



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ έννοια, ιστορία, προοπτικές

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ
ΤΣΙΟΥΜΑ ΜΑΡΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΜΑΡΚΟΥ ΜΑΡΙΑ / ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, 2017



Τυποποίηση & Προκατασκευή

1. Η έννοια της τυποποίησης

- Σε ένα κατασκευαστικό έργο υπάρχουν 2 βασικές διαδικασίες: σχεδιασμός & κατασκευή.
- Ο σχεδιασμός εμπεριέχει όλες τις επιλογές οι οποίες θα μετουσιωθούν σε ολοκληρωμένο έργο και θα καθορίσουν την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της τελικής κατασκευής.
- Η χρήση μιας βασικής επαναλαμβανόμενης διάστασης (τυποποίηση) απλοποιεί το σχεδιασμό, επομένως δικαιολογείται από τις λειτουργικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις.
- Ο κানাβος είναι σύστημα υποδιαίρεσης της επιφάνειας σχεδιασμού, στους 2 ή 3 άξονες.
- Στην αρχαιότητα ως μέτρο μήκους χρησιμοποιούσαν τον «πόδα», αλλά γινόταν συχνά χρήση και του εμβάτη (modulus) ως προς τον καθορισμό των επιμέρους μεγεθών.

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

Δομικός κάναβος σε κτήριο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου



2. Η έννοια της προκατασκευής

- Διαδικασία κατασκευής που λαμβάνει χώρα σε ειδικές εγκαταστάσεις, όπου διάφορα υλικά συναρμολογούνται για να σχηματίσουν ένα τμήμα μιας τελικής εγκατάστασης.
- Βιομηχανικός τρόπος παραγωγής δομημένου έργου, όπου η επιλογή της συσχέτισης δομικών στοιχείων στη βάση κοινής μονάδας εξασφαλίζει το μέτρο.
- Εξελιγμένη, σύγχρονη μέθοδος κατασκευής που επιτρέπει την εξέλιξη και απλοποίησή της και διευκολύνει την εισαγωγή νέων μεθόδων και τεχνολογιών.
- Τεχνολογικό σύστημα που βασίζεται στη συσχέτιση στοιχείων βάσει μιας κοινής μονάδας και στην οργάνωση και διάταξή τους με τη μέγιστη οικονομία μέσων, κόστους και εργασίας.

→ Ο ορισμός της προκατασκευής δεν είναι εύκολος!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

Gomos Modular Home, Πορτογαλία, συναρμολόγηση σε 3 ημέρες



3. Κατηγοριοποίηση της προκατασκευής

- Ως προς τη σχηματοποίηση των στοιχείων της κατασκευής:
 1. Γραμμική
 2. Επιφανειακή
 3. Τρισδιάστατη
- Ως προς τον τρόπο χρήσης των προκατασκευασμένων στοιχείων:
 1. Ανοικτή
 2. Κλειστή
- Ως προς το βάρος και τη δυσκαμψία των προκατασκευασμένων στοιχείων:
 1. Ελαφρά προκατασκευή $< 1\frac{1}{2}$ [t] ανά τμχ.
 2. Βαρεία προκατασκευή $1\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$ [t] ανά τμχ.
- Ως προς τον χώρο της παραγωγής των προκατασκευασμένων στοιχείων:
 1. Εργοταξιακή
 2. Εργοστασιακή

4. Προκατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος

■ Πλεονεκτήματα:

1. Οικονομία υλικού που προορίζεται για ικριώματα.
2. Μεγαλύτερη τεχνική ακρίβεια.
3. Υψηλό επίπεδο προτυποποίησης.
4. Περιορισμός της εργοταξιακής εργασίας στη συναρμολόγηση των τεμαχίων.
5. Μείωση χρόνου εργασίας και απαιτήσεων σε εργατικό δυναμικό.
6. Παράλειψη των αρμών διακοπής εργασίας σκυροδέτησης.
7. Απαίτηση για λιγότερους αρμούς διαστολής σκυροδέματος.
8. Αποφυγή του εποχιακού χαρακτήρα της οικοδομικής βιομηχανίας.

