[32] Addis, B., 2006, σελίδα 10

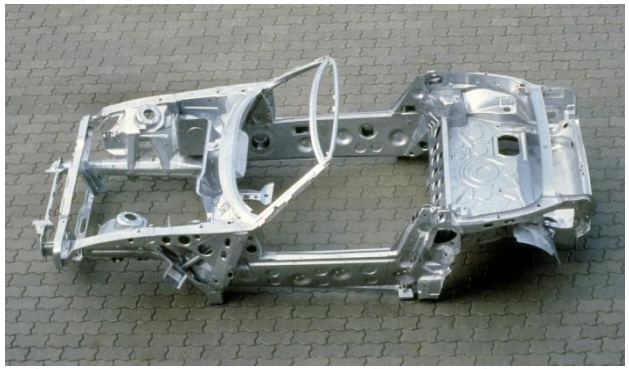
[33] ΕΔΟΕ – Εναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδας, http://www.edoe.gr

άλλα πωλούνται για να επαναχρησιμοποιηθούν ως ανταλλακτικά σε άλλα αυτοκίνητα, άλλα ανακυκλώνονται και άλλα απορρίπτονται. Τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης διευκολύνει το λογισμικό IDIS το οποίο αποτελεί ένα *προχωρημένο και πλήρες σύστημα πληροφοριών για την προ-επεξεργασία και την αποσυναρμολόγηση Οχημάτων προς Απόσυρση, και διατίθεται σε 39 χώρες, σε 30 διαφορετικές γλώσσες*[34] ενώ αφορά μεγάλο αριθμό διαφορετικών μοντέλων οχημάτων.

Ταυτόχρονα, γίνονται αξιοσημείωτες προσπάθειες εξέλιξης της τεχνολογίας αποσυναρμολόγησης στην αυτοκινητοβιομηχανία. Παράδειγμα αποτελεί το υπό έρευνα "*Ευφυές ολοκληρωμένο ρομποτικό σύστημα αποσυναρμολόγησης αυτοκινήτων "[…] στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ESPRIT CIME από μια κοινοπραξία εταιριών κι εργαστηρίων, ανάμεσα στα οποία είναι και το ΕΜΠ*. […] *Ο τελικός στόχος συνίσταται στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών αποσυναρμολόγησης αυτοκινήτων με σκοπό […] να κάνει την βιομηχανία ανακύκλωσης αυτοκινήτων οικονομικά ανταγωνιστική.* [35]

Ένα ιδιαίτερο αυτοκίνητο που έχει σχεδιαστεί με σκοπό να αποσυναρμολογείται εξαιρετικά εύκολα είναι αυτό της BMW Z-1. Επιδίωξη της εταιρείας ήταν να μπορούν να αποσυναρμολογούνται σε μόλις 40 λεπτά τα πλαστικά μέρη του περιβλήματος του οχήματος, με αποτέλεσμα να πωλούνται ξεχωριστά σετ αυτών με διαφορετικά χρώματα ώστε ο χρήστης να εναλλάσσει την εμφάνιση του αυτοκινήτου του τακτικά.

Η αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση, ωστόσο, εφαρμόζεται και σε κατασκευές μεγαλύτερης κλίμακας από αυτήν ενός αυτοκινήτου και μικροσυσκευών. Πράγματι, σήμερα εφαρμόζεται ευρέως σε αεροπλάνα μικρού μεγέθους, ωστόσο έχουν γίνει επιτυχείς προσπάθειες και σε μεγαλύτερα αεροπλάνα όπως το διώροφο Boeing 747, με τεράστια οικονομικά οφέλη σε όσους ανέλαβαν την αποσυναρμολόγησή του.



Εικόνα 39 Σκελετός του αποσυναρμολογούμενου μοντέλου BMW Z-1

Εικόνα 40 Σκελετός, καθίσματα και λειτουργικά μέρη του αποσυναρμολογούμενου μοντέλου BMW Z-1

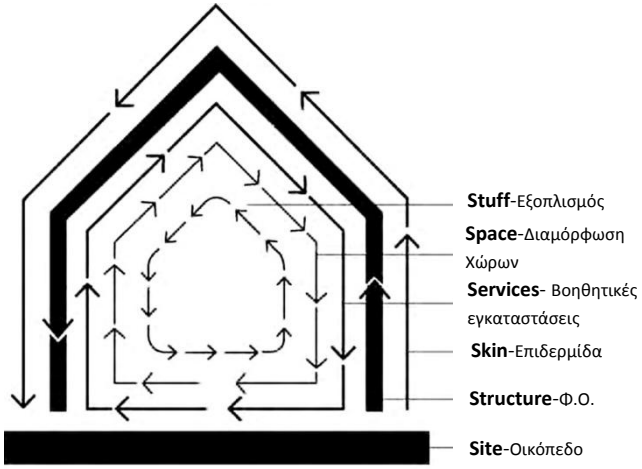
Εικόνα 41 Εξωτερικό περίβλημα του αποσυναρμολογούμενου μοντέλου BMW Z-1

[34] IDIS, www.idis2.com

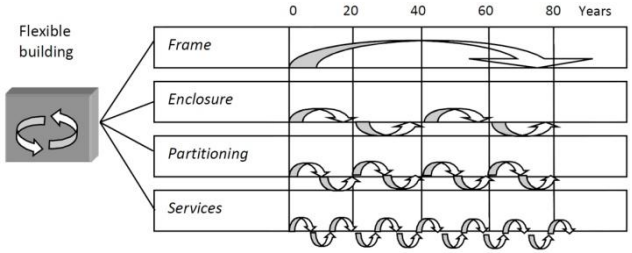
[35] Τζαφέστας, Σ., Κατέβας , Ν., Σπυροπούλου , Ε., Ανθόπουλος , Ι., Ράπτης , Σ., 1995, http://library.tee.gr/digital/m1564/tzafestas.pdf

Β’ ΜΕΡΟΣ

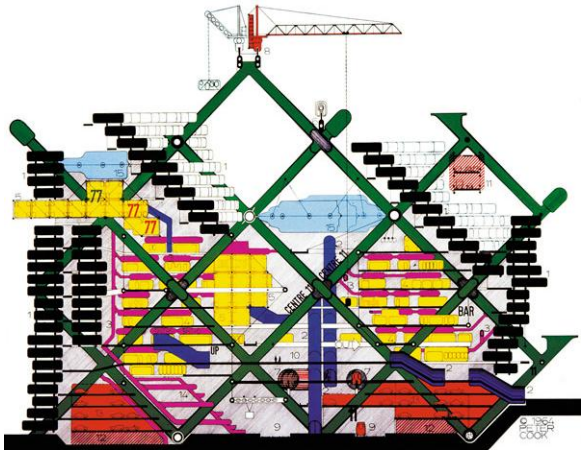
Β.3. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



Εικόνα 42 Πολλαπλή διαστρωμάτωση κτηρίου – Τα 6 S's



Εικόνα 43 Ρυθμός εναλλαγής των χρηστικών κύκλων ζωής της κάθε διαστρωμάτωσης του κτηρίου



Εικόνα 44 Plug in City, Archigram

Οι αρχές και η μεθοδολογία που διέπουν τη διαδικασία του σχεδιασμού με σκοπό την αποσυναρμολόγηση στον οικοδομικό τομέα είναι:

1. Πολλαπλή διαστρωμάτωση - Separate layers

Ένα κτήριο απαρτίζεται από έξι διαφορετικά στρώματα-layers, σύμφωνα με τον Stewart Brand στο βιβλίο του "Πώς μαθαίνουν τα κτήρια: Τι συμβαίνει αφού κτιστούν (How Buildings Learn: What Happens After They're Built)". Πρόκειται για τα λεγόμενα *6 S's: site- Οικόπεδο, Structure-Φ.Ο., Skin-Επιδερμίδα, Services-Βοηθητικές/Τεχνολογικές εγκαταστάσεις, Space- διαμόρφωση χώρων, Stuff-Έπιπλα κι εξοπλισμός.*[36] Το καθένα από αυτά, χαρακτηρίζεται από διαφορετική διάρκεια χρηστικής ή και λειτουργικής ζωής, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός τους εάν θέλουμε ένα ευέλικτο κτήριο το οποίο θα αντέξει στο χρόνο και στις εναλλαγές των απαιτήσεων στο πέρασμα αυτού.

Με τους όρους χρηστική-use life cycle και λειτουργική ζωή-technical life cycle ενός στοιχείου ή κτηρίου εννοούμε το ρυθμό εναλλαγής των στοιχείων και των υλικών που απαρτίζουν το κτήριο, ο οποίος καθορίζεται από το σενάριο χρήσης που αποδίδεται εξ' αρχής σε αυτό και την αντοχή των χρησιμοποιούμενων υλικών αντίστοιχα.[37]

Το οικόπεδο στο οποίο ανεγείρεται ένα κτήριο θεωρείται ότι έχει απεριόριστο χρόνο ζωής και θα φιλοξενήσει συνεπώς πάνω από ένα κτήριο στο πέρασμα του χρόνου. Από την άλλη μεριά, ο *κύκλος ζωής του Φ.Ο.*, ο οποίος αποτελεί και τη μέγιστη δυνατή διάρκεια ζωής ενός κτηρίου, *είναι περίπου 60-200 χρόνια* και είναι μεγαλύτερος από αυτόν των υπόλοιπων στρωμάτων, καθώς η *επιδερμίδα κυμαίνεται στα 30-60 χρόνια, οι τεχνολογικές εγκαταστάσεις στα 5-30 χρόνια, η χωρική διάταξη στα 5-20 και τα έπιπλα-εξοπλισμός στα 5-15 χρόνια.*[38]

Με δεδομένο ότι ο χρηστικός κύκλος ζωής των διαφόρων υλικών τείνει στις μέρες μας να είναι όλο και πιο σύντομος από το λειτουργικό, που σημαίνει ότι οι παραπάνω ρυθμοί εναλλαγής αναμένεται να αυξηθούν, είναι απαραίτητη η υιοθέτηση ενός ανοικτού συστήματος δόμησης. Πρέπει δηλαδή να υπάρχει η έλλειψη εξάρτησης μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων, πλην των θεμελίων και του Φ.Ο., δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για ταυτόχρονη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγησή τους. Ακραία μορφή αυτής της αρχής αποτελούν τα θεωρητικά μοντέλα που ανέπτυξαν οι Archigram μεταξύ τέλη 1960-τέλη 1970. Αυτά χαρακτηρίζονταν για την ευελιξία τους, όπως το Plug in City όπου όλο το αστικό

[36] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 25
[37] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 74,
[38] Gaisset, I., 2011, σελίδα 13

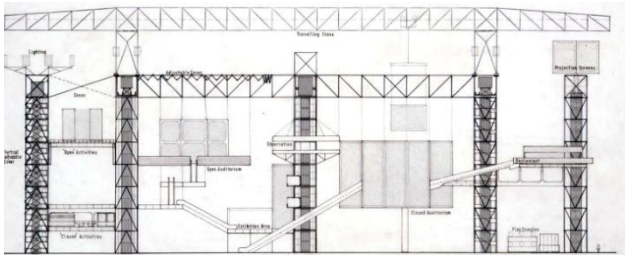
περιβάλλον είχε χωρισθεί σε επιμέρους ενότητες-layers και προγραμματιστεί να δομηθεί έτσι ώστε να μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις. Έτσι, ένας βασικός σκελετός επέτρεπε σε αυτόνομες κινητές μονάδες να συνδέονται και να αποσυνδέονται από αυτόν με τη βοήθεια ήδη ενσωματωμένων γερανών.[39] Ένα ακόμη αξιοσημείωτο παράδειγμα αποτελεί ο μη πραγματοποιημένος πολιτισμικός χώρος Fun Palace του Cedric Price, που μελετήθηκε το 1961. Επρόκειτο για ένα ευέλικτο κτήριο το οποίο αποτελούνταν από ατσάλινο Φ.Ο. Όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του αντιμετωπίζονταν ως ένα "κιτ" μονάδων οι οποίες μπορούσαν να μετακινηθούν με γερανούς, να συνδυαστούν μεταξύ τους, καθώς και να αποσυναρμολογηθούν σε επιμέρους τμήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις των εκάστοτε δραστηριοτήτων και του αριθμού των επισκεπτών.[40]

2. Δυνατότητα επιμέρους αποσυναρμολόγησης, στο κάθε στρώμα

Μέσα στο κάθε στρώμα του κτηρίου τα υλικά και τα στοιχεία που το απαρτίζουν πρέπει να είναι και αυτά διαχωρισμένα και ανεξάρτητα, δηλαδή να έχουν τη δυνατότητα να αποσυναρμολογούνται εύκολα και γρήγορα το ένα από το άλλο. Δεδομένου ότι όλα τα υλικά έχουν διαφορετικό χρόνο ζωής, είναι επιτακτική η δυνατότητα αντικατάστασης ή επισκευής του καθενός χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ακεραιότητα των υπολοίπων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για σημεία της κατασκευής τα οποία είναι επιρρεπή στη φθορά, λόγω γήρανσης, έντασης της χρήσης τους, έκθεσης στον αέρα ή στις καιρικές συνθήκες. Παράδειγμα αποτελεί η γωνία ενός τοίχου η οποία συγκριτικά με την υπόλοιπη επιφάνειά του έχει περισσότερες πιθανότητες να φθαρεί. Επομένως είναι απαραίτητη η διαφοροποίηση και η εύκολη αποσυναρμολόγηση του υλικού που τοποθετείται στη γωνία, ώστε να μπορεί να αντικατασταθεί ή επισκευαστεί μόνο αυτό.[41]

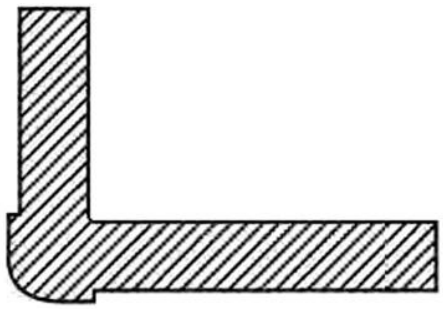
Η αποσυναρμολόγηση των επιμέρους στοιχείων εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο σύνδεσής τους με άλλα στοιχεία. Το είδος και η φύση των ενώσεων που χρησιμοποιούνται καθορίζουν τη διατήρηση ή μη της ακεραιότητας των υλικών μετά την αποσυναρμολόγησή τους, και κατ' επέκταση την απαιτούμενη επεξεργασία τους ώστε να μπορέσουν να επαναχρησιμοποιηθούν. Στο πλαίσιο του σχεδιασμού με σκοπό την αποσυναρμολόγηση, πρέπει να αποφεύγονται ενώσεις οι οποίες είναι μόνιμες ή απαιτούν την κοπή και αλλαγή του μεγέθους των υλικών προκειμένου αυτά να αφαιρεθούν.

Εικόνα 45 Plug in City, Archigram

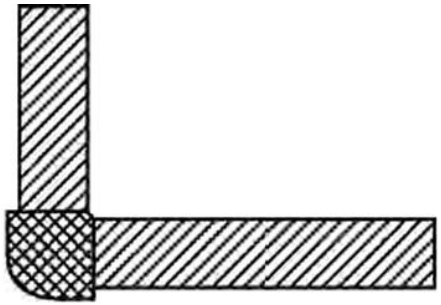


Εικόνα 46 Fun Palace, 1961, Cedric Price

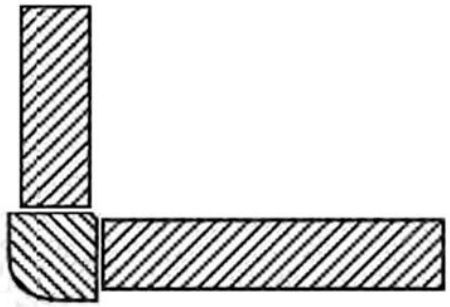
[39] CIB Report, 2001, σελίδα 7
[40] Roberts, R., http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=21461
[41] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 38-39



Μόνιμη σύνδεση στοιχείων με παρόμοια αντοχή



Μόνιμη σύνδεση στοιχείων με μεγαλύτερη αντοχή υλικού στη γωνία



Αποσυναρμολογούμενη σύνδεση στοιχείων με παρόμοια αντοχή

Εικόνα 47 Τρεις διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης και κατασκευής μιας γωνίας π.χ. ενός τοίχου

Ακόμη, είναι σημαντική η χρήση ενώσεων που είναι όχι μόνο αποσυναρμολογούμενες αλλά και ανθεκτικές στην πολλαπλή συναρμο-αποσυναρμολόγηση. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, πως *οι ενώσεις αφορούν τις μισές δαπάνες της συνολικής κατασκευής*,[42] επομένως η διατήρηση και διάσωσή τους μετά από την ενδεχόμενη αποδόμηση ενός κτηρίου είναι πολύ σημαντική.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το είδος των ενώσεων που θα χρησιμοποιηθούν επηρεάζουν το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα του κτηρίου. Τα διάφορα είδη των ενώσεων θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

3. Επιλογή και χρήση υλικών με μακροπρόθεσμο σκοπό

Στο σχεδιασμό με σκοπό την αποσυναρμολόγηση βασικό ρόλο παίζουν και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για τη δόμηση. Το είδος του υλικού που θα επιλεγεί επηρεάζει άμεσα και καθορίζει εν μέρει τον τρόπο σύνδεσης που θα υιοθετηθεί, όπως θα δούμε πιο αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Επιπλέον, με δεδομένη την προοπτική επανάχρησης ή ανακύκλωσης των στοιχείων της κατασκευής, θα πρέπει να προτιμώνται υλικά τα οποία θα μπορούν να υποστηρίξουν την επανάχρησή τους όσες περισσότερες φορές γίνεται, προτού φθαρούν, υποβαθμιστούν ως προς την ποιότητα και τις ιδιότητές τους, και τελικά οδηγηθούν στην ανακύκλωση. [43] Επιζητούμε συνεπώς υλικά μη τοξικά, ανθεκτικά στο χρόνο και τη φθορά, υψηλής ποιότητας, και κυρίως αυτούσια, χωρίς επικαλύψεις ή προσμίξεις είτε αυτά είναι φυσικά (primary monomaterials) είτε τεχνητά (secondary monomaterials).

Η τελευταία παράμετρος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Πρέπει να διευκρινίσουμε, ότι *ένα φυσικό υλικό χωρίς προσμίξεις, είναι ένα ομοιογενές υλικό με τη φυσική του σύσταση όπως για παράδειγμα το συμπαγές ξύλο. Παράλληλα, ένα τεχνητό υλικό χωρίς προσμίξεις, εμπεριέχει μία μίξη από της ίδιας φύσης υλικά, όπως για παράδειγμα το μπετόν, το γυαλί, κ.ά.*[44]*Αντίθετα, αν* τα οικοδομικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι κατασκευασμένα από επάλληλες, ενωμένες στρώσεις διαφορετικών υλικών, με διαφορετική συμπεριφορά, η επανάχρηση γίνεται πιο δύσκολη. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό χρόνο και τρόπο γήρανσης ή φθοράς του κάθε εμπεριεχόμενου υλικού ή στρώσης. Έτσι, κάποια τμήματα του πολυσύνθετου υλικού διατηρούνται σε καλή κατάσταση, ενώ κάποια άλλα έχουν φθαρεί ή ακόμη και καταστραφεί, γεγονός που δυσχεραίνει τον έλεγχο της ποιότητας του υλικού και της δυνατότητάς του να επαναχρησιμοποιηθεί ή και ανακυκλωθεί.

[42] Kara, H., Georgoulias, A., 2012, σελίδα 122,
[43] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 38
[44] Berge, B., 2000, σελίδα 13-14

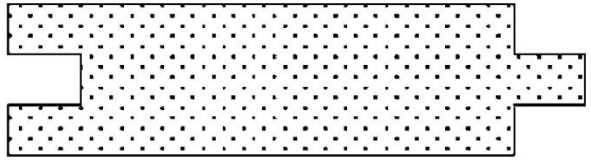
4. Απλοποίηση της δομής, μορφής και τρόπου κατασκευής του κτηρίου

Η απλοποίηση του συστήματος δόμησης ενός κτηρίου επιτρέπει την αντίστοιχη απλοποίηση της διαδικασίας μεταβολής του ή και ολοκληρωτικής αποσυναρμολόγησής του. Έτσι, όσο πιο ελεύθερες είναι οι κατόψεις και όσο πιο απλός ο κάναβος ο οποίος τις διαμορφώνει, τόσο πιο εύκολη θα είναι η επανάχρηση του κτηρίου για τις ίδιες ή άλλες χρήσεις. Επιπλέον, ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων υλικών και στοιχείων, τόσο πιο εύκολος θα είναι στο τέλος ο διαχωρισμός τους για την ανάκτηση και επανάχρησή τους. Αντίστοιχα, όσο λιγότερα και απλοποιημένα είναι τα είδη των ενώσεων που επιστρατεύονται, τόσο λιγότερα είναι τα απαιτούμενα εργαλεία και ο απαιτούμενος χρόνος συναρμολόγησης-αποσυναρμολόγησής τους. Τέλος, όσο πιο γενικευμένη και απλή είναι η μορφή των διαφόρων στοιχείων και υλικών ενός κτηρίου, σε ότι αφορά τη γεωμετρία και τις διαστάσεις τους, τόσο πιο ευέλικτη είναι η επανάχρησή τους και εύκολη η εύρεση επόμενου αγοραστή.

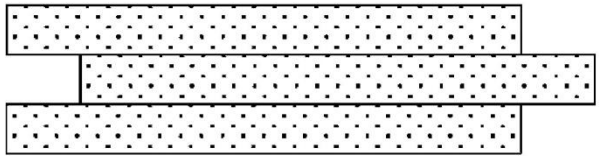
Παρόμοιες αρχές απλοποίησης υιοθετήθηκαν και στο παρελθόν ιδιαίτερα κατά τον 20^{ο} αιώνα και τη διαδεδομένη εφαρμογή της προκατασκευής. Εκείνη την περίοδο ωστόσο, η απλοποίηση οδήγησε στην τυποποίηση των στοιχείων μιας κατασκευής. Παράδειγμα αποτελεί το σύστημα δόμησης CLASP που αναπτύχθηκε κι εφαρμόστηκε με επιτυχία το 1957 στην Αγγλία για τη γρήγορη και οικονομική ανέγερση σχολικών κτηρίων. Με αυτό το σύστημα δομούνταν όλα τα κτήρια με συγκεκριμένο ύψος ορόφου, διαστάσεις κανάβου, διαστάσεις ατσάλινων στοιχείων Φ.Ο., διαστάσεις πανέλων επικάλυψης και παράθυρων. Ωστόσο αυτή η τυποποίηση επέτρεπε την ευελιξία αποσυναρμολόγησης και επανατοποθέτησης των διαφόρων στοιχείων σε νέα κτήρια, ευνοώντας την επανάχρησή τους.[45]

5. Επιστράτευση προκατασκευασμένων και προ-συναρμολογημένων στοιχείων στην κατασκευή.

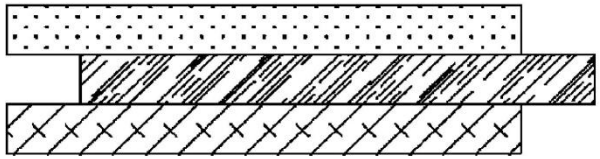
Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να επωφεληθούμε τόσο από τη μεγαλύτερη ταχύτητα ανέγερσης του κτηρίου που προσφέρει η προκατασκευή όσο και από την καλύτερη ίσως διαχείριση της ροής των αποσυναρμολογούμενων υλικών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αποσυναρμολόγηση συμβαίνει πλέον σε δύο στάδια. Το πρώτο πραγματοποιείται στο εργοτάξιο, όπου αφαιρείται το προκατασκευασμένο στοιχείο από το σύνολο του κτηρίου, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει τη μεταφορά και αποσυναρμολόγηση του στοιχείου στα επιμέρους υλικά του σε χώρο αντίστοιχο με αυτόν όπου αρχικά συναρμολογήθηκε.