■ Μειονεκτήματα:

1. Η μεταφορά και ανύψωση των στοιχείων απαιτεί ειδικό μηχανικό και τεχνικό εξοπλισμό.
2. Η επένδυση προκειμένου να είναι οικονομικά αποσβέσιμη απαιτεί μεγάλη ποσότητα παραγωγής.
3. Η τυποποίηση των διαστάσεων και των μορφών δημιουργεί μονοτονία της ομοιομορφίας.

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές



Κτίριο εξ ολοκλήρου κατασκευασμένο από προκατασκευασμένα στοιχεία ο.σ.

ΕΜΠ | Σχολή Πολιτικών Μηχανικών | Διπλωματική Εργασία | Τσιούμα Μαρία

5. Παραδοσιακή VS βιομηχανοποιημένη δόμηση

- Η τυποποίηση και προκατασκευή δεν οδηγούν απαραίτητα σε προϊόντα λειτουργικά ή αισθητικά διακριτά από αυτά των συμβατικών κατασκευών.
- Η προκατασκευή απαιτεί εξάιρετη γνώση των κατασκευαστικών ζητημάτων, και επαναφέρει το ζήτημα του ολιστικού σχεδιασμού, γνωστό από την προ-βιομηχανική εποχή των αρχιμαστόρων.
- Η διάσωση της οικοδομικής παράδοσης είναι απαραίτητη και η εκβιομηχάνιση της κατασκευής κατηγορείται για την εξαφάνιση των ιστορικών οικοδομικών τεχνικών.
- Στην παραδοσιακή δόμηση διακρίνουμε αρχές που παραπέμπουν στην προκατασκευή ως λογική και όχι ως εφαρμοζόμενη οικοδομική μέθοδο.

→ Η προσαρμοστικότητα της οικοδομικής τέχνης στις καταστάσεις αποτελεί ιστορικά διαχρονική επιδίωξη!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