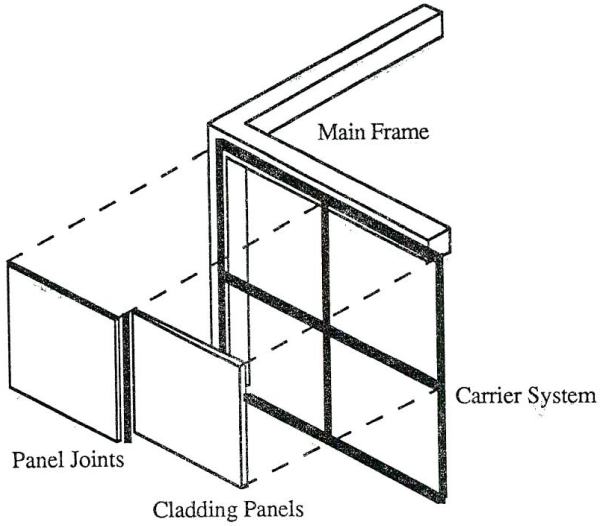
Εικόνα 48 Ομοιογενές υλικό ενός υλικού



Εικόνα 49 Σύνθετο υλικό με πολλαπλές στρώσεις υλικών με παρόμοιες ή ίδιες ιδιότητες

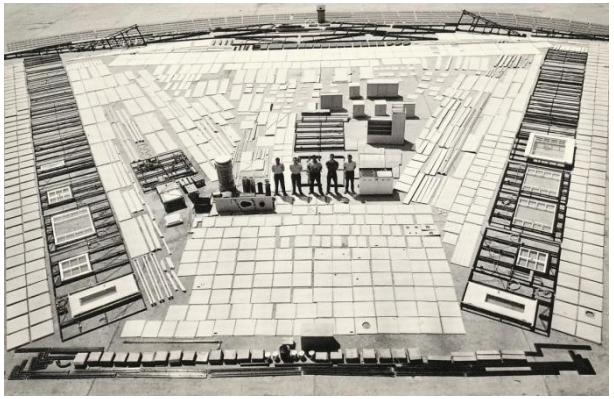


Εικόνα 50 Σύνθετο υλικό με πολλαπλές στρώσεις υλικών με διαφορετικές ιδιότητες



Εικόνα 51 Σύστημα ευέλικτων όψεων για κτήρια του CLASP Building System

[45] Testa, C., 1972, σελίδα 26-28



Εικόνα 52 Στοιχεία προς συναρμολόγηση του Lustron House

Εικόνα 53 Προκατασκευή στοιχείων κτηρίου σε κλειστό χώρο, υπό ελεγχόμενες και προστατευόμενες συνθήκες

Εικόνα 54 Συνεργασία μεταξύ όλων των ειδικοτήτων των μηχανικών

6. **Σχεδιασμός για ασφαλή αποσυναρμολόγηση**
   Εξασφαλίζοντας την ανεμπόδιστη και ασφαλή δουλειά των εργατών, των μηχανημάτων και της πρόσβασης στο εργοτάξιο, διευκολύνεται κι επιταχύνεται ο ρυθμός αποσυναρμολόγησης και ροής των υλικών. Η ασφάλεια της εργασίας αποσυναρμολόγησης στοιχείων του κτηρίου αυξάνεται στην περίπτωση που αυτή διαδραματίζεται εν μέρει σε ένα εργοστάσιο, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και σε κλειστό και προστατευμένο χώρο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όπως είδαμε μέσα από την προκατασκευή.

7. **Χρήση ελαφριών υλικών-lightweight materials** όπου είναι δυνατόν, καθώς διευκολύνουν τη μεταφορά και διαχείριση τους. Συνήθως τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται για τη διάταξη των εσωτερικών χώρων.

8. **Ελαχιστοποίηση των διαστάσεων των στοιχείων στα μέτρα του εργάτη** με στόχο την πιο εύκολη και γρήγορη διαχείρισή τους.

9. **Επισκεψιμότητα και προσβασιμότητα όλων των ενώσεων** για εύκολη, γρήγορη και ασφαλή αποσυναρμολόγηση.

10. **Σχεδιασμός και οργάνωση της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης εξ’ αρχής**

    Τέλος, προκειμένου να είναι επιτυχημένο το στάδιο της αποσυναρμολόγησης, ακόμη κι αν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις, είναι απαραίτητο να έχει μελετηθεί αναλυτικά η συνολική διαδικασία που θα ακολουθηθεί, κατά τη φάση του σχεδιασμού του κτηρίου. Οι πληροφορίες που θα προκύψουν από τη μελέτη αυτή σχετικά με τα στάδια και τον τρόπο αποσυναρμολόγησης των στοιχείων και των ενώσεων του κτηρίου, πρέπει με τη σειρά τους να παρέχονται στον εκάστοτε χρήστη, εργολάβο και υπεύθυνο της αποσυναρμολόγησης με όσο πιο απλό, κατανοητό και αναλυτικό τρόπο γίνεται. Συμπληρωματικά, πρέπει να αναφέρονται η σύσταση και οι ιδιότητες των αποσπώμενων υλικών καθώς και η φύση των διαφόρων συνδέσεων προκειμένου αυτές να τύχουν τον κατάλληλο χειρισμό, επεξεργασία και αντικατάσταση. Τέλος, πρέπει να έχει προβλεφθεί η αλφαρίθμηση όλων των χρησιμοποιούμενων μελών στο κτήριο, προκειμένου να διευκολύνεται η μετέπειτα αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγησή τους στη σωστή θέση, με τη σωστή σειρά. Την εξαιρετική οργάνωση των παραπάνω διαδικασιών βοηθάει σημαντικά και η επιστράτευση της τρισδιάστατης ψηφιακής σχεδίασης.

Παράδειγμα προβολής της ιδιαίτερης οργάνωσης που απαιτείται, αποτελεί το έργο του Damian Ortega, στο οποίο έχουν αριθμηθεί όλοι οι κόκκοι ενός καλαμποκιού. *Αν και φαινομενικά ίδιοι, ο αριθμός τους και η σειρά αρίθμησής τους δείχνει ότι κάθε κόκκος είναι διαφορετικός, και μας αποκαλύπτει τη θέση τους και το μέγεθός τους στο* καλαμπόκι. Επομένως καταλαβαίνουμε πως αν θέλουμε να αποσυναρμολογήσουμε το καλαμπόκι θα πρέπει να γνωρίζουμε τι πάει πού. [46] Μέσα από μια σειρά άλλων έργων του ίδιου καλλιτέχνη, όπου τα αντικείμενα εκτίθενται στο χώρο αναλυμένα στα επιμέρους στοιχεία που τα απαρτίζουν, υπό μορφή διευρυμένου μοντέλου, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα της λεπτομερούς και αναλυτικής προμελέτης της μεθόδου αποσυναρμολόγησης. Το πριν λίγο πολύπλοκο αντικείμενο γίνεται αμέσως πιο κατανοητό στο κοινό, καθιστώντας τον τρόπο συναρμολόγησής του σχεδόν γνωστό στον επισκέπτη.

Από τα παραπάνω, προκύπτει λοιπόν, πως ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση απαιτεί εξαιρετικό προγραμματισμό και λεπτομερή οργάνωση προκειμένου να ανταποκριθεί με επιτυχία στο σκοπό του. Ωστόσο, αυτό προϋποθέτει την όσο πιο στενή και καλή συνεργασία μεταξύ των μηχανικών όλων των ειδικοτήτων που συμμετέχουν στην υλοποίηση ενός κτηρίου από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, προκειμένου να επιτευχθεί η εναρμόνιση των επιμέρους συστημάτων που το απαρτίζουν.

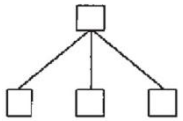
Εικόνα 55 'Classified Cob', Damian Ortega

Εικόνα 56 'Cosmic Thing', Damian Ortega

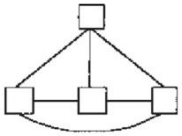
[46] Gaisset, I., 2011, σελίδα 20

Β’ ΜΕΡΟΣ

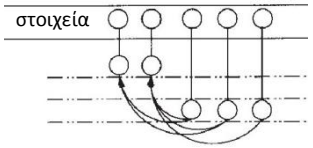
Β.4. ΤΡΟΠΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ



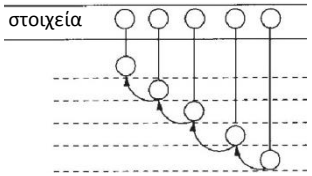
Διάγραμμα ευέλικτης σύνδεσης στοιχείων



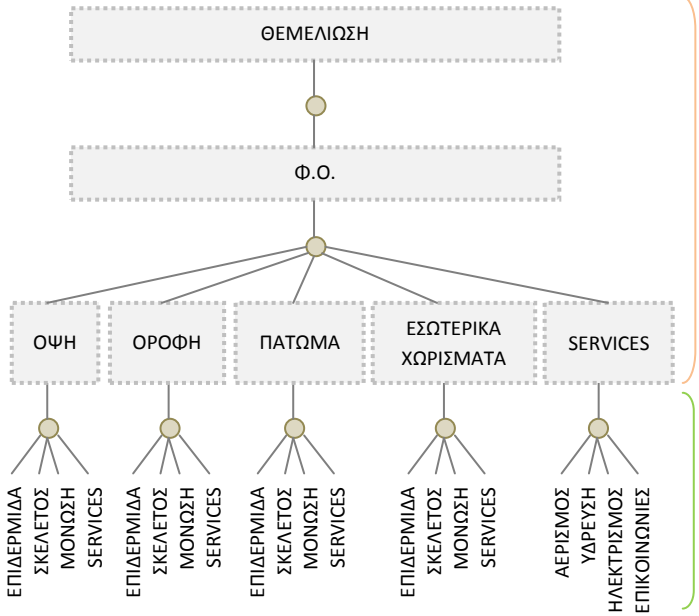
Διάγραμμα εξαρτημένης/στατικής σύνδεσης στοιχείων



Διάγραμμα παράλληλης σύνδεσης στοιχείων



Διάγραμμα σειριακής/διαδοχικής σύνδεσης στοιχείων



Διάγραμμα τρόπου παράλληλης και ανεξάρτητης σύνδεσης των διαφόρων ενοτήτων και υποενοτήτων ενός κτηρίου

Όπως είδαμε, καθοριστικός παράγοντας για την δυνατότητα αποσυναρμολόγησης ενός κτηρίου είναι η υιοθέτηση ενός ανοικτού τύπου συστήματος δόμησης. Έτσι, θα δοθεί η δυνατότητα για την εφαρμογή μιας παράλληλης διαδικασίας συναρμολόγησης-αποσυναρμολόγησης και τη διατήρηση της ανεξαρτησίας των διαφόρων στοιχείων που το απαρτίζουν. Πώς όμως μπορεί να υλοποιηθεί αυτό στην πράξη εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές;

Ένα σύστημα δόμησης ανοικτού τύπου έγκειται σε πρώτη φάση, στο διαχωρισμό του συνόλου του κτηρίου σε ενότητες, κάθε μια από τις οποίες χαρακτηρίζεται για το διαφορετικό χρόνο ζωής της. Οι ενότητες αυτές αφορούν τα 6S's-site-structure-skin-space plan-services-stuff που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έπειτα, κάθε ενότητα αναλύεται σε επιμέρους ενότητες με βάση το λειτουργικό τους χαρακτήρα. Προκύπτουν, λοιπόν, υποενότητες όπως: θεμελιώσεις, φέρων σκελετός, όψη, πάτωμα, οροφή, εσωτερικοί τοίχοι, σύστημα αερισμού, θέρμανσης, ύδρευσης, ηλεκτρισμού, κλπ. Κάθε μία από αυτές τις υποενότητες απαρτίζεται από επιπλέον υπο-ενότητες, τα διάφορα στοιχεία. Για παράδειγμα, μία όψη αποτελείται από τα φέροντα στοιχεία της, την πλήρωση, τα κουφώματα, τη μόνωση, την επικάλυψη, κλπ. Τέλος, κάθε στοιχείο σχηματίζεται και αυτό, από επιμέρους ενότητες, τα υλικά.

Η κατηγοριοποίηση και ο διαχωρισμός αυτός των στοιχείων ενός κτηρίου διευκολύνει την ενδεχόμενη αντικατάσταση ή προσαρμογή τους στο μέλλον, χωρίς να επηρεάζονται τα υπόλοιπα στοιχεία. Σε μία όψη για παράδειγμα, εφόσον τα στοιχεία που την απαρτίζουν είναι διαχωρισμένα έχουμε τη δυνατότητα να αντικαταστήσουμε μόνο ένα από αυτά, όπως τη μόνωση σε περίπτωση που αυτή φθαρεί ή αλλάξουν οι απαιτούμενες προδιαγραφές για τη μόνωση κτηρίων. Επιπλέον, αν κάποιες προσεκτικά επιλεγμένες ενότητες προ-συναρμολογούνται και αντίστροφα αποσυναρμολογούνται στις επιμέρους ενότητες τους εκτός εργοταξίου, μπορεί να επιταχυνθεί η διαδικασία ανέγερσης-αποδόμησης του κτηρίου και να διευκολυνθεί η ροή των υλικών του.

Βέβαια, με δεδομένο ότι τα φορτία ενός κτηρίου μεταφέρονται ιεραρχικά, από τα επιμέρους υλικά έως το φέροντα οργανισμό, τα θεμέλια και τελικά το έδαφος, δημιουργείται μια σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων ενοτήτων και υπο-ενοτήτων. Ωστόσο, με τον κατάλληλο χειρισμό της κατασκευής μπορεί να διατηρηθεί η ανεξαρτησία τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εισαγωγή ενός βασικού στοιχείου – *base element*[47] σε κάθε ενότητα το οποίο θα αναλάβει το ρόλο σύνδεσης της κάθε υπο-ενότητας με την ενότητα στην οποία ανήκει. Διαπιστώνουμε λοιπόν, ότι ο τρόπος σύνδεσης που θα ακολουθηθεί θα επιδράσει καθοριστικά στη δυνατότητά του κτηρίου να αποσυναρμολογείται. Ας δούμε τα είδη των ενώσεων που

[47] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 172

υπάρχουν σήμερα και ποια από αυτά μπορούν να επιστρατευτούν στο σχεδιασμό με σκοπό την αποσυναρμολόγηση.

Β.4.α. ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

Τα είδη των ενώσεων μπορούν να καταταγούν ανάλογα με το είδος και τη φύση του υλικού της σύνδεσης, καθώς και τον τρόπο και τη θέση εφαρμογής του σε σχέση με τα προς σύνδεση στοιχεία. Προκύπτουν δύο βασικές κατηγορίες ενώσεων, οι ξηρές και οι υγρές, από τις οποίες οι ξηρές χωρίζονται σε επιμέρους τύπους ενώσεων.

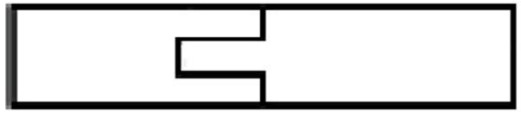
Α. Ξηρές Ενώσεις:

i. Άμεση σύνδεση- Direct connections ή integral connections:

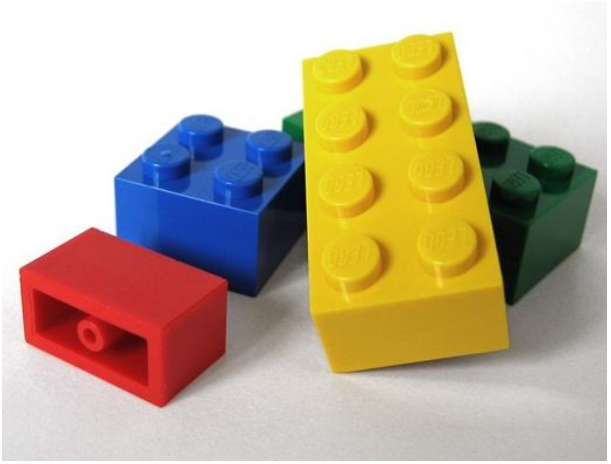
Αφορά τον τρόπο ένωσης κατά τον οποίο τα υλικά και τα διάφορα στοιχεία εφάπτονται και είτε αλληλοσυνδέονται-interlocked integral connection είτε αλληλεπικαλύπτονται-overlapped integral connection. Στην πρώτη περίπτωση, η τοποθέτηση και η σύνδεση επιτυγχάνεται χάρη στις αλληλοσυμπληρούμενες γεωμετρίες των προς ένωση στοιχείων, τα οποία "κουμπώνουν" το ένα με το άλλο.[48] Η λογική ενός τέτοιου τρόπου σύνδεσης μοιάζει με αυτή των παιδικών παιχνιδιών τύπου LEGO, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν άπειρες φορές για διάφορες κατασκευές χωρίς να φθαρούν.

Τέτοια συστήματα ξηρής δόμησης έχουν αναπτυχθεί ήδη τα τελευταία 20 χρόνια, χωρίς ωστόσο να είναι ευρέως διαδεδομένα. Αυτού του είδους οι ενώσεις επιτρέπουν στα στοιχεία να "κουμπώνουν" μεταξύ τους προσφέροντας ταυτόχρονη ευθυγράμμιση και συνεπιπεδότητα, μειώνοντας έτσι τον απαιτούμενο χρόνο εργασίας και τεχνογνωσίας για την κατασκευή του.[49] Παραδείγματα αποτελούν τα Whelan, TSL, AZAR, Haener και Sparlock δομικά στοιχεία που είναι ήδη στην αγορά, καθώς και άλλα τα οποία παραμένουν ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο. Ωστόσο, τα παραπάνω συστήματα αναπτύχθηκαν κυρίως με σκοπό τη μείωση του κόστους και του χρόνου κατασκευής ενός κτηρίου και όχι της αποσυναρμολόγησής του. Παρατηρούμε συνεπώς πολλές φορές να τοποθετούνται μέσα στις οπές των γεωμετρικά συνδυαζόμενων μονάδων: μονώσεις, καλώδια, ατσάλινες βέργες για στατική ενίσχυση, ακόμη και σκυρόδεμα, καθιστώντας δύσκολη ή και αδύνατη την αποσυναρμολόγησή τους.[50] Επιπλέον, εξαιτίας του διαδοχικού τρόπου συναρμολόγησής τους επιβάλλεται η αντίστοιχη διαδοχική και όχι παράλληλη αποσυναρμολόγηση. Έτσι,

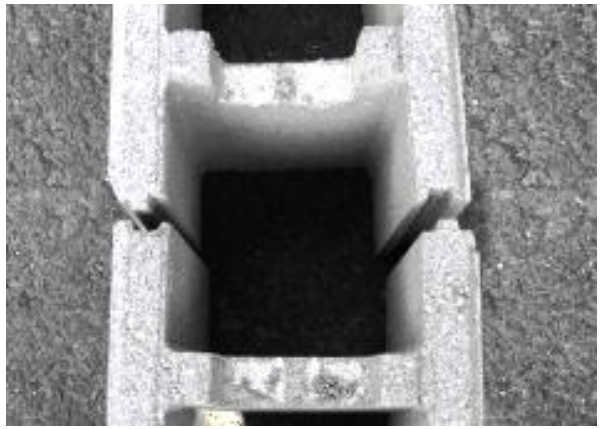
[48] Silverstein, S. A., 2009, σελίδα 12
[49] Hines, T., 1995
[50] Haener Block, http://www.haenerblock.com/interlocking.html



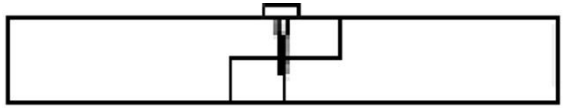
Εικόνα 57 Άμεση σύνδεση με αλληλοσύνδεση στοιχείων / interlocked integral connection



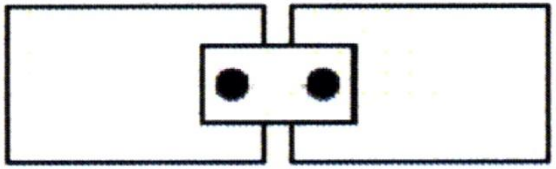
Εικόνα 58 Παιδικό κατασκευαστικό παιχνίδι LEGO



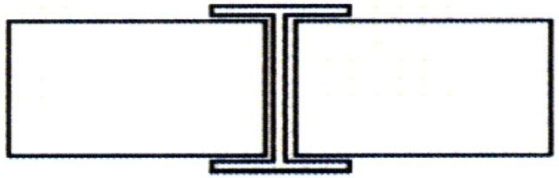
Εικόνα 59 Haener Block



Εικόνα 60 Άμεση σύνδεση με αλληλεπικάλυψη των υλικών και κάποιου επιπλέον συνδετικού στοιχείου



Εικόνα 61 Έμμεση σύνδεση εσωτερικού τύπου



Εικόνα 62 Έμμεση σύνδεση εξωτερικού τύπου

Εικόνα 63 Παιδικό κατασκευαστικό παιχνίδι K'nex

επιβραδύνεται η διαδικασία της τελευταίας, ενώ καθίσταται απαγορευτική η επισκευή μιας τοπικής αστοχίας. Παρ' όλα αυτά, η λογική λειτουργίας αυτών, θα μπορούσε να συνεισφέρει στο σχεδιασμό ενός νέου δομικού στοιχείου, τέτοιου ώστε να μπορεί να συναρμολογείται και αποσυναρμολογείται παράγοντας ταυτόχρονα ένα ποιοτικό και ανθεκτικό κτήριο.

Στη δεύτερη περίπτωση, τα προς σύνδεση στοιχεία αλληλεπικαλύπτονται, κι ενώνονται με τη βοήθεια κάποιου επιπλέον στοιχείου-base element. Το επιπλέον στοιχείο είναι συνήθως κάποιο καρφί, βίδα, κ.ά. και αφορά κυρίως λεπτές επιφάνειες όπως ξύλινες σανίδες ή υλικά επένδυσης της όψης. Η δυνατότητα αποσυναρμολόγησης εξαρτάται από την ευκολία αφαίρεσης του συνδετικού στοιχείου, τη διαδικασία συναρμολόγησης- παράλληλη ή σειριακή, και τη γεωμετρία των υλικών. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση των αποσυναρμολογημένων στοιχείων εξαρτάται από το μέγεθος και είδος της βλάβης που προκλήθηκε από το συνδετικό στοιχείο.[51]

ii. Έμμεση σύνδεση- Indirect connections ή accessory connections:

Αφορά τον τρόπο ένωσης κατά τον οποίο τα υλικά και τα διάφορα στοιχεία ενώνονται έμμεσα μέσα από κάποιο τρίτο στοιχείο, παραμένοντας ταυτόχρονα ανεξάρτητα. Η ένωση έχει τη δυνατότητα να αποδεσμεύεται εύκολα από τα στοιχεία που καλείται να συνδέσει, ευνοώντας έτσι την ενδεχόμενη αναστρεψιμότητα και αποσυναρμολόγηση της κατασκευής.

Συναντούμε δύο τύπους αυτής της ένωσης: τις εσωτερικού τύπου (internal-type connections) και τις εξωτερικού τύπου (external-type connections). Στον πρώτο τύπο, κατά την υλοποίηση της ένωσης το τρίτο συνδετικό στοιχείο εφαρμόζεται πάνω στις προς ένωση επιφάνειες προκαλώντας μερική βλάβη σε αυτές. Παράδειγμα αποτελεί η σύνδεση με μπουλόνια ατσάλινων στοιχείων στα οποία πρέπει να διανοιχθούν οπές. Αντίθετα, στο δεύτερο τύπο ένωσης επιτυγχάνεται η επιθυμητή αντίσταση μέσω της δύναμης της τριβής χωρίς να διεισδύει το τρίτο κι ενοποιητικό στοιχείο στα άλλα, διατηρώντας την ακεραιότητά τους. Παράδειγμα αποτελεί ένας σφιγκτήρας. Ο τρόπος λειτουργίας αυτού του τύπου ένωσης μοιάζει με αυτή των κατασκευαστικών παιχνιδιών K'nex και Meccano (Αγγλία) ή αλλιώς Erector (ΗΠΑ). Αυτά περιέχουν μια περιορισμένη γκάμα στοιχείων τα οποία συνδέονται με αναστρέψιμο τρόπο βασισμένο στην τριβή, παρέχοντας αρκετή ευελιξία ώστε να προκύψουν αμέτρητες κατασκευές εύκολα και γρήγορα συναρμο-αποσυναρμολογούμενες.

[51] Silverstein, S. A., 2009, σελίδα 12

Ένα σύστημα που έχει κοινά γνωρίσματα και χαρακτηριστικά με τα κατασκευαστικά παιχνίδια Meccano είναι το σύστημα Quicon που διοχετεύθηκε στην αγορά το 2000 από το Steel Construction Institute της Αγγλίας. Πρόκειται για ένα σύστημα κατασκευής στο οποίο τα ατσάλινα στοιχεία φέρουν προ-ανοιγμένες οπές και προεγκατεστημένες υποδοχές, οι οποίες ασφαλίζουν στο κατάλληλα γεωμετρικά διαμορφωμένο συνδετικό στοιχείο και στερεώνονται με την εξωτερική χρήση μπουλονιού. Αυτό καθιστά τις ενώσεις αναστρέψιμες χωρίς την αλλοίωση του ατσάλινου στοιχείου επιτρέποντας την επανάχρησή του. Ωστόσο το σύστημα αυτό δεν βρήκε μεγάλη ανταπόκριση κι εφαρμογή στην αγορά, πιθανώς λόγω των περιορισμένων γεωμετρικών κτηριακών όγκων που προσφέρει η επίσης περιορισμένη γκάμα ατσάλινων φορέων.

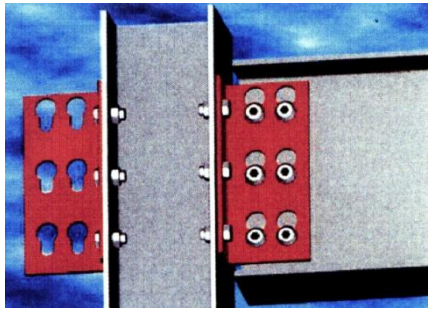
Ένας άλλος τύπος ένωσης της λογικής του K'nex έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία Lindapter, με σκοπό τη σύνδεση ατσάλινων φορέων και άλλων δομικών στοιχείων. Σε αυτόν συνδυάζονται οι ιδιότητες μιας συμβατικής σύνδεσης με μπουλόνια, με τον τρόπο εφαρμογής ενός σφιγκτήρα, αποφεύγοντας έτσι τη διείσδυση στη διατομή των φορέων. Έπειτα από 75 χρόνια ύπαρξης, η εταιρεία έχει εξελίξει σε μεγάλο βαθμό το σύστημα αυτό, ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί και να εφαρμοστεί σε διάφορες γεωμετρίες και πάχη διατομών, καθιστώντας το αρκετά πιο ευέλικτο. Ακόμη, διακρίνεται για τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου εργασίας και της χρήση χειροκίνητων εργαλείων για την αποπεράτωσή του, ενώ έχει ελεγχθεί και αναγνωριστεί για την ασφάλειά του από διάφορους οργανισμούς. Το σύστημα lindapter έχει εφαρμοστεί μέχρι σήμερα σε κτήρια διαφόρων χρήσεων και σε διαφορετικές τοποθεσίες όπου επικρατούν διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Μερικά παραδείγματα αποτελούν στάδια, όπως το Target field στη Μινεάπολη των ΗΠΑ, ένα από τα πιο "πράσινα" στάδια παγκοσμίως, εμπορικά κέντρα, οι ερευνητικοί σταθμοί Halley V Antarctic Research Centre και CERN, κ.ά. [52]

Β. Υγρές Ενώσεις:

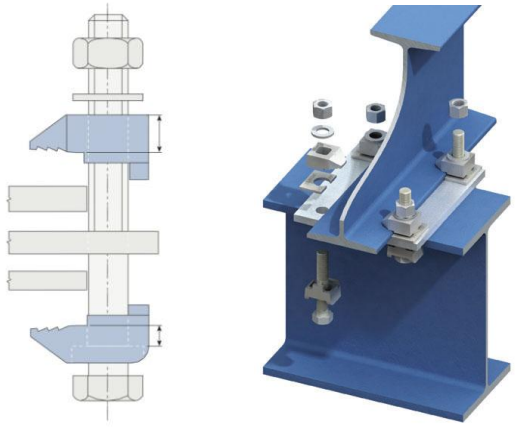
Ένωση με υλικά έγχυσης - Infilled connectors:

Αφορά την *ένωση στοιχείων στο εργοτάξιο του κτηρίου, με χημικά υλικά τα οποία είτε στεγνώνουν είτε παγώνουν, διαμορφώνοντας ένας στέρεο και στιβαρό δεσμό ανάμεσα στα στοιχεία στα οποία εφαρμόστηκε.*[53] Τέτοια υλικά είναι συνήθως κάποιο είδος κόλλας, συγκόλλησης, ρητίνης ή άλλων υλικών που έχουν αυτή την ιδιότητα όπως για παράδειγμα ένα κονίαμα (τσιμεντοκονίαμα, ασβεστοκονίαμα κ.ά.)

Εικόνα 64 Παιδικό κατασκευαστικό παιχνίδι Erector

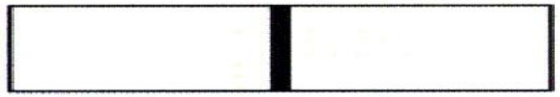


Εικόνα 65 Σύστημα σύνδεσης ατσάλινων φορέων Quicon



Εικόνα 66 Σύστημα σύνδεσης ατσάλινων φορέων και δομικών στοιχείων της εταιρείας Lindapter

[52] Lindapter, http://www.lindapter.com/About
[53] Silverstein, S. A., 2009, σελίδα 11



Εικόνα 67 Ένωση με υλικά έγχυσης

Εικόνα 68 Συγκόλληση μεταλλικών στοιχείων

Εικόνα 69 Συμβατική μέθοδος τοποθέτησης πλακιδίων

Αυτός ο τύπος ένωσης είναι πολύ δύσκολος ως αδύνατος να αντιστραφεί, εκτός αν το ενοποιητικό υλικό είναι "μαλακό", όπως το ασβεστοκονίαμα, και συνεπώς πρέπει να αποφεύγεται.[54]

Πίνακας πλεονεκτημάτων μειονεκτημάτων μεταξύ των ειδών σύνδεσης:[55]

ΤΥΠΟΣ ΕΝΩΣΗΣ		ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ (+)	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ (-)
ΥΓΡΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	Ένωση με υλικά έγχυσης	Κονίαμα	Δυνατότητα επίτευξης διάφορων διαβαθμίσεων αντοχής	-Όσο πιο μεγάλη η αντοχή του κονιάματος, τόσο πιο δύσκολη η αναίρεση της ένωσης -Δύσκολη αποσυναρμολόγηση κι επανάχρηση
		Ρητίνη	Δυνατή και αποδοτική ένωση στοιχείων	-Αδύνατη η αποσυναρμολόγηση της ένωσης -Αδυναμία ανακύκλωσης ή επανάχρησης της ρητίνης
		Κόλλα	Δυνατότητα επιλογής της διαβάθμισης αντοχής ανάλογα με τη χρήση	-Αδύνατη η αποσυναρμολόγηση της ένωσης και η επανάχρηση ή ανακύκλωσή της
		Συγκόλληση	Ισχυρή ένωση στοιχείων	-δύσκολη αποσυναρμολόγηση -απαιτείται επεξεργασία πριν την επανάχρηση
		Ύλωση	Ταχύτητα κατασκευής	-Δύσκολα αφαιρείται χωρίς την καταστροφή μέρους του συνδεόμενου στοιχείου
ΞΗΡΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	Άμεση σύνδεση	Καρφιά	Οικονομική και γρήγορη κατασκευή	-Δύσκολη η αναίρεση της ένωσης -Η αφαίρεση καρφιού συνεπάγεται τη μερική φθορά των συνδεόμενων στοιχείων
		Βίδες	Εύκολα αφαιρούμενες	-Πεπερασμένη δυνατότητα για επανάχρηση τόσο της βίδας όσο και της τρύπας των συνδεόμενων στοιχείων
		Μπουλόνια	-Ανθεκτικά -Μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αρκετές φορές	-Απαιτείται ακρίβεια στη διάνοιξη των οπών
	Έμμεση σύνδεση	Σύνδεση μέσω τριβής	Διατηρεί ακέραια τα προς σύνδεση στοιχεία μετά την αποσυναρμολόγηση	-Σχετικά μη ανεπτυγμένος τομέας, με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένες οι διαθέσιμες επιλογές και οι δυνατότητές τους

[54] Morgan, C., Stevenson, F., 2005, σελίδα 26
[55] Guy, B. and Ciarimboli, 2008, σελίδα 21,

Β.4.β. ΥΛΙΚΑ

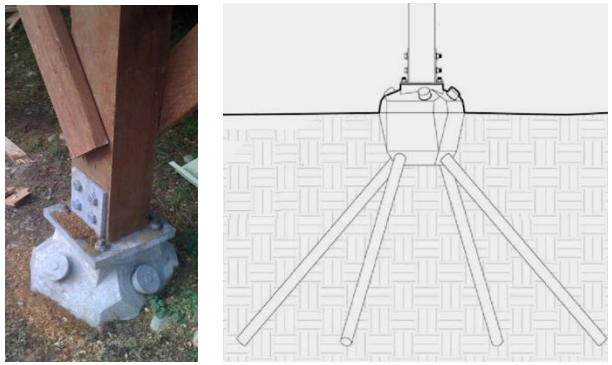
Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, τα διάφορα στοιχεία και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κάθε ενότητα καθορίζουν και τις πιθανές επιλογές για το είδος του συνδέσμου που θα χρησιμοποιηθεί. Θα εξετάσουμε λοιπόν τα βασικότερα στοιχεία και υλικά της κάθε μίας από τις έξι ενότητες – 6 S's, τα οποία ενδείκνυνται για το σχεδιασμό με σκοπό την αποσυναρμολόγηση, ώστε να υποστηρίζουν με τις ιδιότητές τους και να επιτρέπουν με τον τρόπο ένωσής τους την αποσυναρμολόγηση, επανάχρηση και ανακύκλωσή τους.

1. Οικόπεδο - Site

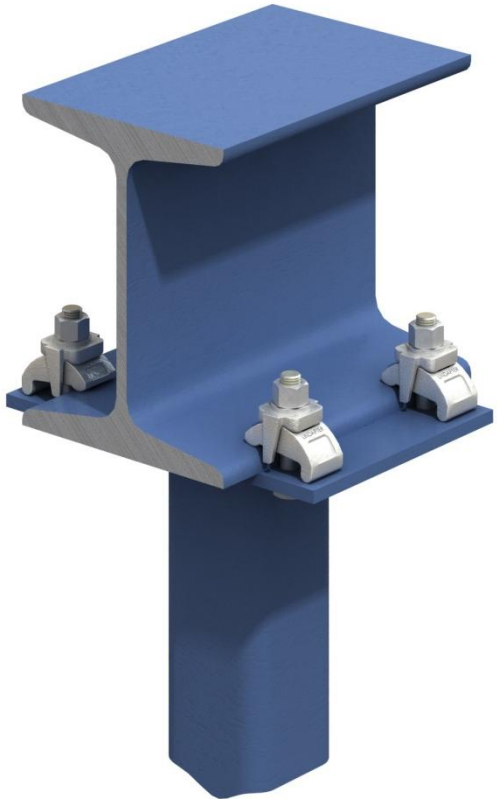
Με δεδομένο ότι ένα οικόπεδο έχει απεριόριστο χρόνο ζωής, κάποια στιγμή, ίσως και ύστερα από εκατοντάδες χρόνια, το κτήριο που βρίσκεται σε αυτό θα απομακρυνθεί. Συνεπώς, είναι σημαντικό οι θεμελιώσεις του να αφήσουν το ελάχιστο δυνατό αποτύπωμα στο έδαφος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε ελαχιστοποιώντας τις απαιτήσεις σε βάθος και διαστάσεις των θεμελιώσεων είτε από το είδος αυτών, ανάλογα πάντα με το είδος κατασκευής και μέγεθος του κτηρίου, την ποιότητα του εδάφους, κ.ά. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η (Low Impact Foundation Technology-L.I.F.T.) *θεμελίωση με χρήση ατσάλινων σωλήνων για την στερέωση των πεδίλων ή των τοιχίων,* […] τα οποία *αφαιρούνται πιο αναίμακτα και εύκολα σε σύγκριση με το συμβατικό σύστημα θεμελίωσης.*[56]

2. Φ.Ο. - Structure

Ο φέροντας οργανισμός ενός κτηρίου αποτελεί το στοιχείο με το μεγαλύτερο χρόνο ζωής και ταυτόχρονα με τη μικρότερη ευελιξία σε σχέση με τα υπόλοιπα. Συνεπώς θα πρέπει να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ανθεκτικότητά του στο χρόνο αλλά και η απομόνωσή του από τις υπόλοιπες διαστρωματώσεις. Επιπλέον είναι σημαντικό να είναι απλός ως προς την οργάνωσή του και να έχει τις κατάλληλες διαστάσεις, ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την ενδεχόμενη αλλαγή των απαιτήσεων στο πλαίσιο της ίδιας ή και διαφορετικής με την αρχική του χρήση. Τέλος, δεδομένου ότι ο Φ.Ο. αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού όγκου των υλικών που απαρτίζουν ένα κτήριο, θα πρέπει να προνοήσουμε ώστε αυτός να μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί ή ανακυκλωθεί μετά το πέρας της ζωής ενός κτηρίου. Κάποια από τα πιο διαδεδομένα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή Φ.Ο. με σκοπό την αποσυναρμολόγηση είναι:



Εικόνα 70 Θεμελίωση με βοηθητικούς πασσάλους και το σύστημα LIFT



Εικόνα 71 Σύνδεση ατσάλινων φορέων με το σύστημα της εταιρείας Lindapter

[56] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 39

Εικόνα 72 Cellophane House, 2008, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ

Εικόνα 73 Σύνδεση φορέων αλουμινίου, Cellophane House, 2008, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ

Ατσάλι:

Ο ατσάλινος Φ.Ο. αποτελεί ιδανικό παράδειγμα για το σχεδιασμό με σκοπό την αποσυναρμολόγηση, καθώς έχει τη δυνατότητα να *μπορεί να επαναχρησιμοποιείται*[20] και *να ανακυκλώνεται πολλές φορές χωρίς να υποβαθμίζεται σε ποιότητα ή να χάνει τις ιδιότητες και την αντοχή του*[57]. Ωστόσο, πριν επαναχρησιμοποιηθεί, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια σειρά αξιολογήσεων, ώστε να καθοριστούν η ποιότητα, η αντοχή, η σύσταση και οι ιδιότητές του. Επιπρόσθετα, πρέπει να υποβληθεί σε ειδική επεξεργασία, η οποία εξαρτάται από την προηγούμενη χρήση και τρόπο σύνδεσής του, και αφορά για παράδειγμα τις υπάρχουσες οπές από μπουλόνια, το εναπομείναν συνδετικό υλικό από συγκολλήσεις, καθώς και την εφαρμοσμένη σε αυτό μπογιά.[58] Σήμερα επαναχρησιμοποιείται παγκοσμίως μόλις το 11% των ατσάλινων φερόντων στοιχείων, τη στιγμή που το 87% ανακυκλώνεται.[59] Αυτό οφείλεται μάλλον στην επιλογή μη κατάλληλης για αποσυναρμολόγηση σύνδεσης, καθώς και στην έλλειψη ενός συστήματος αξιολόγησης ανακτημένων στοιχείων. Οι συνδέσεις που μπορούν να εφαρμοστούν, επιτρέποντας την ενδεχόμενη αποσυναρμολόγηση ενός ατσάλινου φορέα είναι τα μπουλόνια που εφαρμόζονται σε προανοιγμένες οπές και οι ενώσεις τριβής, όπως αυτές της εταιρείας Lindapter που προαναφέρθηκαν, οι οποίες δεν διεισδύουν στο υλικό.

Αλουμίνιο:

Η χρήση του αλουμινίου στον οικοδομικό τομέα βρίσκεται υπό ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και αποτελεί ένα εξίσου ιδανικό υλικό για αποσυναρμολόγηση με το ατσάλι. Πρόκειται για ένα ανθεκτικό υλικό, με μεγάλη διάρκεια ζωής, και εξαιρετική δυνατότητα να ανακυκλώνεται, καθώς ένα νέο στοιχείο μπορεί να παραχθεί μέχρι και από 75% ανακυκλωμένο αλουμίνιο. Επιπλέον, συνοδεύεται ήδη στην αγορά από μια πλούσια γκάμα συνδέσεων με μπουλόνια, οι οποίες επιτρέπουν την ακέραια αποσυναρμολόγησή του. Τέλος, αποτελεί ένα ελαφρύ υλικό, καθώς *ζυγίζει 35 - 80% λιγότερο από το ατσάλι ενώ προσφέρει αντίστοιχη με αυτό αντοχή*.[60] Έτσι επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων ενιαίων χώρων, διευκολύνεται η τοποθέτησή του, ενώ παράλληλα μειώνονται τα κόστη απαιτούμενων υλικών για την παρασκευή του και το κόστος μεταφοράς του στο εργοτάξιο.

[57] Winters-Downet,E., 2001, σελίδα 64
[58] Winters-Downet,E., 2001, σελίδα 66
[59] Kara, H., Georgoulias, A., 2012, σελίδα 123
[60] Allen Novak, C., http://continuingeducation.construction.com/crs.php?L=298&C=890

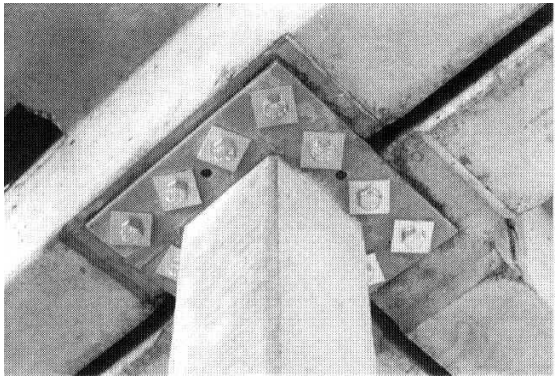
Ξύλο:

Το ξύλο αποτελεί ένα υλικό επίσης ικανό για επανάχρηση ύστερα από την αποσυναρμολόγησή του από την κατασκευή. Πρόκειται για ένα φυσικό υλικό με εξαιρετική αντοχή, που είναι πιο ελαφρύ σε σχέση με άλλα υλικά που επιστρατεύονται για το σχηματισμό του Φ.Ο. όπως το ατσάλι. Το μικρό του βάρος επιτρέπει την κατασκευή μικρότερων θεμελιώσεων, συμβάλλοντας έτσι στην ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτηρίου. Επιπλέον είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον, αφού απαιτεί λιγότερη ενέργεια και συνεπάγεται μικρότερη έκλυση ρύπων για την παρασκευή του σε σχέση με άλλα υλικά. Ταυτόχρονα, αποτελεί μια αποθήκη μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, καθώς και μια ανανεώσιμη πρώτη ύλη εφόσον προέρχεται από ελεγχόμενα και οικολογικά δάση καλλιέργειας δέντρων. Οι τρόποι ένωσης ενός ξύλινου Φ.Ο. ποικίλουν. Παράδειγμα αποτελούν οι ξυλοδεσιές, οι οποίες λειτουργούν με την αλληλοσυμπληρούμενη γεωμετρία της άκρης των ξύλινων διατομών με τις κατάλληλες εσοχές, εξοχές, φάλτσα, κλπ. Ωστόσο αυτός ο τρόπος σύνδεσης εξασθενεί τη διατομή στα διαμορφωμένα άκρα, ενώ ταυτόχρονα ο σχηματισμός της αποτελεί μια δύσκολη και δαπανηρή διαδικασία. Άλλοι τρόποι σύνδεσης που επιτρέπουν την αποσυναρμολόγηση είναι τα μεταλλικά παρεμβλήματα-οδοντωτά κυκλικά ελάσματα και δακτύλιοι, οι μεταλλικές προσαρμογές, οι μεταλλικοί σφιγκτήρες, κ.ά.[61], με προτιμότερη τη χρήση μπουλονιών όπου οι οπές είναι κατά ένα χιλιοστό μεγαλύτερες ώστε να επιτρέπουν την εύκολη αποσυναρμολόγησή τους.

Σκυρόδεμα:

Το σκυρόδεμα μετά την ανακύκλωσή του έχει υποβαθμισμένες ιδιότητες και αξία. Επιπλέον, αν και αποτελεί διαδεδομένο υλικό στην κατασκευή Φ.Ο. των κτηρίων, είναι δύσκολα επαναχρησιμοποιήσιμο, καθώς το συναντούμε κυρίως υπό μορφή οπλισμένου σκυροδέματος, το οποίο εγχέεται και καλουπώνεται επιτόπου στο οικόπεδο, δημιουργώντας ένα μονολιθικό σκελετό. Ακόμη και στην περίπτωση όπου χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία, αυτά συνδέονται στο εργοτάξιο με υγρές ενώσεις όπως το τσιμέντο, καθιστώντας δύσκολη ή και αδύνατη την αποσυναρμολόγησή τους. Προκειμένου λοιπόν, να μπορούν να αποσυναρμολογούνται προκατασκευασμένα φέροντα στοιχεία θα πρέπει να αναπτυχθεί ο τομέας της εφαρμογής ξηρών ενώσεων για τη σύνδεσή τους. Παράδειγμα αποτελεί το σύστημα Mxb-5 το οποίο αναπτύχθηκε στην Ολλανδία με σκοπό την αποσυναρμολόγηση. Σε αυτό, *οι κολώνες έχουν στις άκρες ατσάλινες βάσεις, ενώ οι πλάκες έχουν ενσωματωμένους δακτυλίους αγκύρωσης και ενώνονται μεταξύ τους με μπουλόνια*.[62] Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση των ατσάλινων φορέων *δεν υπάρχει κάποιο*

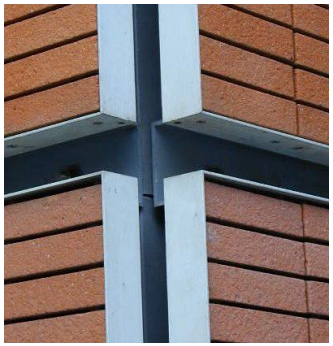
Εικόνα 74 Σύνδεση ξύλινων φορέων με ξυλοδεσιές



Εικόνα 75 Σύστημα δόμησης Mxb-5, Ολλανδία

[61] Καλογεράς, Ν., Κιρπότιν, Χ., Μακρής, Γ., Παπαϊωάννου, Ι., Ραυτόπουλος, Σ., Τζίτζας, Μ., Τουλιάτος, Π., 1999, σελίδα 206
[62] CIB Report, 2000, σελίδα 104

Εικόνα 76 Σύστημα διαμόρφωσης όψης του IRCAM, Renzo Piano



Εικόνα 77 Τμήμα όψης του IRCAM

Εικόνα 78 IRCAM, Renzo Piano

Εικόνα 79 Σύστημα διαμόρφωσης όψης κτηρίου με κεραμικά πλακίδια

οργανωμένο σύστημα αξιολόγησης των ανακτημένων μελών, παρά μόνο κάποια μεμονωμένα είδη ελέγχου της αντοχής και της ποιότητας του οπλισμένου σκυροδέματος.[63] Τέλος, το σκυρόδεμα μπορεί να επιστρατευτεί για τα φέροντα στοιχεία ενός κτηρίου και με τη μορφή τσιμεντόλιθων. Προκειμένου αυτοί να είναι αποσυναρμολογούμενοι θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους αποκλειστικά με ξηρές ενώσεις όπως είδαμε παραπάνω.