Παραδοσιακές ξύλινες πανομοιότυπες κατοικίες στη Σουηδία





Σύντομη ιστορική αναδρομή

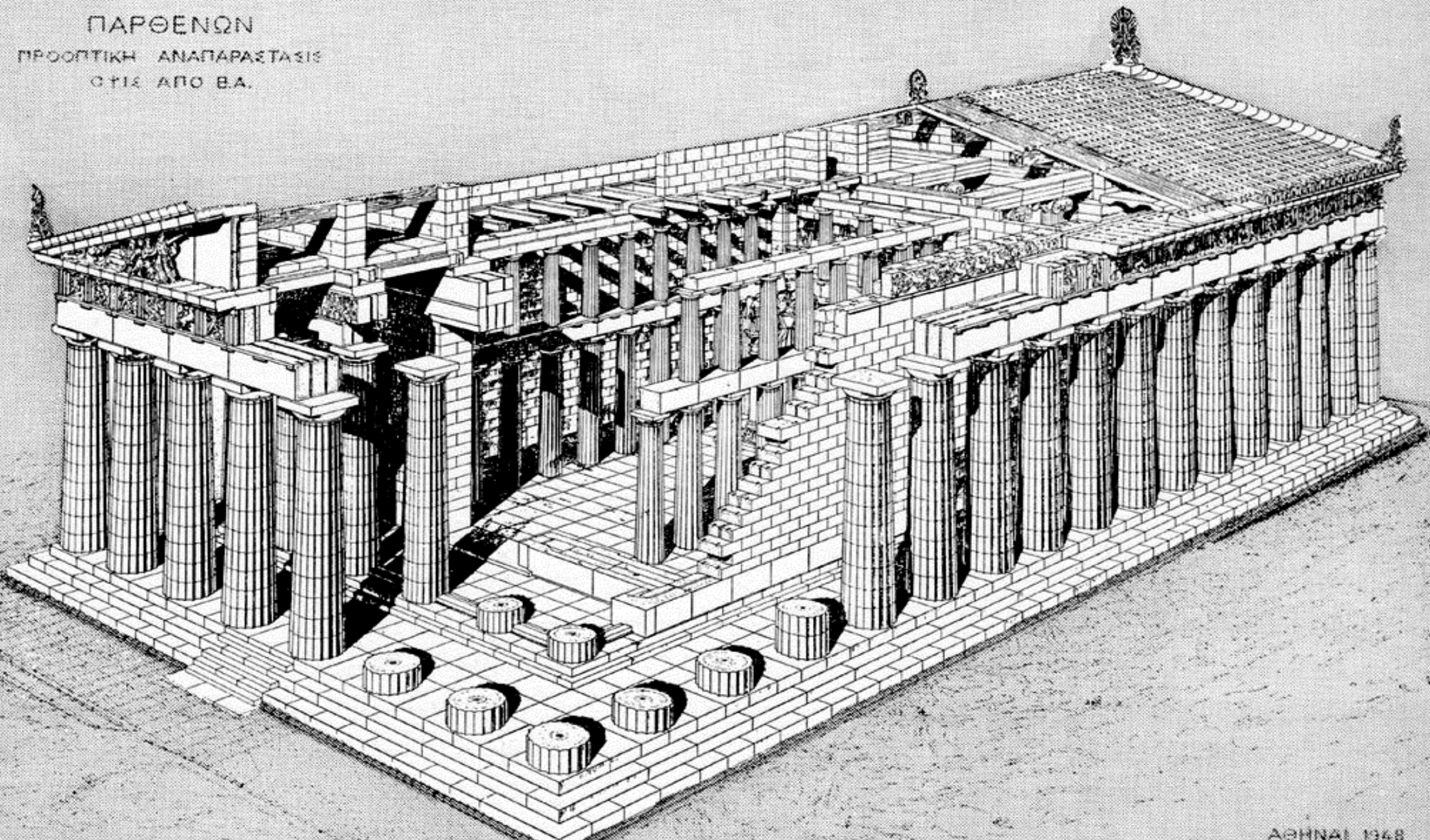
1. Η προκατασκευή στην αρχαιότητα

- Οι πρώτες ιστορικές μαρτυρίες για την προκατασκευή ανάγονται στον πολιτισμό της Μεσοποταμίας και την εφεύρεση των οπτόπλινθων.
- Η προκατασκευή βρίσκει εφαρμογή στην αρχιτεκτονική της κλασικής αρχαιότητας όπου η χρήση των αναλογιών και του ρυθμού επέτρεψε τη δημιουργία επαναλαμβανόμενων στοιχείων.
- Στη μεσαιωνική και βυζαντινή αρχιτεκτονική η έννοια της τυποποίησης και του κανάβου απουσιάζουν.
- Η τυποποίηση επανεμφανίζεται στην Αναγέννηση που δανείζεται τη ρυθμολογία της κλασικής αρχαιότητας, ειδικά σε μνημειώδη κτήρια.

→ Ιστορικά η προκατασκευή αφορά κυρίως στοιχεία υποκείμενα σε μερισμό και τυποποίηση!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

ΠΑΡΘΕΝΩΝ
ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΙΣ
ΣΤΙΣ ΑΠΟ Β.Α.