3. Επιδερμίδα-Skin

Η επιδερμίδα ενός κτηρίου περιλαμβάνει την οροφή, το δάπεδο και τους τοίχους-κατακόρυφες επιφάνειες που συμπληρώνουν το φέροντα οργανισμό του, δημιουργώντας τα όρια του εσωτερικού χώρου από το εξωτερικό περιβάλλον.

Ένας τοίχος - κατακόρυφη επιφάνεια αποτελείται από την εξωτερική κι εσωτερική επικάλυψή του, τα δομικά στοιχεία πάνω στα οποία στερεώνονται οι επικαλύψεις, τη μόνωση η οποία παρεμβάλλεται ανάμεσά τους και τα κουφώματα. Όλα τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να είναι και αυτά ανεξάρτητα μεταξύ τους. Ας δούμε λοιπόν, τα βασικά υλικά και συστήματα που μπορούν να επιστρατευθούν με σκοπό την αποσυναρμολόγηση.

> Η τοιχοποιία από τούβλα τοποθετημένα με 'μαλακό' συνδετικό υλικό όπως το ασβεστοκονίαμα, μπορεί να αποσυναρμολογηθεί σχετικά εύκολα σε σύγκριση με άλλα κονιάματα, καθώς δεν αναπτύσσονται ισχυροί δεσμοί ένωσης. Ωστόσο, αυτή η ιδιότητα οδηγεί σε μεγαλύτερο απαιτούμενο χρόνο προκειμένου η τοιχοποιία να αποκτήσει την τελική της αντοχή, η οποία είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που προσφέρει το τσιμεντοκονίαμα, που χρησιμοποιείται κυρίως σήμερα.[64]
>
> Επιπλέον, ένας τοίχος μπορεί να δομηθεί με μη φέροντα σκελετό από μέταλλο ή ξύλο ως βάση, αντί για τούβλα. Αυτός έχει λιγότερο βάρος, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργήσει με ενώσεις ξηρού τύπου επιτρέποντας την ενδεχόμενη αποσυναρμολόγησή του.
>
> Σε ότι αφορά τις επικαλύψεις, δηλαδή την τελική επιφάνεια των τοίχων ενός κτηρίου, υπάρχουν πολλά υλικά, σε διαφορετικές μορφές, τα οποία *στηρίζονται σε ειδικές αγκυρώσεις, σε μεταλλικό ή ξύλινο σκελετό*[65]-υπόστρωμα. Τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι το φυσικό ή

[63] CIB Report, 2001, σελίδα 118
[64] Yates, T., Ferguson, A.,2008, σελίδα 3-6,
[65] Καλογεράς, Ν., Κιρπότιν, Χ., Μακρής, Γ., Παπαϊωάννου, Ι., Ραυτόπουλος, Σ., Τζίτζας, Μ., Τουλιάτος, Π., 1999, σελίδα 94

το συνθετικό ξύλο, τα μέταλλα, το μπετόν, η πέτρα, τα τούβλα, το γυαλί, κ.ά. Αυτά, τα συναντούμε σε μορφή από λωρίδες, πλακάκια ή μεγάλες επιφάνειες και πανέλα διαφόρων διαστάσεων, επίπεδης, ή και κυματοειδούς επιφάνειας. Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησής τους καθορίζεται και η ευκολία αποσυναρμολόγησής τους. Έτσι, η διαδοχική τοποθέτηση αλληλεπικαλυπτόμενων στοιχείων συνήθως κατά τον κατακόρυφο άξονα, επιβραδύνει και συνεπώς δυσχεραίνει τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης σε αντίθεση με την παράλληλη τοποθέτηση εντελώς ανεξάρτητων μεταξύ τους στοιχείων. Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η απομάκρυνση της επένδυσης δυσκολεύεται περεταίρω, καθώς απαιτείται η επιπλέον στερέωση των στοιχείων με βίδες.[66,67]

Η τελική επιφάνεια ενός δαπέδου, πρέπει να είναι και αυτή εύκολα αφαιρούμενη. Οποιοδήποτε στοιχείο και αν χρησιμοποιηθεί λοιπόν για την τελική διαμόρφωσή της θα πρέπει να τοποθετείται με ξηρές ενώσεις οι οποίες διατηρούν την ακεραιότητά του μετά την αποσυναρμολόγηση. Έτσι συναντούμε ανάμεσα στις πολλές λύσεις, τα υπερυψωμένα δάπεδα, όπου τα στοιχεία της τελικής επιφάνειας του δαπέδου 'κουμπώνουν' σε έναν ειδικά διαμορφωμένο σκελετό ο οποίος είναι συνήθως μεταλλικός. Παρόμοιας λογικής είναι το ξύλινο πάτωμα, στο οποίο ωστόσο, προκειμένου να διατηρηθούν ακέραιες οι ξύλινες λωρίδες θα πρέπει να καρφωθούν στα καδρόνια του υποστρώματος μέσα από μεταλλικούς συνδέσμους. Τέλος, αναπτύσσονται επιπλέον συστήματα τα οποία υιοθετούν τον τρόπο στερέωσης ενός υπερυψωμένου δαπέδου, όπως τα πλωτά δάπεδα και αυτά τα οποία κουμπώνουν μεταξύ τους, κλειδώνοντας στη σωστή θέση χάρη στη γεωμετρία και τις εγκοπές τους.

Ομοίως, η οροφή πρέπει να απαρτίζεται και αυτή από εύκολα αποσυναρμολογούμενο σκελετό και αποσπώμενα τμήματα επικάλυψής της. Πιο συγκεκριμένα, σε ότι αφορά την εσωτερική της τελική επιφάνεια, έχουν αναπτυχθεί συστήματα αναρτημένης ή κουμπωτής οροφής με πανέλα διαφόρων διαστάσεων και υλικοτήτων τα οποία τοποθετούνται εν ξηρώ. Παράδειγμα αποτελεί το σύστημα οροφής της εταιρείας Bensonwood Homes το οποίο βασίζεται στην εύκολη αποσυναρμολόγηση των πλακιδίων οροφής για την επισκεψιμότητα των εμπεριεχόμενων τεχνολογικών εγκαταστάσεων. Αντίθετα, στην εξωτερική επιφάνεια, χρησιμοποιούνται πανέλα, πλακίδια ή κεραμίδια, τα οποία τοποθετούνται με διαδοχική και αλληλεπικαλυπτόμενη μέθοδο, ενώ στερεώνονται με βίδες.

Εικόνα 80 Σύστημα υπερυψωμένου δαπέδου

Εικόνα 81 Αποσυναρμολογούμενο σύστημα οροφής της Bensonwood Homes

[66] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 44-45
[67] Gibson, C., http://www.homeimprovementpages.com.au/article/Types_of_Cladding

Εικόνα 82 Κέντρο Pompidou, Richard Rogers-Renzo Piano, Παρίσι

Εικόνα 83 Κτήριο ασφαλιστικής εταιρείας Lloyd's, Richard Rogers, Λονδίνο

4. *Βοηθητικές/Τεχνολογικές εγκαταστάσεις* - Services

Όπως και οι υπόλοιπες ενότητες ενός κτηρίου, έτσι και η ενότητα των Services-Βοηθητικών/Τεχνολογικών εγκαταστάσεων πρέπει να διατηρεί το χαρακτηριστικό της ανεξαρτησίας και αυτονομίας, τόσο ως προς τις άλλες ενότητες όσο και στο εσωτερικό αυτής, στις περιεχόμενες υπο-ενότητες. Σκοπός είναι να διευκολυνθεί η πρόσβαση σε αυτές, για τον έλεγχο, αντικατάσταση ή εκσυγχρονισμό τους. Οι εγκαταστάσεις, αφορούν τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις αερισμού-θέρμανσης-ψύξης, τις εγκαταστάσεις ρεύματος, νερού, κ.ά. Ας δούμε λοιπόν μερικούς από τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να διατηρηθεί η αυτονομία των εγκαταστάσεων σε ένα κτήριο:

Διαχωρισμός και ζωνοποίηση των εγκαταστάσεων

- Ορατές εγκαταστάσεις- "εντός ή εκτός κτηρίου"

Η αποκάλυψη των εγκαταστάσεων και η ομαδοποίησή τους σε ζώνες διαχωρισμένες από το υπόλοιπο κτήριο τις καθιστά άμεσα προσβάσιμες, διευκολύνοντας έτσι την επισκευή ή αντικατάστασή τους. Ταυτόχρονα, παρέχονται τα περιθώρια για την ενδεχόμενη μελλοντική τους αναβάθμιση καθώς δεν υπάρχουν οι περιορισμοί του διαθέσιμου χώρου από την υπόλοιπη κατασκευή του κτηρίου. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η λογική αυτή μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερης μορφής αρχιτεκτονική, όπου χάνονται τα όρια μεταξύ μορφής και λειτουργίας, με τις τεχνολογικές εγκαταστάσεις να συμμετέχουν ακόμη και στη διαμόρφωση των όψεων όταν αυτές τοποθετούνται στο εξωτερικό μέρος του κτηρίου.

Παραδείγματα παρόμοιου τύπου αρχιτεκτονικής αποτελούν το Κέντρο Pompidou στο Παρίσι, του Richard Rogers με τον Renzo Piano, που ολοκληρώθηκε το 1977 και το κτήριο της ασφαλιστικής εταιρείας Lloyd's, στο City του Λονδίνου, πάλι από τον Richard Rogers, που ολοκληρώθηκε το 1986 . Οι αρχιτέκτονες δεν είχαν πρόθεση να δημιουργήσουν ένα αποσυναρμολογούμενο κτήριο. Αντίθετα, στόχευαν στην αληθοφάνεια του κτιρίου ως προς τον τρόπο κατασκευής και τον τρόπο λειτουργίας του για τη δημιουργία ενός high-tech κτηρίου. Πέρα από τον εμφανή Φ.Ο. τους, προβάλλονται όλες οι σωληνώσεις και εγκαταστάσεις, διαμορφώνοντας τις όψεις. Στο κέντρο Pompidou μάλιστα, ο τρόπος λειτουργίας του κτιρίου τονίζεται ακόμη περισσότερο, με το χρωματισμό των διαφόρων σωλήνων που το περιβάλλουν ανάλογα με το σύστημα που εξυπηρετούν.

- Μη ορατές εγκαταστάσεις- "εντός κτηρίου"

Η οργάνωση των εγκαταστάσεων πρέπει να γίνεται σε ζώνες οι οποίες δεν συμπίπτουν με το Φ.Ο. και τα άλλα συστήματα του κτηρίου. Αυτό μειώνει την περιπλοκότητα της κατασκευής του κτηρίου και επιτρέπει

την παράλληλη τοποθέτηση των εγκαταστάσεων σε αντίθεση με τη γραμμική διαδικασία που ακολουθείται σήμερα. Κατ' επέκταση, η ολοκλήρωση της ανέγερσης του κτηρίου επιταχύνεται, ενώ η μελλοντική επισκευή, αντικατάσταση ή αναβάθμιση των τεχνολογικών συστημάτων διευκολύνεται.

Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι ο τοίχος-πυρήνας μηχανολογικών εγκαταστάσεων-mechanical core wall, στον οποίο είναι ομαδοποιημένες όλες οι απαραίτητες εγκαταστάσεις αερισμού-θέρμανσης-ψύξης (HVAC), αποχέτευσης, ύδρευσης, ρεύματος, κλπ. Ο τοίχος αυτός προ-συναρμολογείται εκτός εργοταξίου, ενώ η τελική του επιφάνεια είναι αποσπώμενη για εύκολη πρόσβαση στις εγκαταστάσεις. [68]

Κανάλια εγκαταστάσεως καλωδίων

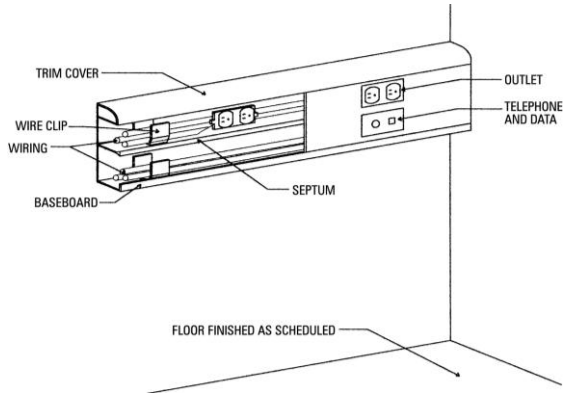
Η εφαρμογή των καναλιών εγκαταστάσεως καλωδίων αφορούν τις εγκαταστάσεις ρεύματος και επικοινωνίας. Πρόκειται για την οργανωμένη διέλευση των διαφόρων καλωδίων πάνω από την τελική επιφάνεια ενός τοίχου, δαπέδου, ή με ανάρτηση κάτω από την οροφή σε κατάλληλα διαμορφωμένα "κανάλια". Τα καλώδια μετά την τοποθέτησή τους καλύπτονται με εύκολα αποσπώμενα στοιχεία, τα οποία επιτρέπουν την αβίαστη και γρήγορη πρόσβαση στις εγκαταστάσεις.

Σύστημα εγκαταστάσεων Plug and play

Το σύστημα "plug and play" στοχεύει στην απόλυτη ευελιξία των τεχνολογικών εγκαταστάσεων επιφέροντας χωρική και χρηστική ευελιξία στο κτήριο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μεθόδων συνδεσιμότητας για εναλλαγή ή επέκταση των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης, νερού, ρεύματος, κλπ. ανάλογα με τις απαιτήσεις. Το σύστημα αυτό διασφαλίζει τη δυνατότητα να συνδέεται μια μονάδα σε οποιοδήποτε μέρος του υπάρχοντος βασικού δικτύου καθώς και τη δυνατότητα επέκτασής του, χωρίς να απαιτείται η αλλαγή όλου του δικτύου.[69]

Παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος plug and play είναι η κατοικία Tripod-Plug and Play housing system, με την οποία το πανεπιστήμιο Carnegie Mellon συμμετείχε στη διοργάνωση του Solar Decathlon to 2007, και διακρίθηκε το 2008 στον ετήσιο διαγωνισμό πράσινης δόμησης: Lifecycle Building Challenge. Η κεντρική ιδέα του κτηρίου περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός πυρήνα όπου περιέχονται οι πιο απαιτητικοί σε εγκαταστάσεις χώροι, όπως το μπάνιο και η κουζίνα. Γύρω από αυτόν τοποθετούνται ελεύθερα οι υπόλοιποι χώροι, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της οικογένειας. Στον πυρήνα υπάρχουν οι

Εικόνα 84 Προκατασκευασμένος τοίχος-πυρήνας μηχανολογικών εγκαταστάσεων, της Bensonwood Homes

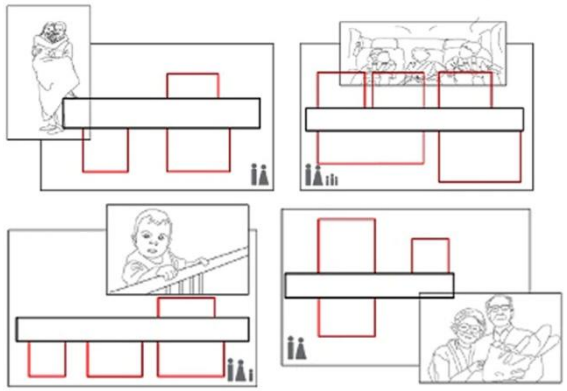


Εικόνα 85 Κανάλι εγκαταστάσεως καλωδίων σε τοίχο

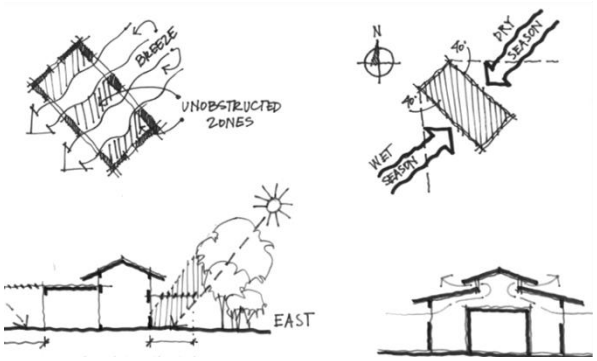
Εικόνα 86 Κανάλι καλωδίων σε πάτωμα

Εικόνα 87 Κανάλι εγκαταστάσεως καλωδίων σε τοίχο

[68] Dey, A., 2006, σελίδα 59
[69] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2008, σελίδα 46



Εικόνα 88 Tripod- Plug and Play housing system, 2007, ομάδα Solar Decathlon του πανεπιστημίου Carnegie Mellon



Εικόνα 89 Στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού

κατάλληλες υποδοχές και οργάνωση των δικτύων ώστε τα δωμάτια που τοποθετούνται ή απομακρύνονται από αυτόν να μπορούν να συνδεθούν ή αποσυνδεθούν από το βασικό δίκτυο.[70]

<u>Παθητική λειτουργία κτηρίου μέσα από το βιοκλιματικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του</u>

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έγκειται κυρίως στη δυνατότητα του κτηρίου να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα τους χειμερινούς μήνες και να ψύχεται μέσω του φυσικού αερισμού τους θερινούς μήνες.[71] Σκοπός του είναι η δημιουργία συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου χωρίς την επιστράτευση τεχνολογικών μέσων. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλληλη επιλογή της θέσης του κτηρίου στο οικόπεδο και του προσανατολισμού του για βέλτιστο ηλιασμό-σκίαση, του μεγέθους και της θέσης των ανοιγμάτων του για βέλτιστο αερισμό, της σωστής γεωμετρίας και μορφής του ώστε να αποφεύγονται απώλειες ή υπεραποθήκευση θερμότητας, κ.ά.[72] Με αυτόν τον τρόπο, ελαχιστοποιούνται και απλοποιούνται οι απαιτούμενες βοηθητικές εγκαταστάσεις λειτουργίας του κτηρίου τις οποίες καλούμαστε να διαχειριστούμε.

5. Διαμόρφωση χώρων - Space plan

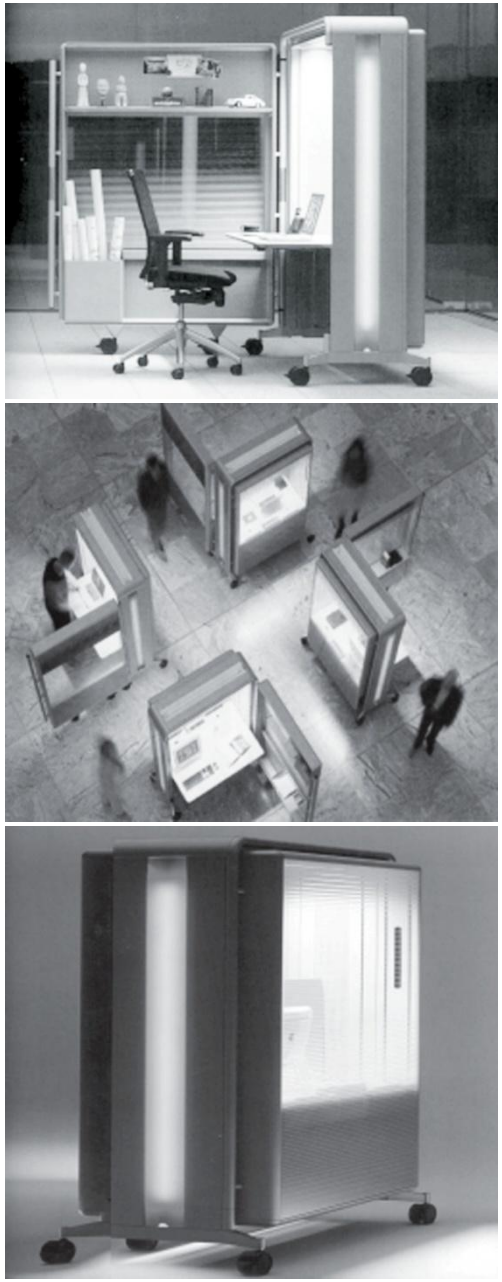
Η χωρική διάταξη ενός κτηρίου παίζει σημαντικό ρόλο στη δυνατότητά του να ανταποκρίνεται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες χωρικές απαιτήσεις γραφείων, κατοικίας, κλπ. Συνεπώς επιδιώκουμε όσο γίνεται πιο ελεύθερες κατόψεις, στις οποίες τα εσωτερικά χωρίσματα θα είναι είτε εύκολα αποσπώμενα, είτε τελείως ανεξάρτητα, δηλαδή κινητά. Τέτοια συστήματα εφαρμόζονται συνήθως σε κτήρια γραφείων, με ακραίο παράδειγμα, το σύστημα κινητών χωρισμάτων γραφείου που εμπεριέχουν ενσωματωμένη την επιφάνεια εργασίας και τους απαραίτητους χώρους αποθήκευσης, που συναντούμε το 2000 στη Γερμανία.

6. Έπιπλα κι εξοπλισμός - Stuff

Τέλος, τα έπιπλα και ο εξοπλισμός ενός κτηρίου δεδομένου ότι είναι τα στοιχεία με το μικρότερο χρόνο ζωής σε αυτό, απαιτείται να είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να είναι ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες διαστρωματώσεις, για να μπορούν να αποσυναρμολογηθούν εύκολα. Ο εξοπλισμός διαχωρίζεται σε επιμέρους είδη, τον κινητό και τον σταθερό. Ο κινητός αφορά τα έπιπλα όπως τραπέζια, καρέκλες, κλπ. τα οποία δεν θα μας απασχολήσουν στο πλαίσιο της εργασίας αφού δεν ενώνονται με οποιοδήποτε στοιχείο της κατασκευής του κτηρίου. Αντίθετα, ο σταθερός εξοπλισμός αφορά τους αποθηκευτικούς χώρους όπως

[70] Carnegie Mellon University, http://www.cmu.edu/homepage/practical/2007/spring/solar-decathlon-2007.shtml
[71] Ανδρεαδάκη, Ε., 2007, σελίδα 65
[72] Ανδρεαδάκη, Ε., 2007, σελίδα 65-105

ντουλάπια, ράφια, κλπ. Αυτά πρέπει να είναι εύκολα αποσπώμενα από τα υπόλοιπο κτήριο- από τον τοίχο, πάτωμα και οροφή ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν ή επαναχρησιμοποιηθούν αλλού. Ταυτόχρονα και τα δυο είδη εξοπλισμού πρέπει να αποτελούνται από αποσυναρμολογούμενα και ανακυκλώσιμα υλικά προκειμένου να ενταχθούν και αυτά στο κλειστό κύκλωμα ροής υλικών.



Εικόνα 90 Σύστημα κινητών χωρισμάτων γραφείων, 2000, Γερμανία

Γ’ ΜΕΡΟΣ

Γ.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ

Εικόνα 91 Loblolly House, Stephen Kieran, Maryland, ΗΠΑ

Όπως προαναφέρθηκε, ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση αποτελεί μια νέα προσέγγιση στον τρόπο σύνθεσης και υλοποίησης ενός κτηρίου με οδηγό τη βιωσιμότητα. Αποτέλεσμα είναι, η εφαρμογή των αρχών του και τα υλοποιημένα παραδείγματα αποσυναρμολογούμενης αρχιτεκτονικής που αποσκοπούν στην επίτευξη ενός κλειστού κυκλώματος ροής υλικών και στην επέκταση της χρηστικής τους ζωής να είναι λίγα. Κάποια από αυτά είναι τα παρακάτω.

Γ.1.α. Loblolly House

Το Loblolly house, των Stephen Kieran και James Timberlake Associates, αποτελεί μια εξοχική κατοικία η οποία ανεγέρθη το 2006 σε ένα μικρό πευκόδασος στο Taylor's Island της Maryland, μπροστά στο Chesapeake Bay. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι σχεδιάστηκε εξ αρχής με σκοπό να αποσυναρμολογείται πλήρως στο πέρας της χρηστικής της ζωής, είτε για την επανασυναρμολόγησή της σε νέα τοποθεσία, είτε για την επανάχρηση των επιμέρους στοιχείων της σε άλλα κτήρια, είτε τέλος για την ανακύκλωσή τους. Επιπλέον, επιστρατεύτηκαν οι μέθοδοι και η υπάρχουσα τεχνολογία για ένα ευέλικτο σύστημα δόμησης καθώς και για την προκατασκευή και προσυναρμολόγηση εκτός εργοταξίου του 70% των στοιχείων που την απαρτίζουν. Αποτέλεσμα ήταν η ακρίβεια και η ποιότητα στην κατασκευή των στοιχείων, καθώς και η ελάττωση του απαιτούμενου χρόνου εργασίας στο οικόπεδο σε μόλις έξι εβδομάδες.

Οικόπεδο- Site:

Πρόθεση των αρχιτεκτόνων ήταν η όσο πιο ομαλή ένταξη της κατοικίας στο φυσικό περιβάλλον και η ενσωμάτωση φυσικών στοιχείων σε αυτή. Έτσι, λοιπόν, το κτήριο ανυψώθηκε από τη στάθμη του εδάφους ως δεντρόσπιτο και στηρίχθηκε πάνω σε κορμούς δέντρων αφήνοντας μικρό αποτύπωμα στο έδαφος του οικοπέδου. Παράλληλα, οι όψεις διαμορφώθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να φιλτράρουν το φως του ήλιου μέσα από το κτήριο, μιμούμενες το αντίστοιχο φαινόμενο που προκαλείται από τις συστοιχίες δέντρων του δάσους και των φυλλωμάτων τους.

Προκειμένου να επιτευχθεί η παράλληλη συναρμολόγηση αλλά και αποσυναρμολόγηση του κτηρίου, αυτό διαχωρίστηκε σε κάποιες αυτόνομες ενότητες, οι οποίες συναρμολογήθηκαν μεταξύ τους στο εργοτάξιο. Αυτές με τη σειρά τους διαχωρίστηκαν περαιτέρω, σε υποενότητες οι οποίες παρασκευάστηκαν και συναρμολογήθηκαν παράλληλα, εκτός εργοταξίου, διευκολύνοντας την ομαλή ροή υλικών τόσο κατά την ανέγερση όσο και κατά την απομάκρυνση του κτηρίου. Είναι αξιοσημείωτο, ότι για την ανέγερση του σκελετού του κτηρίου απαιτήθηκε η εργασία μόνο δύο ημερών, από τέσσερεις εργάτες. Έτσι λοιπόν, συναντούμε:

Εικόνα 92 Τμήμα όψης του Loblolly House εμπνευσμένο από τις φυλλωσιές των δέντρων του δάσους

Εικόνα 93 Ανύψωση του κτηρίου πάνω σε κορμούς δέντρων, ως ένα δεντρόσπιτο

Εικόνα 94 Συναρμολόγηση Φ.Ο.

Εικόνα 95 Λεπτομέρειες τρόπου συναρμολόγησης Φ.Ο.

Εικόνα 96 Συναρμολόγηση πατωμάτων με Φ.Ο.

Φ.Ο.- Structure

Ο Φ.Ο. αποτελείται από τα θεμέλια και τα υποστυλώματα που ανυψώνουν το κτήριο πάνω από το έδαφος, τη βάση και το σκελετό. Για τα πρώτα χρησιμοποιήθηκαν κορμοί δέντρων και αποτελούν το μοναδικό στοιχείο του κτηρίου το οποίο έπρεπε να προσαρμοστεί επί τόπου στο οικόπεδο, ανάλογα με την κλίση και τις ιδιαιτερότητες του εδάφους. Προτού προσαρτηθεί σε αυτά ο υπόλοιπος Φ.Ο., έπρεπε να ευθυγραμμιστεί το επίπεδο σύνδεσης με τη βάση του κτηρίου, κόβοντας το περίσσευμα των κορμών.

Η βάση του κτηρίου αποτελείται από συμπαγείς ξύλινες διατομές οι οποίες συνδέθηκαν με ατσάλινες μηχανικές ενώσεις. Σε αυτή, προσαρτήθηκε με κατάλληλες ξηρές ενώσεις ο σκελετός του κτηρίου, ο οποίος διαμορφώθηκε από αλουμίνιο. Τα στοιχεία αλουμινίου συνδέθηκαν με μπουλόνια, ενώ η κατασκευή ενισχύθηκε όπου ήταν απαραίτητο με ατσάλινες συνδέσεις για την ασφαλή παραλαβή των φορτίων και των αναπτυσσόμενων δυνάμεων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διατομή των φερόντων στοιχείων από αλουμίνιο αξιοποιήθηκε και διευκόλυνε την προσάρτηση του πατώματος και της οροφής μέσω μηχανικών και πάλι ενώσεων. Επιπλέον λειτούργησε και ως οδηγός για τη λειτουργία των συρόμενων ανοιγμάτων.

Επιδερμίδα - Skin

Η επιδερμίδα του κτηρίου περιλαμβάνει τα πατώματα, την οροφή και τους εξωτερικούς τοίχους. Τα πατώματα, προσυναρμολογήθηκαν εκτός εργοταξίου. Αποτελούνται από το φέροντα σκελετό τους με ξύλινες συμπαγείς διατομές, και από τις άνω και κάτω επιφάνειες από plywood. Η τελική πάνω επιφάνεια είναι από οικολογικό μπαμπού, ενώ η τελική κάτω επιφάνεια από πανέλα ξύλου. Η οροφή διαμορφώνεται με το ίδιο σύστημα, ωστόσο περιέχει ανάμεσα στο σκελετό της τη μόνωση και εξωτερικά επικαλύπτεται με μεμβράνη στεγάνωσης. Τέλος, μερικοί τοίχοι-αυτοί που περιβάλλουν τους υγρούς χώρους αποτελούνται ομοίως από ξύλινο σκελετό με ενσωματωμένα plywood στην εσωτερική τους επιφάνεια, ενώ οι υπόλοιποι όχι. Εξωτερικά, προσαρτήθηκαν στο σκελετό του αλουμινίου προκατασκευασμένα πανέλα σκυροδέματος με προσυναρμολογημένα και ενσωματωμένα κουφώματα. Ως τελική επικάλυψη των παραπάνω τοποθετήθηκαν ξύλινες λωρίδες πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένες ράγες.

Τεχνολογικές εγκαταστάσεις - Services

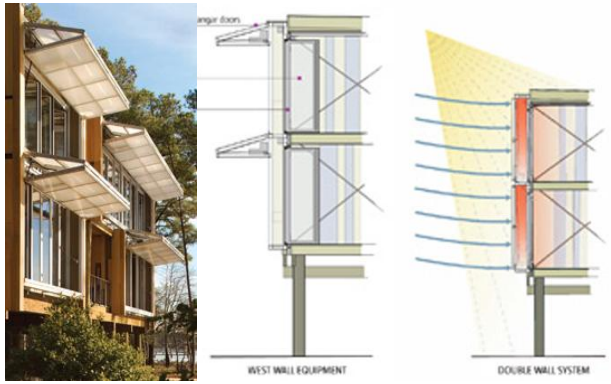
Ο σχεδιασμός της κατοικίας αξιοποιεί εν μέρει την παθητική του λειτουργία για θέρμανση το χειμώνα και δροσισμό το καλοκαίρι, χάρη στην κινητή όψη. Ωστόσο δεν αποφεύχθηκαν οι τεχνολογικές εγκαταστάσεις.

Σε συνεργασία λοιπόν με την Bensonwood Homes η οποία προαναφέρθηκε, προσυναρμολογήθηκε και προεγκαταστάθηκε εκτός εργοταξίου όλος ο απαραίτητος βοηθητικός εξοπλισμός, στα πατώματα- floor smart cartridges. Έτσι μέσα σε αυτά περιέχονταν το σύστημα θέρμανσης, δροσισμού, και ηλεκτροδότησης. Ταυτόχρονα, οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός των πιο απαιτητικών χώρων του κτηρίου, όπως το μπάνιο, προσυναρμολογήθηκαν και μεταφέρθηκαν στο εργοτάξιο ως έτοιμα block. Αυτά απαρτίζονταν από τις υδραυλικές εγκαταστάσεις και την εγκατάσταση ρεύματος, καθώς και όλον τον απαραίτητο εξοπλισμό σε έπιπλα. Όλα τα παραπάνω συστήματα, λειτουργούν ως plug and play συστήματα, όπως αυτά περιγράφηκαν παραπάνω. Έτσι, μετά την τοποθέτησή τους στο σκελετό του κτηρίου, συνδέθηκαν μέσω κατάλληλων υποδοχών με το βασικό δίκτυο κάθε ορόφου για την ομαλή λειτουργία τους. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η προκατασκευή τους δεν εμποδίζει την επισκεψιμότητα και ενδεχόμενη αντικατάσταση κάποιας εγκατάστασης κατά τη λειτουργία του κτηρίου.

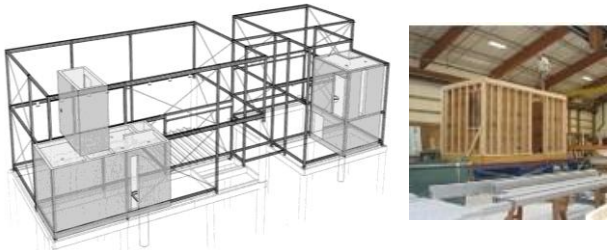
Διαμόρφωση Χώρων - Space plan

Ο εσωτερικός χώρος της κατοικίας δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτος σε μετατροπές. Πέρα από το μεγάλο ενιαίο χώρο του καθημερινού με το χώρο φαγητού, το υπόλοιπο κτήριο χωρίζεται σε επιμέρους δωμάτια μέσω των προαναφερθέντων προκατασκευασμένων blocks.

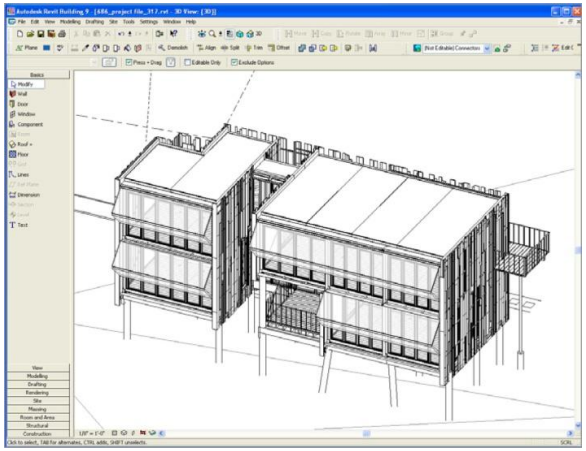
Η επιτυχημένη ανέγερση του κτηρίου αυτού δεν θα ήταν δυνατή εάν δεν είχε χρησιμοποιηθεί σε όλα τα στάδια σχεδιασμού η τρισδιάστατη σχεδίαση και το σύστημα σχεδίασης BIM (Building information modeling). Το σύστημα αυτό εμπεριέχει την τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου η οποία πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο και σειρά με την κατασκευή του κτηρίου στην πραγματικότητα. Σε αυτό το μοντέλο ενσωματώνονται οι στατικές μελέτες και οι μελέτες τεχνολογικών εγκαταστάσεων, ενώ μπορούν να προκύψουν η αντοχή του κτηρίου, η συμπεριφορά του σε διάφορες συνθήκες, το κόστος ανέγερσης-συντήρησης-απόσυρσης, κ.ά. Συνεπώς υπήρχε στενή συνεργασία μεταξύ όλων των μηχανικών που εμπλέκονται στη ανέγερση του κτηρίου. Επιπλέον, προτού ξεκινήσουν οι όποιες εργασίες κατασκευής, είχε προηγηθεί η ενδελεχής μελέτη του κτηρίου, η επίλυση των διαφόρων κατασκευαστικών του λεπτομερειών, καθώς και η ψηφιακή συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγησή του. Έτσι, διαπιστώθηκαν και επιλύθηκαν τυχόν προβλήματα, διασφαλίζοντας τη μετέπειτα σωστή εκτέλεση της διαδικασίας συναρμολόγησης και της συναρμογής των προσυναρμολογημένων στοιχείων στο οικόπεδο.[73] Από αυτή τη διαδικασία ψηφιακού σχεδιασμού προέκυψαν οι ακριβείς ποσότητες και διαστάσεις των απαιτούμενων στοιχείων, η πλειοψηφία των οποίων αγοράστηκε μέσω καταλόγων των διαφόρων εταιρειών. Τέλος, από την ψηφιακή ανέγερση και αποδόμηση του κτηρίου εξασφαλίστηκε ο διαχωρισμός της όλης διαδικασίας σε στάδια καθώς και ο σωστός



Εικόνα 97 Μεταβαλλόμενη όψη για βιοκλιματική συμπεριφορά του κτηρίου και παθητική θέρμανση-χειμώνα, δροσισμό & σκίαση-καλοκαίρι

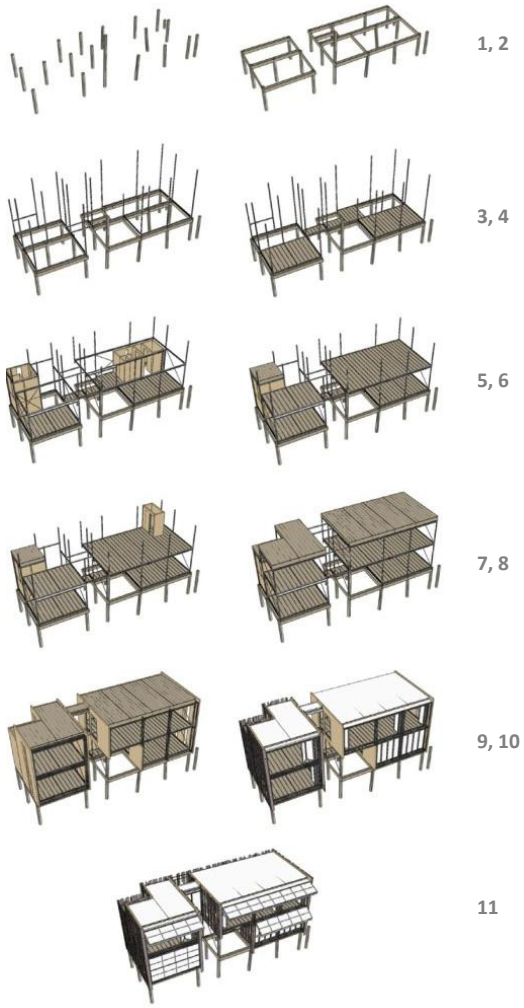


Εικόνα 98 Προκατασκευή των block των υγρών χώρων του κτηρίου



Εικόνα 99 Ψηφιακό μοντέλο κτηρίου στο λογισμικό BIM

[73] Graphisoft, http://www.graphisoft.com/openbim/bim/



Εικόνα 100 Στάδια συναρμολόγησης του κτηρίου

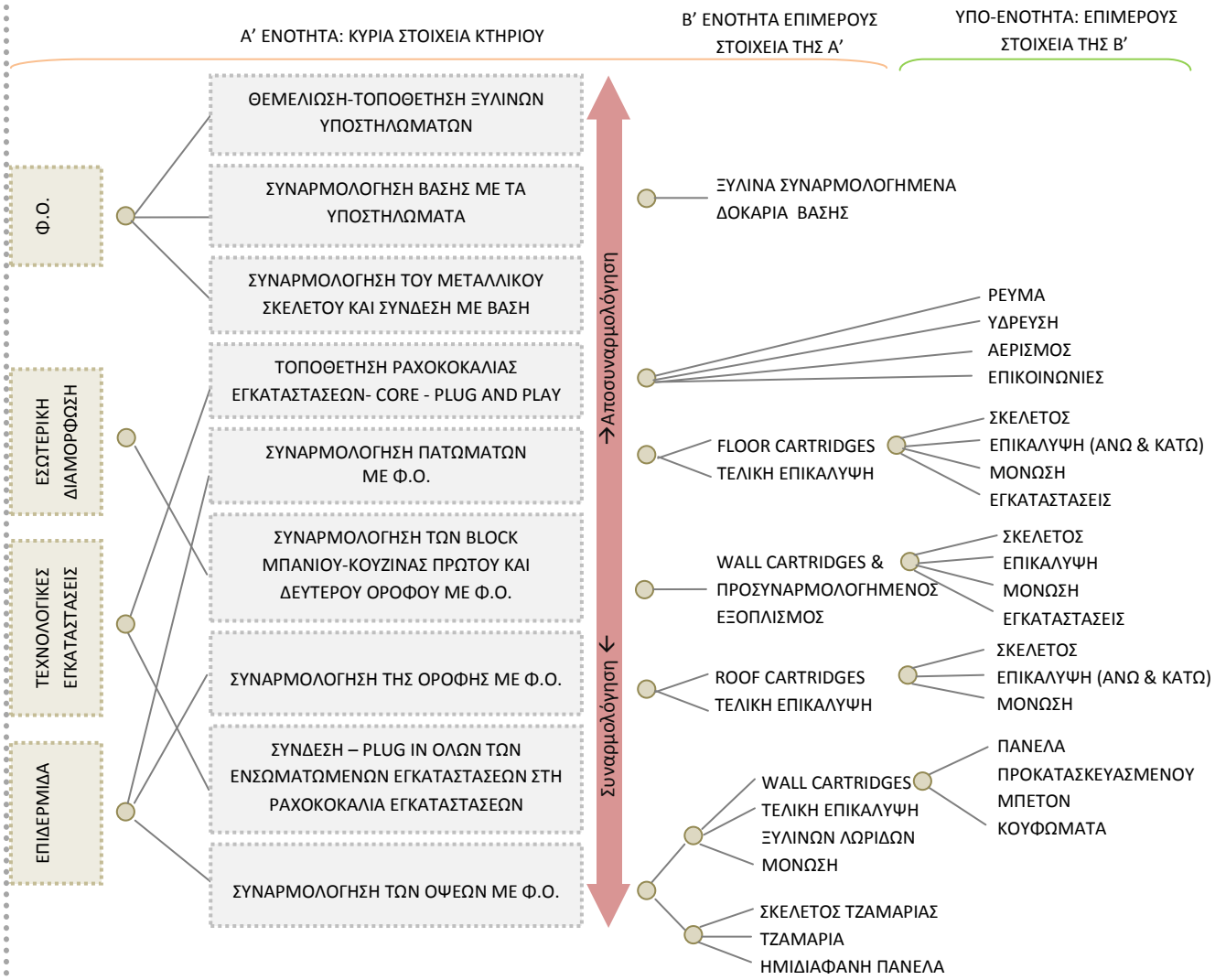
ΠΡΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ-ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΤΟΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ

ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ-ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΝΟΤΗΤΩΝ - ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΩΝ

προγραμματισμός εκτέλεσης αυτών. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε στην πραγματική συναρμολόγηση του κτηρίου, η ομαλή ροή των υλικών και στοιχείων στο εργοτάξιο, με έγκαιρη έλευσή τους και ανεμπόδιστη συναρμολόγηση.

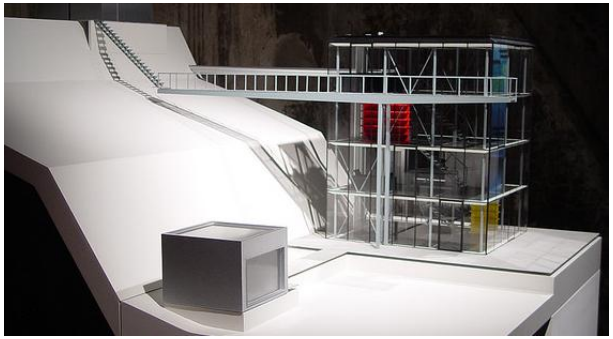
Η **διαδικασία συναρμολόγησης**, η οποία ταυτίζεται με την αντίστροφη **διαδικασία αποσυναρμολόγησης** είναι η εξής:



Εικόνα 101 House R128, 2000, Werner Sobek, Γερμανία

Εικόνα 102 House R128, 2000, Werner Sobek, Γερμανία

Εικόνα 103 Φωτοβολταϊκά πανέλα στο δώμα, House R128



Εικόνα 104 Μακέτα κτηρίου House R128 και ανάγλυφο του εδάφους

Γ.1.β. House R128

Η κατοικία R128 αποτελεί έργο του αρχιτέκτονα και πολιτικού μηχανικού Werner Sobek, και ολοκληρώθηκε το 2000 στη Στουτγάρδη της Γερμανίας. Πρόκειται για μια τετραώροφη κατοικία η οποία σχεδιάστηκε εξ αρχής με σκοπό την αποσυναρμολόγηση. Έτσι, τα υλικά του κτηρίου μπορούν να αντικατασταθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν μετά το πέρας της χρηστικής ή λειτουργικής τους ζωής αντίστοιχα. Ο τρόπος δόμησης του κτηρίου επιτρέπει ακόμη την παράλληλη συναρμολόγηση των στοιχείων του, που συνεπάγεται και την παράλληλη αποσυναρμολόγησή τους. Επομένως, δίνεται η δυνατότητα να απομακρυνθεί ή αντικατασταθεί κάθε μεμονωμένο υλικό του, σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής του κτηρίου, αλλά και το σύνολο της κατασκευής μετά το τέλος ζωής της. Ταυτόχρονα επιταχύνεται η διαδικασία ανέγερσης-αντικατάστασης-απομάκρυνσης. Πράγματι, η κατασκευή του κτηρίου διήρκησε 11 μήνες. Ακόμη επιστρατεύθηκαν λίγα υλικά, όπως το ατσάλι και το γυαλί, ώστε να διευκολυνθεί η μελλοντική συναρμο-αποσυναρμολόγηση του κτηρίου και η ανάκτηση των υλικών του.

Οι διαστάσεις του κτηρίου προσεγγίζουν τον κύβο, προσδίδοντάς του μια απλότητα και λιτότητα στις κατόψεις του. Έτσι, επιτεύχθηκε αποδοτικότερη χρήση πρώτων υλών-οικοδομικών υλικών και μεγιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης κατά τη διάρκεια των ιδιαίτερα κρύων χειμώνων της περιοχής. Τέλος, το κτήριο είναι αυτάρκες ενεργειακά καθώς είναι εξοπλισμένο με παθητικά συστήματα λειτουργίας, όπως φωτοβολταϊκά πανέλα στο δώμα.

Οικόπεδο- Site:

Η κατοικία βρίσκεται σε εξαιρετικά επικλινές έδαφος, με αποτέλεσμα να επιλέχθηκε ως λύση η στήριξή της πάνω σε μία επίπεδη βάση-αναβαθμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Λόγω της ελαφριάς κατασκευής της, τα θεμέλια από σκυρόδεμα δεν επεκτείνονται σε μεγάλο βάθος, ενώ η έκτασή τους βρίσκεται μέσα στα όρια του προηγούμενου κτίσματος το οποίο κατεδαφίστηκε. [74] Συνεπώς μειώνεται σημαντικά το αποτύπωμά τους στο έδαφος.

Φ.Ο.- Structure

Ο Φ.Ο. του κτηρίου αποτελείται από ατσάλινα υποστυλώματα και δοκάρια, καθώς και από ατσάλινα στοιχεία ακαμψίας στις τρεις κατακόρυφες πλευρές του και στα πατώματα. Αυτά συνδέονται μεταξύ τους

[74] Guy, B. and Ciarimboli, 2008, σελίδα 31

με ενώσεις ξηρού τύπου όπως τα μπουλόνια, τα οποία καθιστούν το σκελετό σχετικά εύκολα αποσυναρμολογούμενο μετά το πέρας ζωής του κτηρίου.