ΑΘΗΝΑΙ 1948

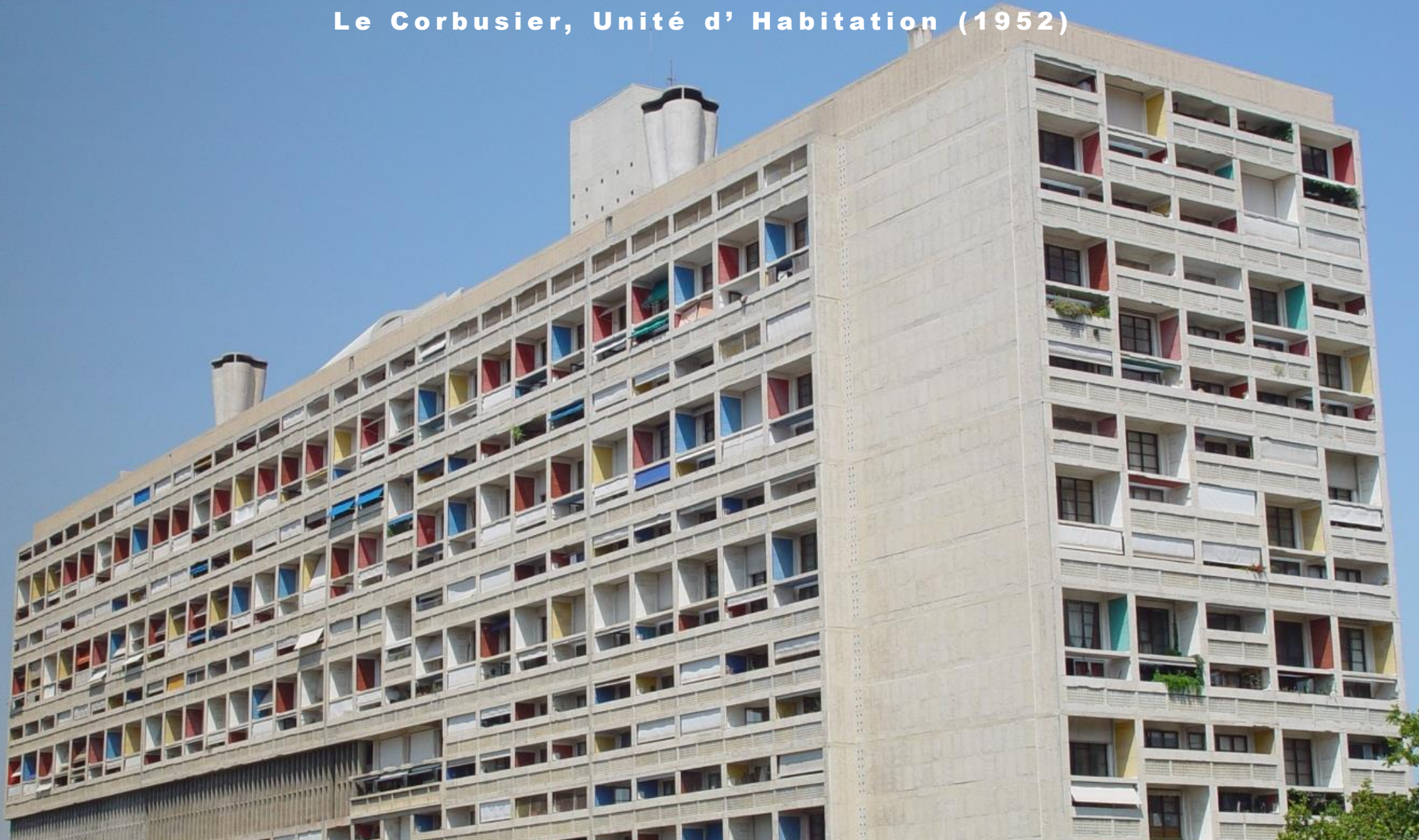
2. Η προκατασκευή στη νεότερη βιομηχανική εποχή