Επιδερμίδα - Skin

Η επιδερμίδα της κατοικίας στηρίζεται στο Φ.Ο. και διαμορφώνεται με γυάλινα πανέλα τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους με μεμβράνη από λάστιχο. Πιο συγκεκριμένα, η όψη αποτελείται από τριπλά, γυάλινα, σταθερά και κινητά πανέλα, γεμισμένα με μη-τοξικό αέριο Αργό.[75] Με αυτόν τον τρόπο, όχι μόνο επιτυγχάνεται πλήρης διαφάνεια αλλά και αποτελεσματική θερμομόνωση του κτηρίου. Πράγματι, η θερμομόνωση που προσφέρει αυτό το σύστημα δόμησης είναι ισάξια με μόνωση 10 εκατοστών πετροβάμβακα.[76]

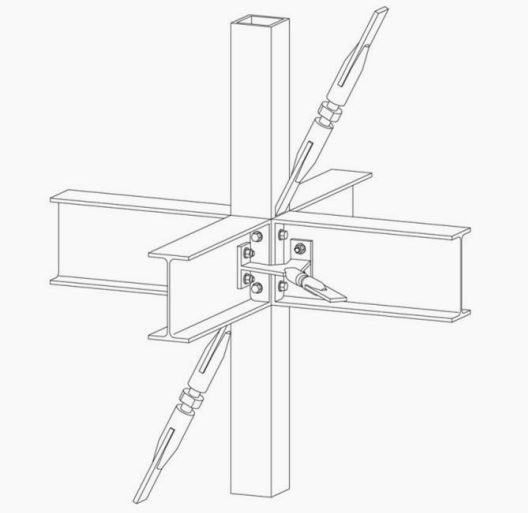
Σε ότι αφορά τα πατώματα, η επιφάνεια του δαπέδου αποτελείται από μεγάλα προκατασκευασμένα πανέλα που τοποθετούνται ανάμεσα στα δοκάρια. Αυτά ασφαλίζουν στη σωστή θέση με ενώσεις τριβής στις οποίες "κουμπώνουν" τα πανέλα λόγω βαρύτητας. Ομοίως, στην επιφάνεια της οροφής τοποθετούνται με ξηρές ενώσεις τύπου "κλιπ" πανέλα αλουμινίου, καθιστώντας τα εύκολα αποσυναρμολογούμενα.

Τεχνολογικές εγκαταστάσεις – Services

Στο κτήριο, έχουν υιοθετηθεί κάποιες αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού εξασφαλίζοντας έτσι τον παθητικό δροσισμό του. Σε κάθε όροφο υπάρχουν μόνο δύο ανοιγόμενα κουφώματα τα οποία βρίσκονται σε κατάλληλες θέσεις ώστε να επιτυγχάνεται φυσικός αερισμός. Έτσι, ανοίγοντάς τα αποφεύγεται η υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων τους θερινούς μήνες, ενώ κλείνοντάς τα επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών κατά τους χειμερινούς μήνες χάρη στη μονωτική λειτουργία τους.

Όλα τα απαραίτητα καλώδια και σωληνώσεις για ρεύμα, νερό και επικοινωνία είναι άμεσα προσβάσιμα καθώς διέρχονται κατά τον κατακόρυφο άξονα μέσα από εμφανείς αγωγούς αλουμινίου στην εσωτερική πλευρά των όψεων. Αυτές είναι οργανωμένες με το σύστημα plug and play που δίνει τη δυνατότητα ευελιξίας χώρων και προσάρτησης συσκευών ή επιπλέον δικτύων εγκαταστάσεων σε οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού.

Σε ότι φορά τις εγκαταστάσεις ανά όροφο, αυτές διέρχονται μέσα από το πάτωμα, πάνω από τα πανέλα της οροφής. Δεδομένου ότι τα πανέλα είναι εύκολα αφαιρούμενα δεν τίθεται ούτε σε αυτή την



Εικόνα 105 Αξονομετρικό σύνδεσης μεταλλικών φορέων κατοικίας

Εικόνα 106 Εμφανείς τεχνολογικές εγκαταστάσεις οροφής, μέσα από τη διαφανή όψη του κτηρίου

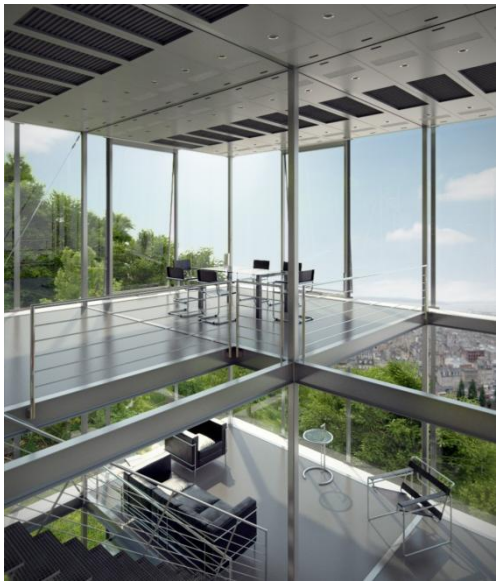
[75] Ballard Bell, V., Rand, P., 2008, http://www.architectureweek.com/2008/0423/building_3-2.html
[76] Ballard Bell, V., Rand, P., 2008, http://www.architectureweek.com/2008/0423/building_3-2.html

περίπτωση πρόβλημα προσβασιμότητας. Εδώ είναι εγκατεστημένο και ένα σύστημα υδραυλικών σωληνώσεων από τις οποίες διέρχεται κρύο νερό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού απομακρύνοντας την επιπλέον θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο, και ζεστό νερό κατά τους χειμερινούς μήνες θερμαίνοντας το χώρο. Αυτό επιτρέπει να διατηρούνται συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του όλη τη διάρκεια του χρόνου.

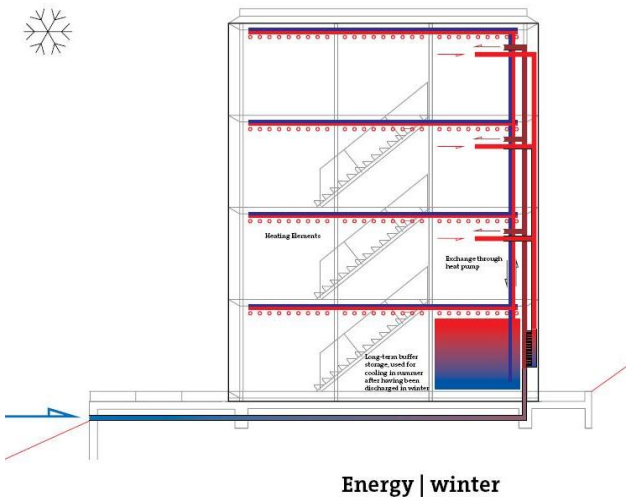
Τέλος, οι βοηθητικές λειτουργίες του κτηρίου όπως ο φωτισμός, το άνοιγμα-κλείσιμο των κουφωμάτων, η ρύθμιση της θερμοκρασίας, κλπ, λειτουργεί είτε με ειδικούς αισθητήρες, είτε με ασύρματα συστήματα από οθόνες αφής και συστήματα αναγνώρισης φωνής, αποφεύγοντας διακόπτες και επιπλέον καλωδιώσεις.

Διαμόρφωση χώρων - Space plan

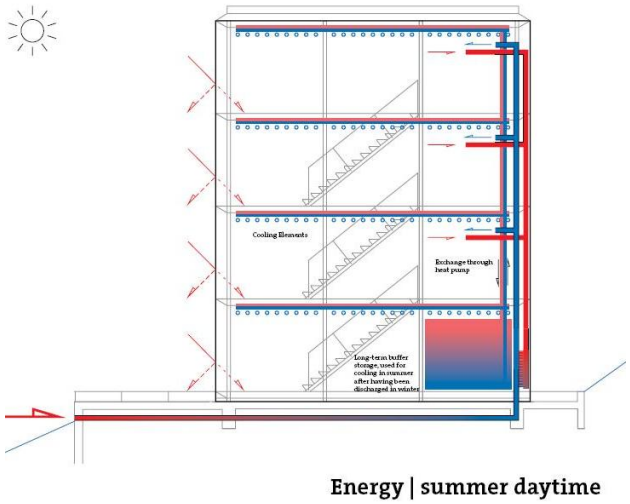
Το εσωτερικό του κτηρίου διαμορφώνεται από μεγάλους ενιαίους χώρους οι οποίοι δεν διαθέτουν χωρίσματα. Έτσι, η διάταξη των επίπλων, και των χώρων μπορεί εύκολα να μεταβληθεί. Ο διαχωρισμός των χώρων επιτυγχάνεται σε γενικές γραμμές με την κατανομή τους σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα, ενώ η ευελιξία τους περιορίζεται μερικώς από κατάλληλα διαμορφωμένα κενά που αποκαθιστούν την οπτική επαφή μεταξύ των ορόφων. Οι μόνοι χώροι που είναι αυστηρά οριοθετημένοι από κατακόρυφα στοιχεία είναι οι χώροι υγιεινής οι οποίοι περικλείονται από πανέλα γυαλιού και αλουμινίου.



Εικόνα 107 Απόψεις των ενιαίων χώρων στο εσωτερικό του κτηρίου



Εικόνα 108 Τομή κτηρίου-τρόπος λειτουργίας συστήματος θέρμανσης



Εικόνα 109 Τομή κτηρίου- τρόπος λειτουργίας του συστήματος ψύξης

Εικόνα 110 Αεροφωτογραφία Σταδίου Ολυμπιακών Αγώνων, 2012. Λονδίνο

Εικόνα 111 Ολυμπιακό στάδιο κι εξωτερικές εγκαταστάσεις εστίασης

Εικόνα 112 Μοντέλο προσομοίωσης Ολυμπιακού Σταδίου

Εικόνα 113 Άποψη του Σταδίου από τον ποταμό Lee

Γ.1.γ. Στάδιο Ολυμπιακών Αγώνων Λονδίνου, 2012

Το στάδιο που κατασκευάστηκε για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου το 2012, σχεδιάστηκε από τους αρχιτέκτονες Populous σε συνεργασία βέβαια με άλλες εταιρείες και ειδικότητες μηχανικών. Χωροθετήθηκε στο ανατολικό Λονδίνο σε μια έκταση που περιβάλλεται στις τρείς πλευρές της από τον ποταμό Lee. Βασική επιδίωξη εξ αρχής ήταν η δυνατότητα μερικής αποσυναρμολόγησης του σταδίου με σκοπό να επαναχρησιμοποιηθούν τα στοιχεία και τα υλικά του. Η απαίτηση αυτή προέκυψε, από την απουσία εκδήλωσης ενδιαφέροντος για τη μετέπειτα μακροχρόνια αξιοποίηση του σταδίου. Αιτία είναι η μεγάλη χωρητικότητα των 80 000 θέσεων για τις ανάγκες των Ολυμπιακών Αγώνων, η οποία αντιτίθεται με τις μικρές απαιτήσεις της πλειοψηφίας των υπόλοιπων αθλητικών εκδηλώσεων και δρώμενων που συγκεντρώνουν συνήθως 15-20 000 θεατές.[77] Με δεδομένο λοιπόν, το υψηλό κόστος συντήρησης των σταδίων αυτών αλλά και την εμπειρία που αποκομίστηκε από την παραμέληση κι εγκατάλειψη των προγενέστερων Ολυμπιακών εγκαταστάσεων σε άλλες χώρες, όπως στην Ελλάδα[78] επιδιώχθηκε η διοργάνωση των Αγώνων με όσο γίνεται πιο πράσινες εγκαταστάσεις – "Green Olympics". Έτσι, δεδομένης της αναμενόμενα μικρής χρηστικής ζωής του σταδίου, εξασφαλίστηκε η επαναχρησιμοποίηση των υλικών του, τα οποία έχουν μεγάλη εμπεριεχόμενη δυναμική.

Οικόπεδο- Site:

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι τα προγενέστερα στάδια όμοιας χωρητικότητας σε θεατές με το Ολυμπιακό στάδιο του Λονδίνου, έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και διαστάσεις. Πράγματι, λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου εξαιτίας του ποταμού, επιστρατεύθηκαν νέες διευθετήσεις σχετικά με τους χώρους και το σχεδιασμό του σταδίου, τις οποίες θα δούμε παρακάτω. Αποτέλεσμα ήταν η σημαντική μείωση της έκτασης των θεμελίων και του αποτυπώματος του σταδίου στο έδαφος, καθιστώντας το ένα από τα πιο συμπτυγμένα στάδια του είδους του, χωρίς να μειώνεται η χωρητικότητά του.[79]

Φ.Ο.- Structure

Όπως προαναφέρθηκε, το στάδιο σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποσυναρμολογηθεί και να μετατραπεί μετά τη λήξη των Ολυμπιακών αγώνων σε μικρότερης χωρητικότητας στάδιο για 25.000 θεατές. Η κατασκευή του

[77] Armitt, J., 2011, σελίδα 11,
[78] Η Καθημερινή, 2012, http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_sport_1_20/05/2012_482900
[79] Σειρά Ντοκιμαντέρ, Megastructures, επεισόδιο: London's Olympic Stadium, 2012

χωρίστηκε επομένως σε δύο ενότητες, τη μόνιμη κατασκευή του από οπλισμένο σκυρόδεμα, που αποτελείται από το χώρο άθλησης και τις 25.000 θέσεις, και την αποσυναρμολογούμενη κατασκευή, η οποία περιλαμβάνει 55.000 επιπλέον θέσεις θεατών, το στέγαστρο του σταδίου και το φωτισμό του.

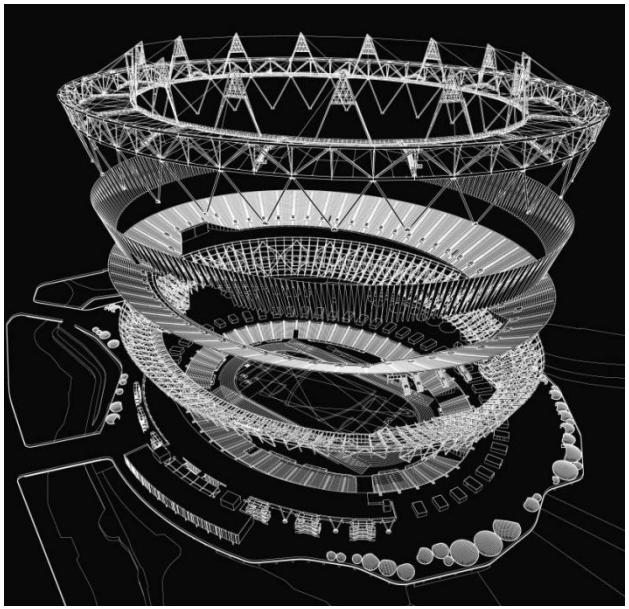
Για το μόνιμο τμήμα του σταδίου ανακυκλώθηκε μέρος των μπαζών, που προέκυψαν από την κατεδάφιση των προγενέστερων κτηρίων και χρησιμοποιήθηκαν ως αδρανή για την παρασκευή του νέου σκυροδέματος.

Το αφαιρούμενο τμήμα της κατασκευής χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα, τις κερκίδες και την οροφή, οι οποίες είναι στατικά ανεξάρτητες μεταξύ τους. Οι κερκίδες είναι κατασκευασμένες από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα και στηρίζονται από ένα σύστημα ατσάλινων φορέων συνδεδεμένων με μπουλόνια. Επιπλέον, τα καθίσματα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν να αφαιρούνται από τις κερκίδες με σκοπό να επαναχρησιμοποιηθούν στην κατασκευή άλλων σταδίων της χώρας.

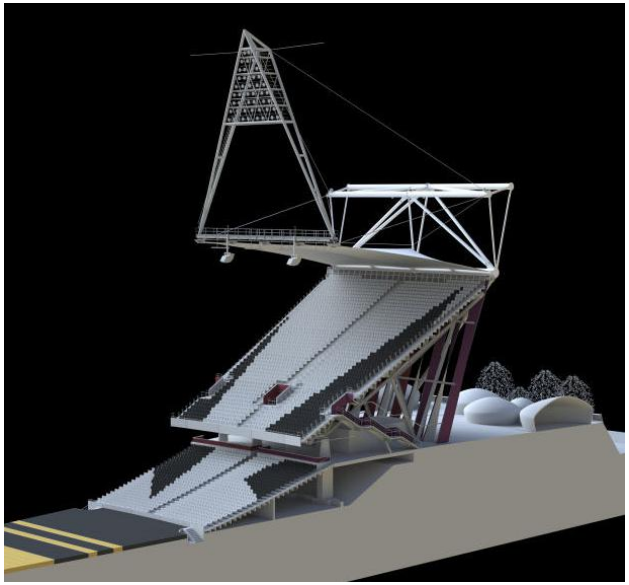
Σε ότι αφορά την οροφή, η οποία στηρίζεται επίσης με ένα σύστημα ατσάλινων υποστυλωμάτων, αποτελείται από τρία μέρη: τον εξωτερικό δακτύλιο, τον εσωτερικό δακτύλιο και μια σειρά από ατσάλινα καλώδια υπό ένταση, τα οποία συνδέουν και συγκρατούν ενωμένους τους δύο δακτυλίους. Για την παρασκευή μέρους των ατσάλινων στοιχείων της οροφής χρησιμοποιήθηκαν ανακυκλωμένα υλικά μέσω τήξης κι επανασχηματισμού, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία αποτελούν τμήματα σωληνώσεων αερίου από κοντινές κι εγκαταλελειμμένες εγκαταστάσεις. Επιπλέον, όλες οι ενώσεις είναι ξηρού τύπου με μπουλόνια. Συνέπεια αυτού είναι η δυνατότητα ευελιξίας και μικρής αναπροσαρμογής του μεγέθους της κατασκευής όπου αυτό χρειάζεται. Πράγματι, κατά τη συναρμολόγηση του εξωτερικού δακτυλίου της οροφής, παρατηρήθηκε απόκλιση και δημιουργία κενού είκοσι χιλιοστών, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να τοποθετηθεί με ασφάλεια το τελευταίο μέρος του. Όμως χάρη στο σύστημα κατασκευής, σφίγγοντας παραπάνω τα μπουλόνια και τις ενώσεις ο δακτύλιος έγινε πιο μικρός εξαλείφοντας το κενό, και επιτρέποντας έτσι τη στερέωση της κατασκευής ώστε να μπορεί να φέρει τα φορτία με ασφάλεια.

Τέλος, η οροφή καλύφθηκε με μια σειρά από κομμάτια υφάσματος PVC, ενώ επιπλέον προσαρτήθηκαν στον εσωτερικό δακτύλιο 14 πύργοι φωτισμού του σταδίου. Ο τρόπος μεταφοράς των φορτίων γίνεται από τον εσωτερικό δακτύλιο στον εξωτερικό δια μέσου των καλωδίων, και καταλήγουν στο έδαφος χάρη στα ατσάλινα υποστυλώματα και τα θεμέλια από μπετόν.

Ο παραπάνω διαχωρισμός σε ενότητες και υποενότητες επέτρεψε τον παράλληλο σχεδιασμό και κατασκευή των δύο ενοτήτων επιταχύνοντας και τη συνολική ανέγερση του σταδίου και ευνοώντας την ενδεχόμενη μελλοντική αποσυναρμολόγηση.



Εικόνα 114 Διευρυμένο αξονομετρικό – exploded axonometric κατασκευαστικών στοιχείων του σταδίου



Εικόνα 115 Τρισδιάστατη απεικόνιση τρόπου κατασκευής του σταδίου

Εικόνα 116 Εξωτερική κι εσωτερική άποψη των κερκίδων και της οροφής του σταδίου

Εικόνα 117 Εσωτερική άποψη σταδίου

Εικόνα 118 Διαμόρφωση όψης σταδίου με λωρίδες υφάσματος

Επιδερμίδα - Skin

Το στάδιο καλύπτεται εξωτερικά με εύκολα αφαιρούμενες από το σκελετό λωρίδες υφάσματος 900μέτρων επί 20 μέτρα οι οποίες στρέφονται 90° από την οροφή ως το έδαφος, επιτρέποντας τη διέλευση των θεατών σε όλη την περίμετρο του σταδίου.[80]

Διαμόρφωση χώρων - Space plan

Η νέα διευθέτηση και αναδιάταξη των χώρων του σταδίου αφορούσε σε πρώτη φάση την απομάκρυνση από αυτό των λειτουργιών εξυπηρέτησης των θεατών. Έτσι, λειτουργίες όπως χώροι εστίασης, αναψυκτηρίου, πληροφοριών, καταστημάτων και WC τοποθετήθηκαν εκτός του σταδίου σε μορφή ανεξάρτητων ευέλικτων και προσωρινών μονάδων. Αυτό επέτρεψε αργότερα, την αναπροσαρμογή των κερκίδων για τους θεατές, οι οποίες πλησίασαν το χώρο της αρένας μειώνοντας έτσι τις συνολικές διαστάσεις του σταδίου και δημιουργώντας καλύτερες συνθήκες θέασης για όλους. [81,82]

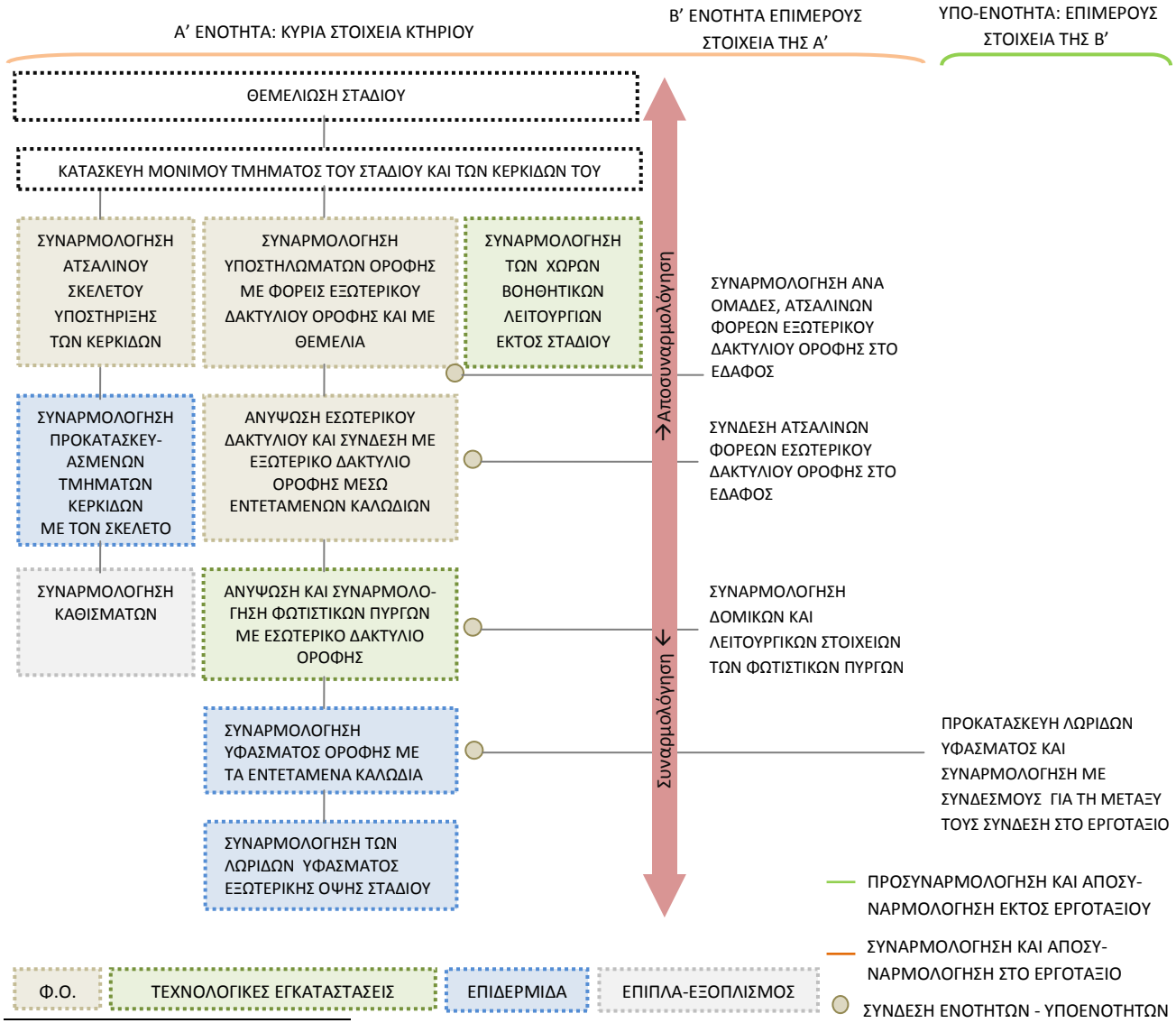
Προκύπτει λοιπόν ότι το Ολυμπιακό στάδιο του Λονδίνου αποτελεί ένα λιγότερο σπάταλο στάδιο ως προς το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της κατασκευής του, το οποίο συμβάλλει ταυτόχρονα στην επίτευξη μιας πιο κλειστής ροής υλικών. Αυτό επιτεύχθηκε χάρη στη χρήση μεθόδων ανακύκλωσης και επανάχρησης για την κατασκευή του, καθώς και στο σχεδιασμό του με τη δυνατότητα της μελλοντικής του αποσυναρμολόγησης με σκοπό την επανάχρηση. Το παράδειγμά του ακολουθούν σήμερα και άλλες χώρες και πόλεις, όπως το Κατάρ όπου πολλά από τα νέα προτεινόμενα στάδια για τους αγώνες του παγκοσμίου κυπέλου της FIFA το 2022 είναι και αυτά εν μέρει αποσυναρμολογούμενα.

Σίγουρα ο σχεδιασμός του, τόσο από αρχιτεκτονικής άποψης όσο και από τις δυνατότητές του να αποσυναρμολογείται θα μπορούσε να βελτιωθεί. Ωστόσο, πρέπει να αναλογιστούμε το εξαιρετικά μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο έπρεπε να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί. Η ομάδα μελέτης χώρισε το κτήριο στις ενότητες μόνιμης και μη-μόνιμης κατασκευής, με αποτέλεσμα τη στιγμή που συνεχίζονταν ο σχεδιασμός του αποσυναρμολογούμενου τμήματος να είχε ήδη ξεκινήσει η ανέγερση του μόνιμου.[83]

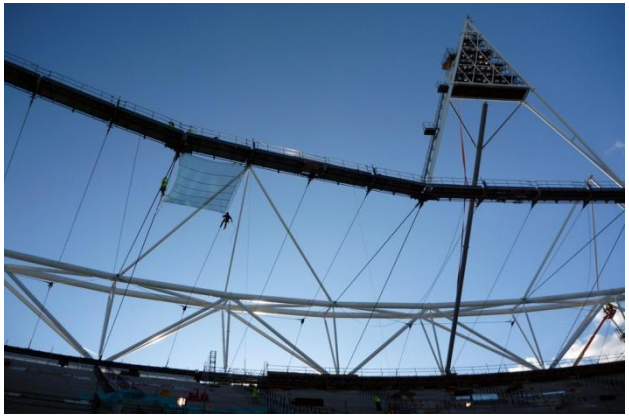
---

[80] Bushby, H., Heald, 2012
[81] Bushby, H., Heald, 2012
[82] Σειρά Ντοκιμαντέρ, Megastructures, επεισόδιο: London's Olympic Stadium, 2012
[83] Σειρά Ντοκιμαντέρ, Megastructures, επεισόδιο: London's Olympic Stadium, 2012

Τέλος, πρέπει να παρατηρήσουμε ότι αν και το στάδιο έχει τη δυνατότητα να αποσυναρμολογηθεί μετά τη λήξη των αγώνων, έχει ταυτόχρονα τη λειτουργική ικανότητα και αντοχή για να παραμείνει. Έτσι λοιπόν, προς το παρόν φαίνεται ότι το στάδιο δεν θα αποσυναρμολογηθεί στο εγγύς μέλλον καθότι προκύπτουν φορείς που ενδιαφέρονται να το επαναχρησιμοποιήσουν ολόκληρο.[84]



Εικόνα 119 Φάση συναρμολόγησης Φ.Ο. κερκίδων και Φ.Ο. οροφής



Εικόνα 120 Εγκατεστημένοι πύργοι φωτισμού στον Φ.Ο. της οροφής

Εικόνα 121 Φάση συναρμολόγησης των λωρίδων υφάσματος της οροφής

[84] This is concrete, http://www.thisisconcrete.co.uk/home_page/case_studies/olympic_stadium.aspx

Γ’ ΜΕΡΟΣ

Γ.2. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Εικόνα 122 Υπάρχοντες μηχανισμοί ανακύκλωσης στην Ελλάδα

Όπως είδαμε ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση, για την επίτευξη ενός κλειστού κυκλώματος ροής ενέργειας και υλικών κατά τη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου, είναι υπό άνθιση στο εξωτερικό. Ωστόσο τι θέση κατέχει αυτό το είδος σχεδιασμού στην Ελλάδα και τι διαχείριση γίνεται για το πρόβλημα της κατασπατάλησης των φυσικών πόρων και της υπερπαραγωγής οικοδομικών απορριμμάτων στη χώρα μας;

Αρχικά πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στην Ελλάδα η ετήσια παραγόμενη ποσότητα Αποβλήτων από Εκσκαφές, Κατασκευές και Κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ) ανέρχεται στους 5,5-6 τόνους, από τους οποίους *το 60-70% σε όγκο είναι σκυρόδεμα -οπλισμένο ή άοπλο, ενώ το υπόλοιπο 30-35% τούβλα.* [85] Εξαιτίας της χρήσης αυτών των υλικών και του τρόπου ένωσής τους με υγρές ενώσεις, καθίσταται δύσκολη η ανακύκλωση και η επανανάχρησή τους, όπως είδαμε. Έτσι λοιπόν εξηγείται εν μέρει πως στην Ελλάδα ανακυκλώνεται μόλις το 5% του ΑΕΚΚ, τη στιγμή που σε άλλες χώρες τη Ευρώπης το ποσοστό ανακύκλωσης είναι μεγάλο, όπως στην Ολλανδία με ποσοστό 90% και τη Δανία με ποσοστό 81%. Στη χώρα μας αντίθετα, η πλειοψηφία των παραγόμενων οικοδομικών απορριμμάτων καταλήγουν είτε σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) είτε σε παράνομες χωματερές.

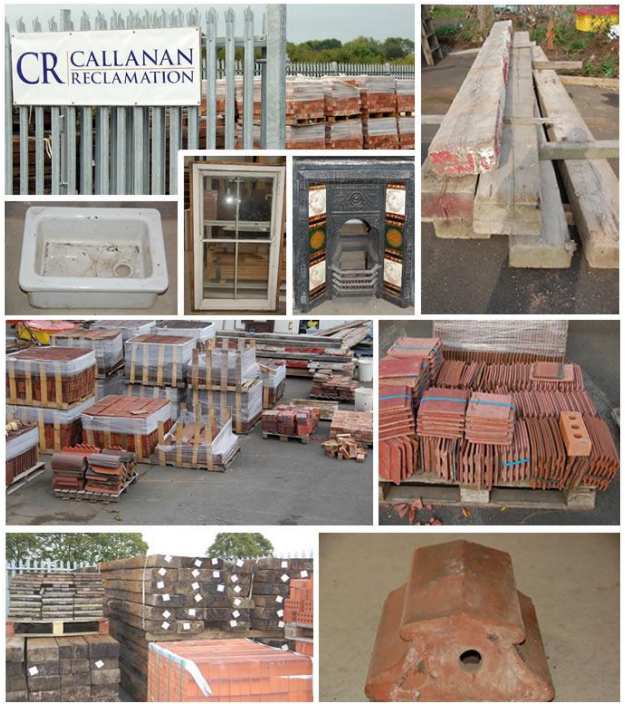
Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο ότι ενώ έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης για συσκευές, ελαστικά, οχήματα, κ.ά., δεν προβλέπεται τίποτα για την ανακύκλωση των οικοδομικών αποβλήτων. Αυτό πιθανώς να οφείλεται και στην έλλειψη κινήτρων. Στο παρελθόν, η Ελλάδα στράφηκε με επιτυχία στην ανακύκλωση και επανάχρηση, όπως είδαμε, ωθούμενη από τις επικρατούσες συνθήκες της εκάστοτε εποχής. Επιπλέον, ακόμη και στο εξωτερικό η στροφή προς νέους τρόπους εκμετάλλευσης ή μείωσης των οικοδομικών απορριμμάτων, όπως είναι η ανακύκλωση επιτεύχθηκε χάρη στην επιβολή του φόρου χωματερής από τις κυβερνήσεις. Αυτές με τη σειρά τους, παρά τις προγενέστερες προειδοποιήσεις των επιστημών και των οικολογικών κινημάτων από τη δεκαετία του '60 [86], προέβησαν στην επιβολή φορολογίας τις δεκαετίες '70-'80, όταν εκδηλώθηκε η ενεργειακή κρίση. Έτσι, λόγω της αύξησης του κόστους επιβάρυνσης από τη μεταφορά και τη διαχείριση των οικοδομικών αποβλήτων, αλλά και τη συνειδητοποίηση της περιορισμένης δυναμικής των χωματερών ιδίως σε μικρές σε έκταση χώρες όπως η Αγγλία και η Ελβετία, λήφθηκαν τα πρώτα μέτρα για την ενίσχυση της εφαρμογής της ανακύκλωσης των υλικών.

[85] εμπρός ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ, 2012, http://www.emprosnews.gr/news_Full.asp?articleID=2030
[86] Thormark, C., 2001, σελίδα 21

Έκτοτε, παρατηρούμε τη σταδιακή κι αυξητική επιβολή του φόρου χωματερής από τις κυβερνήσεις διαφόρων χωρών. Αυτός ο φόρος περιλαμβάνει και το φόρο αδρανών, ο οποίος αφορά κυρίως τα απορρίμματα που προκύπτουν από την οικοδομική δραστηριότητα, όπως σκυρόδεμα, τούβλα, γυαλί, χώματα εκσκαφής, χαλίκια, κ.ά. Η πρώτη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου εφαρμόστηκε αυτό το μέτρο φορολόγησης ήταν η Δανία, το 1987. Ακολούθησαν η Γερμανία το 1991, η Γαλλία το 1993, η Αγγλία και η Φινλανδία το 1996 και η Σουηδία το 2000. [87] Αποτέλεσμα ήταν η σταδιακή μείωση των οικοδομικών τους αποβλήτων, με αξιοσημείωτο παράδειγμα αυτό της Αγγλίας, όπου τα αδρανή υλικά που κατέληγαν στις χωματερές *μειώθηκαν κατά 18 εκατομμύρια τόνους σύντομα μετά την εφαρμογή του φόρου*.[88] *Σήμερα στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες δεν μπορεί να γίνει κανένα οικοδομικό, οδικό ή άλλο έργο, αν δεν υπάρχει βεβαίωση και άδεια για την κατάληξη των αποβλήτων.*[89]

Στην Ελλάδα, το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) προχώρησε το 2010 στην απόφαση ανάπτυξης τεσσάρων συστημάτων διαχείρισης και ανακύκλωσης οικοδομικών υλικών και υλικών κατεδαφίσεων. [90] Τα συστήματα αυτά, θα διαχειρίζονται τα μπάζα από δημόσια και ιδιωτικά έργα, με στόχο να ανακυκλώνεται το 30% των παραγόμενων ποσοτήτων από τα οικοδομικά υλικά έως το τέλος του 2012, το 50% μέχρι το τέλος του 2015 και το 70% μέχρι το 2020.[91] Ωστόσο, δεν έχουν ακόμη εκδοθεί στοιχεία που να επιβεβαιώνουν ή να ακυρώνουν αντίστοιχα την επίτευξη των παραπάνω προθέσεων. Επιπλέον ανεξάρτητα από την πολιτική του κράτους, δεν υπάρχουν παρά μόνο ελάχιστες μάντρες συλλογής ανακτημένων οικοδομικών υλικών όμοιες με τις μάντρες αποσυρόμενων αυτοκινήτων, ώστε να διευκολύνεται και να ενισχύεται η επανάχρηση και αγορά τους σε χαμηλότερη τιμή από τα νέα υλικά.

Ακόμη, τα κίνητρα στο διεθνή χώρο προς αυτή την κατεύθυνση δεν είναι μόνο οικονομικά αλλά και κίνητρα κύρους. Πράγματι, σήμερα επικροτείται κι επιβραβεύεται η ενσωμάτωση της ανακύκλωσης στην αρχιτεκτονική, με διεθνή αναγνώριση του εκάστοτε κτηρίου και της αρχιτεκτονική ομάδας που το σχεδίασε δημιουργώντας ένα θετικό ανταγωνισμό μεταξύ αρχιτεκτόνων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από τα διάφορα υπάρχοντα συστήματα αξιολόγησης, όπως το LEED στην Αμερική, το BREEAM και το Code for Sustainable Homes στο Ηνωμένο Βασίλειο, το DGNB στη Γερμανία, το EcoEffect και το Miljoklassad Byggnad στη Σουηδία, το CASBEE στην Ιαπωνία, και το Minergie στην Ελβετία. Η εγκαθίδρυση λοιπόν, ενός παρόμοιου



Εικόνα 123 Μάντρα συλλογής και πώλησης ανακτημένων οικοδομικών υλικών και δομικών στοιχείων, Ηνωμένο Βασίλειο

Εικόνα 124 Μάντρα συλλογής και πώλησης ανακτημένων κουφωμάτων και δομικών στοιχείων, Αυστραλία

[87] Kreiser, L., Yabar, A., Sterling, Herrera, P., Milne, J. E., and Ashiabor, H., 2012, σελίδα 229
[88] ECOTEC in association with CESAM, CLM, University of Gothenburg, UCD and IEEP (CR), http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/ch10_landfill.pdf
[89] Κοτζαμπασάκης, Γ., 2010, http://kotzabassakis.blogspot.gr/2010/02/blog-post.html
[90] econews.gr, 2012, http://www.econews.gr/2012/02/22/anakuklwsi-oikodomikwn-ulikwn/
[91] ΥΠΕΚΑ, 2010, http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=362&sni%5B524%5D=488

Εικόνα 125 Σταθμός ηλεκτρικού σιδηροδρόμου ΗΣΑΠ: 'Ειρήνη', Αθήνα

Εικόνα 126 Κατοικία από μεταλλικό Φ.Ο. και χρήση μπουλονιών ως συνδετικά μέσα, 2012, Βόλος

έγκυρου συστήματος αξιολόγησης και στην Ελλάδα ίσως να αποτελέσει εφαλτήριο για την ανάπτυξη ενός πιο συνειδητοποιημένου τρόπου κατασκευής.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια η χρήση ατσάλινων διατομών και άλλων υλικών πιο φιλικών στην επανάχρηση και ανακύκλωση αυξάνεται. Αυτό δεν ισχύει μόνο για κτήρια γραφείων και άλλα τέτοιου τύπου κτήρια αλλά και για κατοικίες, χωρίς αυτές να υπερβαίνουν το κόστος μιας κατοικίας με συμβατικό τρόπο κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ωστόσο, ακόμη και σε αυτή την περίπτωση ο τρόπος ενσωμάτωσης των υπολοίπων στοιχείων του κτηρίου στο Φ.Ο. αλλά και η μεταξύ τους σύνδεση αποτρέπει την αποσυναρμολόγησή τους. Θα μπορούσε ωστόσο, να αναπτυχθεί ένα σύστημα αποσυναρμολόγησης με στοιχεία κι ενώσεις προσαρμοσμένες στα ελληνικά δεδομένα. Έτσι, τα υλικά θα είναι τοπικά παραγόμενα υλικά όπως το σκυρόδεμα, εκφρασμένα όμως σε νέες μορφές και με νέους τρόπους μηχανικών ενώσεων οι οποίοι θα διασφαλίζουν και την αντοχή των κτηρίων στο χρόνο αλλά και στους σεισμούς.

Δ’ ΜΕΡΟΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όπως είδαμε εξ αρχής, ο Σχεδιασμός Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση αποτελεί ένα νέο τρόπο προσέγγισης της σχεδιαστικής διαδικασίας και του τρόπου κατασκευής ενός κτηρίου. Ωστόσο, προκύπτει μέσα από την παραπάνω έρευνα, ότι οι επιμέρους αρχές του δεν είναι το ίδιο νέες ή καινοτόμες. Αντίθετα, πρόκειται για ένα συνονθύλευμα αρχών και μεθοδολογιών τις οποίες συναντούμε σε διάφορα είδη προγενέστερης αρχιτεκτονικής και θεωρητικές ή πρακτικές εφαρμογές αυτών. Όμως, μέσα από το Σχεδιασμό Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση, οι αρχές αυτές συνδυάζονται κι επιστρατεύονται όλες μαζί με νέο στόχο, τη βιωσιμότητα.

Σε ένα ιδανικό σενάριο υλοποίησης του σχεδιασμού αυτού, και σύμφωνα πάντα με την ερευνητική διαδικασία, το κτήριο που θα προκύψει, θα έχει τη δυνατότητα αποσυναρμολόγησης μεμονωμένων στοιχείων του για την ανταπόκρισή του σε νέες χωρικές, τεχνολογικές ή υλικές απαιτήσεις. Ταυτόχρονα, όταν κριθεί απαραίτητη η απομάκρυνσή του από το οικόπεδο που βρίσκεται, θα έχει τη δυνατότητα ολικής αποσυναρμολόγησής του για την επαναδιοχέτευση των υλικών του στην ανέγερση ή μετατροπή άλλων κτηρίων. Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης θα καθίσταται αρκετά εύκολη και λιγότερο χρονοβόρα χάρη στον τρόπο δόμησης και στα παρεχόμενα λεπτομερή σχέδια εκτέλεσης αυτής. Έτσι, η εμπεριεχόμενη ενέργεια των χρησιμοποιούμενων υλικών θα αξιοποιείται, επιβραδύνοντας το ρυθμό με τον οποίο αυτά θα καταλήγουν στη χωματερή. Συνεπώς, ο αρχικός σχεδιασμός θα έχει επιτύχει το στόχο του, δηλαδή τη δημιουργία ενός όσο γίνεται πιο κλειστού κυκλώματος ροής ενέργειας και υλικών. Θα πρέπει ωστόσο να παρατηρήσουμε ότι το κύκλωμα ροών δεν μπορεί να είναι ποτέ απόλυτα κλειστό, δεδομένου ότι όλα τα υλικά, αναπόφευκτα υποβαθμίζονται σε ποιότητα και ιδιότητες μετά το πέρας συγκεκριμένου αριθμού επανάχρησης ή ανακύκλωσής τους.

Με δεδομένο λοιπόν, ότι ο χρηστικός κύκλος ζωής των διαφόρων υλικών και κτηρίων τείνει στις μέρες μας να είναι όλο και πιο σύντομος από τον λειτουργικό, φαίνεται ότι η ευελιξία τροποποίησης των επιμέρους στοιχείων ενός κτηρίου που παρέχεται από το ανοικτό σύστημα δόμησης και το Σχεδιασμό Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση είναι απαραίτητη. Ωστόσο, σύμφωνα και με τον Stewart Brand, *Όλα τα κτήρια αποτελούν προβλέψεις. Όλες οι προβλέψεις είναι λανθασμένες - All buildings are predictions. All predictions are wrong.* [92] Επομένως δεν μπορούμε να γνωρίζουμε από τώρα την επιτυχημένη ή όχι ανταπόκριση της αρχιτεκτονικής, που θα προκύψει από αυτή τη μέθοδο σχεδιασμού, στις μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας-χρήστη. Η αβεβαιότητα αυτή ενισχύεται και από την έλλειψη επαρκών παραδειγμάτων εφαρμογής της, καθώς αποτελεί ένα σχετικά νέο τρόπο σχεδιασμού. Ωστόσο, ακόμη και υπό αυτό το κλίμα της αβεβαιότητας, σχεδιάζοντας με σκοπό την αποσυναρμολόγηση διασφαλίζεται η ανέγερση κτηρίων τα

[92] Durmisevic, E., 2006, σελίδα 49

οποία θα αποτελούν αποθήκες και μελλοντικές πηγές δομικών υλικών, για την ανέγερση των επόμενων κτηρίων.

Ακόμη, από τη μελέτη των παραδειγμάτων προκύπτει ότι η διαδικασία συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης που προκύπτει από το σχεδιασμό αυτό διαφοροποιείται ανάμεσα σε κτήρια μικρής και μεγάλης κλίμακας. Πράγματι, σε μικρά κτήρια όπως οι κατοικίες, στη διαδικασία συναρμο-αποσυναρμολόγησης μπορεί να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι μέθοδοι προκατασκευής και προσυναρμολόγησης τόσο εντός όσο και εκτός εργοταξίου. Αντίθετα, σε εξαιρετικά μεγάλης κλίμακας έργα, όπως σε ένα στάδιο, το μεγαλύτερο μέρος των στοιχείων του κτηρίου πρέπει να συναρμολογηθεί επί τόπου, στο εργοτάξιο, καθώς η μετακίνησή τους για μεγάλες αποστάσεις δυσχεραίνεται, λόγω του μεγέθους τους.

Προβληματισμοί, προτάσεις και περαιτέρω αναζήτηση

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επισημάνουμε ότι ύστερα από τη μελέτη της φιλοσοφίας και του τρόπου εφαρμογής αυτού του νέου είδους σχεδιασμού, εγείρονται νέα ερωτήματα και προτάσεις που ανοίγουν το δρόμο για περαιτέρω έρευνα και πειραματισμό σε αυτόν τον τομέα.

Μέχρι σήμερα, έχει γίνει όπως είδαμε μία πρώτη προσέγγιση στη θέσπιση των αρχών και της μεθοδολογίας που πρέπει να διέπουν το σχεδιασμό για ένα ευέλικτο και αποσυναρμολογούμενο κτήριο. Ωστόσο, αυτά παραμένουν κυρίως σε θεωρητικό επίπεδο, χωρίς την <u>έκδοση οργανωμένων, επίσημων και έγκυρων “εγχειριδίων” που να υποδεικνύουν πώς θα εφαρμοστεί η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση στην πράξη</u>. Αποτέλεσμα είναι η κάθε ομάδα μηχανικών που είναι υπεύθυνη για το σχεδιασμό ενός τέτοιου ευέλικτου κτηρίου να ανακαλύπτει δικούς της τρόπους υλοποίησης των διαφόρων αρχών. Έτσι, είναι πιθανόν να οδηγηθούμε σε κτήρια τα οποία αν και θα μπορούν να αποσυναρμολογηθούν, δεν θα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε κτήρια άλλων αρχιτεκτόνων καθώς οι λύσεις και οι κατασκευαστικές μέθοδοι που θα έχουν υιοθετηθεί θα είναι πάντα διαφορετικές και ασύμβατες μεταξύ τους. Επομένως κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη ενός τέτοιου εγχειριδίου, ή βάσης δεδομένων όμοιας σε λογική με αυτή της εφαρμογή IDIS που αφορά την αποσυναρμολόγηση αυτοκινήτων, όπως είδαμε παραπάνω. Μέσα σε αυτή θα μπορούν πιθανώς να καταχωρούνται μέθοδοι κατασκευής και διαχείρισης των διαφόρων ειδών υλικών-ενώσεων-κατασκευών, ώστε να αναπτυχθεί σταδιακά μια πλήρης “βιβλιοθήκη δράσης” στην οποία θα ανατρέχει ο εκάστοτε υπεύθυνος για το σχεδιασμό-ανέγερση-τροποποίηση-απομάκρυνση ενός κτηρίου.

Ο παραπάνω προβληματισμός υποδεικνύει παράλληλα και την αναγκαιότητα <u>εγκαθίδρυσης ενός συλλογικού και οργανωμένου συστήματος, που θα διασφαλίζει την ανάκτηση και επαναδιοχέτευση υλικών στην αγορά</u>, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή συνεχή ροή υλικών. Πώς όμως θα επιτευχθεί αυτό; Όπως και

στην περίπτωση της βιομηχανοποιημένης αρχιτεκτονικής στο παρελθόν, η επιτυχία του συστήματος αυτού δεν εξαρτάται μόνο από το ποιοτικό αποτέλεσμα και τη δυνατότητα αποσυναρμολόγησης του κτηρίου, αλλά και από τη μαζική του εφαρμογή η οποία θα επιφέρει και μείωση κόστους. Ωστόσο και εδώ εγείρονται επιμέρους ερωτήματα. Πώς θα μπορούμε, να έχουμε πρόσβαση στα ανακτημένα υλικά; Ποιος θα είναι υπεύθυνος για τη συλλογή, τον έλεγχό και την αξιολόγησή τους; Ακόμη, με τι τρόπο και κριτήρια θα εξετάζονται ή πιστοποιούνται τα ανακτημένα στοιχεία, ώστε να αποτελούν μια ασφαλή επιλογή για τη δόμηση;

Από την άλλη πλευρά, η επιστράτευση μεθόδων και αρχών της προκατασκευασμένης και συνεπώς βιομηχανοποιημένης αρχιτεκτονικής στο Σχεδιασμό Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση δημιουργεί ένα επιπλέον ερώτημα. Πώς μπορεί αυτό το νέο είδος αρχιτεκτονικής να προσαρμοστεί στις ανάγκες και απαιτήσεις της κάθε χώρας ή περιοχής ξεχωριστά; Όπως και στο παρελθόν με τη μαζική παραγωγή κτηρίων, έτσι και με αυτό το είδος σχεδιασμού υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας μιας παγκόσμιας και τυποποιημένης αρχιτεκτονικής, η οποία δεν θα ανταποκρίνεται ούτε στην τοπική κουλτούρα ούτε στις κλιματικές και άλλες συνθήκες της περιοχής. Έτσι, θα μπορούσε για παράδειγμα κάθε χώρα, κάποιοι οργανισμοί ή ακόμη και ενότητες χωρών με π.χ. παρόμοιες κλιματικές συνθήκες ή γεωλογικά χαρακτηριστικά να αναπτύσσουν συστήματα αποσυναρμολόγησης τα οποία θα ανταποκρίνονται στις δικές τους ανάγκες.

Τέλος, πώς θα μπορούσε να εφαρμοστεί ο Σχεδιασμός Με Σκοπό Την Αποσυναρμολόγηση σε υπάρχοντα κτήρια; Δεδομένου ότι στοχεύουμε στη βέλτιστη αξιοποίηση της εμπεριεχόμενης δυναμικής των κτηρίων και των υλικών τους, δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε το ήδη υπάρχον κτηριακό απόθεμα. Συνεπώς πρέπει να αναζητηθούν νέοι τρόποι αποδόμησης των συμβατικών κτηρίων και ανάκτησης των υλικών τους σε όσο πιο ακέραιη μορφή γίνεται, που θα ελαχιστοποιούν τα μειονεκτήματα των σημερινών μεθόδων, οι οποίες είναι δαπανηρές και ιδιαίτερα χρονοβόρες. Αυτό θα μπορούσε πιθανώς να αντιμετωπιστεί με την δημιουργία μιας βάσης δεδομένων όμοιας με αυτή που προαναφέρθηκε, η οποία ωστόσο θα αφορά τα συμβατικά κατασκευασμένα κτήρια. Ταυτόχρονα, ανεξάρτητα από τα παραπάνω, θα πρέπει να επιδιωχθεί η εξάντληση της λειτουργικής αντοχής των κτηρίων που αδυνατούν σήμερα να ανταποκριθούν στις σύγχρονες χρηστικές απαιτήσεις. Έτσι για παράδειγμα, διατηρώντας μόνο το Φ.Ο. ή κάποια άλλα στοιχεία όπως οι όψεις, θα εξοπλίζεται εκ νέου το κτήριο με υλικά και τρόπους κατασκευής που θα επιτρέπουν την ευελιξία του και τη μελλοντική αποσυναρμολόγηση του.

Ε’ ΜΕΡΟΣ

ΠΗΓΕΣ

Ε.1. Βιβλιογραφία

Ελληνική

Ανδρεαδάκη, Ε., *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*, UNIVERSITY STUDIO PRESS, Θεσσαλονίκη, 2007.

Καλογεράς, Ν., Κιρπότιν, Χ., Μακρής, Γ., Παπαϊωάννου, Ι., Ραυτόπουλος, Σ., Τζίτζας, Μ., Τουλιάτος, Π., *Θέματα Οικοδομικής*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.

Μπούρας, Χ., *Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής*, ΠΡΩΤΟΣ ΤΟΜΟΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, Αθήνα, 1999.

Ξενόγλωσση

Addis, B., *Building with Reclaimed Components and Materials, A Design Handbook for Reuse and Recycling*, EARTHSCAN, London UK, 2006.

Armitt, J., *The 2011 Lloyd's Register Educational Trust Lecture, Engineering the Olympics*, The Royal Academy of Engineering, London, 2011.

Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000.

Boonstra, C., Rovers, R., Pauwels, S., *Sustainable Building 2000, 22-25 October 2000, Maastricht, The Netherlands: proceedings*, Uitgeverij Æneas BV, The Netherlands, 2000.

CIB Report, *Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy*, University of Florida, USA, April 2001.

CIB Report, *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, University of Florida, USA, August 2000.

Durmisevic, E., *Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Cedris M&CC, Delft, Netherlands, 2006.

Eneas, *The Netherlands: proceedings,* Sustainable Building 2000, 22-25 October 2000, Maastricht, The Netherlands, 2000

Guy, B. and Ciarimboli, N., *Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design in building*, Hammer Center for Community Design, The Pennsylvania State University, 2008.

Kara, H., Georgoulias, A., *Interdisciplinary Design: Eroding Borders and Boundaries*, Actar and Harvard University Graduate school of design, 2012.

Kreiser, L., Yabar, A., Sterling, Herrera, P., Milne, J. E., and Ashiabor, H., *Green Taxation and Environmental Sustainability*, Critical Issues in Environmental Taxation, Volume XII, Edward Elgar, UK, 2012.

Kronenburg, R., *Houses in motion, The genesis, history and development of the portable building*, Academy editions, Great Britain, 1995.

Morgan, C., Stevenson, F., *Design for Deconstruction*, SEDA Design Guides for Scotland: No1, SEDA, London, 2005.

Testa, C., *The Industrialization of Building*, Verlag fur Architektur Artemis Zurich, Zurich, printed in Switzerland, 1972.

Vandenberg, M., *GLASS CANOPIES, DETAIL IN BUILDING*, Academy Editions, Great Britain, 1997.

Wagner, L.A., *Materials in the economy; material flows, scarcity, and the environment*, USGS Circular: 1221, 2002.

Yates, T., Ferguson, A., *BRE, Guide: The use of lime-based mortars in new build*, NHBC Foundation, Housing research and development in partnership with BRE Trust, Amersham, December 2008

Ε.2. Αρθρογραφία

Μαγκλίνης, Η., "Συνδέονται οικονομική και περιβαλλοντική κρίση- Ο Τιμ Τζάκσον προτείνει ένα ήπιο μοντέλο ανάπτυξης", *Η Καθημερινή*, 29 Ιανουαρίου 2012 http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_civ_2_29/01/2012_470371

Τζαφέστας, Σ., Κατέβας , Ν., Σπυροπούλου , Ε., Ανθόπουλος , Ι., Ράπτης , Σ., «Ευφυές ολοκληρωμένο ρομποτικό σύστημα αποσυναρμολόγησης αυτοκινήτων», *Σύγχρονες τεχνολογίες αυτόματου ελέγχου*, 1995, http://library.tee.gr/digital/m1564/tzafestas.pdf

Dey, A., "Reinventing the house, Thinking in layers", *Fine Homebuilding magazine*, issue 182, October/November 2006.

Hines, T., "Using dry-stacked concrete masonry for affordable construction, Interlocking mortarless systems have the potential to reduce costs without sacrificing performance", *Masonry Construction*, February 1995.

Pulaski, M., Hewitt, C., Horman, M., Ph.D. and Guy, B., "Design for Deconstruction", *Modern steel construction magazine*, June 2004.

Winters-Downet,E., S.E., LEED AP, "Reclaimed Structural Steel and LEED Credit MR3-Materials Reuse", *Modern steel construction magazine*, May 2010.

Ε.3. Διαλέξεις άλλων φοιτητών

Ελληνικές

Καραϊσκου, Ε., Μαλαματένιου, Ε., Οικονομοπούλου, Φ., «Αρχιτεκτονική και ανακύκλωση», ΕΜΠ, Αθήνα, Μάρτης 2008.

«Ανακύκλωση κι επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών για βιώσιμο σχεδιασμό», ΕΜΠ, Αθήνα, 2006

Ξενόγλωσσες

Adedeji, Y.M.D., "Sustainable, low cost housing technology in cities: accelerated construction initiatives option", Department of Architecture, Federal University of Technology, Akure, Nigeria

Gaisset, I.,master thesis: "Designing buildings for disassembly: Stimulating a change in he designer's role", Department of civil and environmental engineering, MIT, June 24, 2011.

Mouilek, S., "Design for Adaptability and Deconstruction (DfAD)", Master of engineering in civil and Environmental engineering, MIT, 2009.

Silverstein, S.A., "Applying "Design for Disassembly" to connection design in steel structures", Master of Engineering in Civil and environmental engineering, MIT, 2009.

Thormark, C., "Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings", Lund University, Department of Construction and Architecture , Lund Institute of Technology, Sweden, Lund 2001.

Ε.4. Ιστότοποι

Εμπρός ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ, «Αδρανή υλικά», τελευταία προβολή 15/10/2012, http://www.emprosnews.gr/news_Full.asp?articleID=2030

Η Καθημερινή, «Εγκατάλειψη όταν έφυγαν οι αθλητές... μετά το 2004, Οκτώ χρόνια μετά τους Ολυμπιακούς επικρατεί εικόνα πλήρους ερήμωσης», http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_sport_1_20/05/2012_482900

A Thanoon, W., Jaafar, M.S., Kadir, M.R.A., Ali, A.A.A., Trikha, D.N., Najm, A.M.S., "Development of an innovative interlocking load bearing

hollow block system in Malaysia", in *Construction and Building Materials*, Vol. 18, Issue 6, July 2004, Pages 445–454, τελευταία προβολή στις 20/11/2012, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061804000364

Allen Novak, C., "Aluminum: A Sustainable Structural Choice, Sponsored by CST COVERS INDUSTRIES, INC.", *Architectural Record*, τελευταία προβολή 30/12/2012, http://continuingeducation.construction.com/crs.php?L=298&C=890

AZAR, "mortarless brick", τελευταία προβολή στις 10/02/2013, http://www.azarblock.com

Ballard Bell,V., Rand, P., "Detailing the Sobek House", Architecture Week, 2006, τελευταία προβολή 15/10/2012, http://www.architectureweek.com/2008/0423/building_3-2.html

Bushby, H., Heald, C., "London 2012: Ten facts about the Olympic Stadium", *BBC news* UK, τελευταία προβολή 04/05/2012, http://www.bbc.co.uk/news/uk-17905304

Carnegie Mellon University, "Solar Decathlon 2007", τελευταία προβολή 30/12/2012, http://www.cmu.edu/homepage/practical/2007/spring/solar-decathlon-2007.shtml

Derringer , J., "Recycled Materials Cottage by Juan Luis Martínez Nahuel", *Design\milk*, τελευταία προβολή 30/12/2012, http://design-milk.com/recycled-materials-cottage-by-juan-luis-martinez-nahuel/

Dolden, G., "Big Dig House: Recycled Residence Reaches Completion", Inhabitat, 7-6-2009, τελευταία προβολή 10/10/2012, http://inhabitat.com/the-big-dig-house-reaches-completion/

econews.gr, «Ανακύκλωση οικοδομικών υλικών: «πράσινο» για τέσσερις μονάδες», τελευταία προβολή 15/10/2012, http://www.econews.gr/2012/02/22/anakuklwsi-oikodomikwn-ulikwn/

ECOTEC in association with CESAM, CLM, University of Gothenburg, UCD and IEEP (CR), Study on Environmental Taxes and Charges in the EU, "Final Report: Ch10: Landfill Taxes, European Commission", http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/ch10_landfill.pdf

Gibson, C., "Types of Cladding", Home improvement pages, τελευταία προβολή 30/12/2012, http://www.homeimprovementpages.com.au/article/Types_of_Cladding

Graphisoft, "BIM basics", τελευταία προβολή 05/01/2013, http://www.graphisoft.com/openbim/bim/

Haener Block, "The mortarless interlocking system", τελευταία προβολή στις 20/11/2012, http://www.haenerblock.com/index.html

IDIS (International Dismantling Information System), τελευταία προβολή 30/12/2012, www.idis2.com

Lindapter steelwork fixings, "Type SC Shackle Clamp", τελευταία προβολή 03/12/2012, http://www.lindapter.com/Products/Steelwork_Fixings/1/Type_SC_Shackle_Clamp

Lindapter, "About", τελευταία προβολή 03/12/2012, http://www.lindapter.com/About

Mok, K., "Artist Covers 10-Storey Building With 1,000 Recycled Doors", treehugger, τελευταία προβολή 30/12/2012,

http://www.treehugger.com/green-architecture/artist-transforms-building-facade-1000-recycled-doors-choi-jeong-hwa.html

Museum Hotel-Art Hotel of the World, "The hotel that moved: A historic move", τελευταία προβολή 10/10/2012, http://www.museumhotel.co.nz/wellingtons-iconic-hotel/a-historic-move

Novabrik, "Self-ventilated mortarless brick siding", τελευταία προβολή στις 20/11/2012, http://www.novabrik.com/html/en_stage/video/index.php3

RAKE Visningsrom, τελευταία προβολή 10/10/2012, http://rake.trondheim.no/visningsrom/

Roberts, R., "Fun Palace", *WorldArchitectureNews.com*, τελευταία προβολή 30/12/2012, http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=21461

Ascending Passage, an Alternative Egyptian Mysteries and Science Directory, "The Rameses Temple at Abu Simbel", τελευταία προβολή 10/10/2012, http://ascendingpassage.com/N-14-Abu-Simbel-Ramesses.htm

This is Concrete, "Case Studies: Olympic Stadium", τελευταία προβολή 10/10/2012, http://www.thisisconcrete.co.uk/home_page/case_studies/olympic_stadium.aspx

This is concrete, Recycled: Concrete is the ultimate solution for material efficiency, τελευταία προβολή 10/10/2012, http://www.thisisconcrete.co.uk/home_page/recycled.aspx

Tileco inc, Quality & Service, "Haener Block", τελευταία προβολή στις 20/11/2012, http://tilecoinc.com/pages/masonry_pages/M_haener.html

Victorian Station, "The Great Exhibition at the Crystal Palace", τελευταία προβολή 10/10/2012, http://www.victorianstation.com/palace.html

Weinhuber, K., Schreckenbach H., "Appropriate building technology in Thailand", *BASIN – News,* No. 5, January 1993, τελευταία προβολή στις 20/11/2012, http://www.greenstone.org/greenstone3/nzdl;jsessionid=224613574CC9E967E6711086B495D009?a=d&c=cdl&d=HASH018a7e9ecc435fcd26217a14.4.np&sib=1&p.s=ClassifierBrowse&p.sa=&p.a=b

ΕΔΟΕ, Εναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδας, *ΕΔΟΕ*, τελευταία προβολή στις 08/11/2012, http://www.edoe.gr

Κοτζαμπασάκης, Γ., "Ανακύκλωση Οικοδομικών Υλικών", τελευταία προβολή 15/10/2012, http://kotzabassakis.blogspot.gr/2010/02/blog-post.html

ΥΠΕΚΑ, ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ "Κοινή Υπουργική Απόφαση για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις- Συγκρότηση Διοικητικού Συμβουλίου Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π", τελευταία προβολή 15/10/2012, http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=362&sni%5B524%5D=488

Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού, "Παναγία Γοργοεπήκκοος", τελευταία προβολή 15/10/2012, http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1720

Σειρά Ντοκιμαντέρ, *Megastructures*, επεισόδιο: London's Olympic Stadium, National Geographic channel 2012

Ε.5. Πηγές εικόνων

Α΄ΜΕΡΟΣ

Α.1. Εισαγωγή

Εικόνα 1, chemistry123123.blogspot.gr
Εικόνα 2, www.Britannica.com
Εικόνα 3, www.basementsystems.ca
Εικόνα 4, www.engineeringcivil.com
Εικόνα 5, www.ecogeek.org
Εικόνα 6, www.wikipedia.org
Εικόνα 7, electrology.mysch.gr
Εικόνα 8, www.mastoremata.gr
Εικόνα 9, chris.blogspot.com
Εικόνα 10, www.nawabhdemolition.com
Εικόνα 11, www.elitephotos.co.uk
Εικόνα 12, www.arcadiaportal.gr
Εικόνα 13, newgroundconstruction.com

Α.2.

Εικόνα 14, www.anmachina.com
Εικόνα 15, www.diakopes.gr
Εικόνα 16, centralgreenwichcollege.com
Εικόνα 17, www.scs.sk.ca
Εικόνα 18, ongoing.blogspot.com
Εικόνα 19, knibbdesign.com
Εικόνα 20, fondazionerenzopiano.org
Εικόνα 21, www.industriealbertani.it
Εικόνα 22, corneredinparis.blogspot.com
Εικόνα 23, www.schefferj.ps.hu
Εικόνα 24, www.museumhotel.co.nz
Εικόνα 25, προσωπικό αρχείο
Εικόνα 26, www.gonoma.net
Εικόνα 27, www.archdaily.com
Εικόνα 28, www.sustainableguernsey.info
Εικόνα 29, CIB Report, *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, University of Florida, USA, August 2000, p 142
Εικόνα 30, CIB Report, *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, University of Florida, USA, August 2000, p 142
Εικόνα 31, design-milk.com
Εικόνα 32, www.treehugger.com
Εικόνα 33, visuall.net
Εικόνα 34, www.ssdarchitecture.com

Β΄ΜΕΡΟΣ

Β.1.

Εικόνα 35, ahmdzaher.blogspot.com

Β.2.

Εικόνα 36, www.kala-nea.gr
Εικόνα 37, toblogsas.skai.gr
Εικόνα 38, www.idis2.com
Εικόνα 39, newyorktimes.blogspot.com
Εικόνα 40, wot.motortrend.com
Εικόνα 41, auto.in.gr

Β.3.

Εικόνα 42, Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000, σελ. 16
Εικόνα 43, Durmisevic, E., *Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Cedris M&CC, Delft, Netherlands, 2006, σελ. 43
Εικόνα 44, va312ozgunkilic.wordpress.com
Εικόνα 45, examthemes.blogspot.com
Εικόνα 46, www.cca.qc.ca
Εικόνα 47, Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000, σελ. 17
Εικόνα 48, Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000, σελ. 17

Εικόνα 49, Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000, σελ. 17
Εικόνα 50, Berge, B., Translated by Henley, F., *The ecology of building materials*, architectural press, Great Britain, 2000, σελ. 17
Εικόνα 51, www.iaarc.org
Εικόνα 52, thingsorganizedneatly.tumblr.com
Εικόνα 53, Dey A., "Reinventing the House", *Fine Homebuilding*, November 2006, σελ. 60
Εικόνα 54, www.bls.gov
Εικόνα 55, angelfloresjr.multiply.com
Εικόνα 56, www.influx.co.uk

Β.4.

Εικόνα 57, Durmisevic, E., *Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Cedris M&CC, Delft, Netherlands, 2006, σελ. 182
Εικόνα 58, mccrindle.com
Εικόνα 59, tilecoinc.com
Εικόνα 60, Durmisevic, E., *Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Cedris M&CC, Delft, Netherlands, 2006, σελ. 182
Εικόνα 61, Silverstein, S.A., "Applying "Design for Disassembly" to connection design in steel structures", Master of Engineering in Civil and environmental engineering, MIT, 2009, σελ. 11
Εικόνα 62, Silverstein, S.A., "Applying "Design for Disassembly" to connection design in steel structures", Master of Engineering in Civil and environmental engineering, MIT, 2009, σελ. 11
Εικόνα 63, www.knexusergroup.org.uk
Εικόνα 64, www.girdersandgears.com
Εικόνα 65, Silverstein, S.A., "Applying "Design for Disassembly" to connection design in steel structures", Master of Engineering in Civil and environmental engineering, MIT, 2009, σελ. 23
Εικόνα 66, www.lindapter.com
Εικόνα 67, Silverstein, S.A., "Applying "Design for Disassembly" to connection design in steel structures", Master of Engineering in Civil and environmental engineering, MIT, 2009, σελ. 11
Εικόνα 68, canadianhomeworkshop.com
Εικόνα 69, www.howtospecialist.com
Εικόνα 70, pinfoundations.com
Εικόνα 71, www.airport-suppliers.com
Εικόνα 72, www.architonic.com
Εικόνα 73, www.metalarchitecture.com
Εικόνα 74, www.riverbendtf.com
Εικόνα 75, CIB Report, *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, University of Florida, USA, August 2000, p 104
Εικόνα 76, scholar.lib.vt.edu/thesis
Εικόνα 77, www.vitruvio.ch
Εικόνα 78, lacatedraadhonorem.blogspot.com
Εικόνα 79, www.alibaba.com
Εικόνα 80, images.nonexiste.net
Εικόνα 81, bensonwood.com
Εικόνα 82, www.tripomatic.com
Εικόνα 83, manchesterhistory.com
Εικόνα 84, Dey A., "Reinventing the House", *Fine Homebuilding*, November 2006, σελ.59
Εικόνα 85, www.emerald.com
Εικόνα 86, www.buildings.com
Εικόνα 87, www.infolink.com.au
Εικόνα 88, masonryconstructiononline.com
Εικόνα 89, hoffice.wordpress.com
Εικόνα 90, Durmisevic, E., *Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Cedris M&CC, Delft, Netherlands, 2006, σελ. 58

Γ΄ΜΕΡΟΣ

Γ.1.

Εικόνα 91, www.aia.org
Εικόνα 92, www.aia.org
Εικόνα 93, openbuildings.com
Εικόνα 94, www.boschrexroth.com
Εικόνα 95, openbuildings.com
Εικόνα 96, openbuildings.com

Εικόνα 97, chamdesign.tistory.com
Εικόνα 98, cdn.ronenbekerman.com
Εικόνα 99, www.aia.org
Εικόνα 100, masonryconstructiononline.com
Εικόνα 101, homesthetics.net
Εικόνα 102, www.wernersobek.de
Εικόνα 103, www.homedesignfind.com
Εικόνα 104, www.flickr.com
Εικόνα 105, www.architectureweek.com
Εικόνα 106, www.wernersobek.de
Εικόνα 107, homesthetics.net
Εικόνα 108, enzocaputto4.pbworks.com
Εικόνα 109, enzocaputto4.pbworks.com
Εικόνα 110, www.rsvlts.com
Εικόνα 111, www.populouslondon2012.com
Εικόνα 112, snazz84.deviantart.com
Εικόνα 113, pamakidscoach.wordpress.com
Εικόνα 114, www.topboxdesign.com
Εικόνα 115, www.topboxdesign.com
Εικόνα 116, www.popsci.com
Εικόνα 117, www.thisisconcrete.co.uk
Εικόνα 118, fabricarchitecturemag.com
Εικόνα 119, arabiangazette.com
Εικόνα 120, www.detail-online.com
Εικόνα 121, www.detail-online.com

Γ.2.

Εικόνα 122, www.wikipedia.org
Εικόνα 123, www.callananreclamation.co.uk
Εικόνα 124, nebr.com.au
Εικόνα 125, sifakisglass.gr
Εικόνα 126, προσωπικό αρχείο