- Οι απαρχές της σύγχρονης προκατασκευής τοποθετώνται στην 1η Βιομηχανική Επανάσταση και στη γενικευμένη χρήση του μετάλλου στην Αγγλία .
 - Το Crystal Palace (1851) κατασκευάστηκε μόλις σε 4 μήνες και αντιπροσώπευε μια ολιστική κατασκευαστική μέθοδο μαζικής παραγωγής και συστηματικής συναρμολόγησης.
 - Στον 20ο αιώνα η προκατασκευή θα χρησιμοποιηθεί για να αντιμετωπίσει τις νέες κοινωνικές εξελίξεις και τα παρελκόμενα των πολέμων μέσω οργανωμένων εφαρμογών στη στεγαστική πολιτική.
 - Η ιδέα της μαζικής παραγωγής κατοικίας για τον Le Corbusier ήταν ανάλογη της μαζικής παραγωγής των αυτοκινήτων, ο ίδιος άλλωστε αποκαλούσε το σπίτι «μηχανή του κατοικείν».

→ Πασίγνωστα κτήρια βασίστηκαν στην προκατασκευή και υλοποιήθηκαν τμηματικά, πχ. Guggenheim Bilbao!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

Le Corbusier, Unité d'Habitation (1952)



3. Σύγχρονες προσεγγίσεις στην προκατασκευή

- Μετά το '80 η προκατασκευή αντιμετωπίζεται σε πιο σοβαρό πλαίσιο, έχει μεγαλύτερο βαθμό αυτονομίας και ελευθερίας, τα κίνητρά της δεν είναι μόνο οικονομικά, αλλά και οικολογικά.
- Η κατασκευαστική βιομηχανία έχει ωριμάσει και ενσωματώνει τεχνολογίες γενικής εφαρμογής, όπως το 3D-CAD και η αυτοματοποιημένη κατασκευή.
- Παρατηρείται μία γενίκευση της προσέγγισης της προκατασκευής τόσο στην κατασκευαστική βιομηχανία όσο και στη γενικότερη φιλοσοφία των σύγχρονων επιχειρήσεων.
- Το ποσοστό της προκατασκευής στη Γερμανία φθάνει το 24%, στη Σκανδιναβία το 42% και στις ΗΠΑ το 30%, όπου ειδικά το 15% νεόδμητων κατοικιών χρησιμοποιεί μεταλλικό φέροντα οργανισμό.

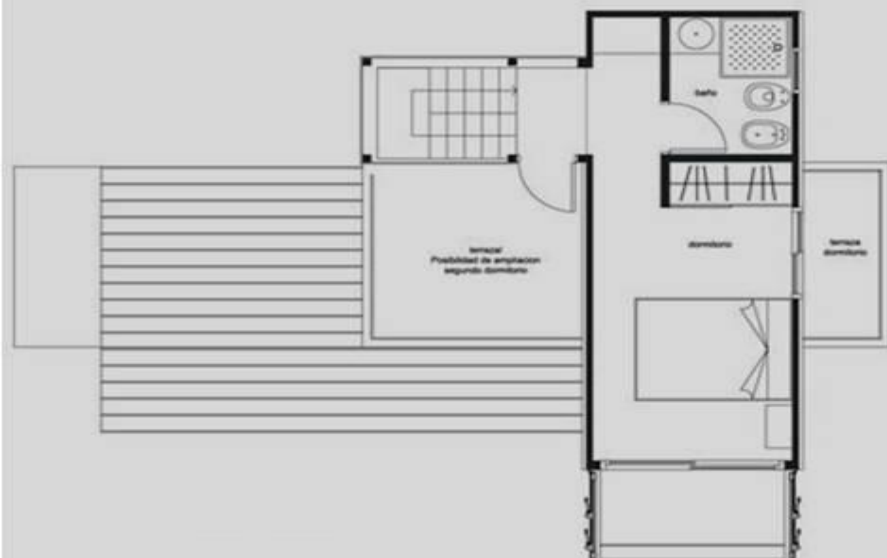
→ Αν πρέπει να διδαχθούμε από το παρελθόν είναι να αποσαφηνίσουμε ακριβώς τί σημαίνει προκατασκευή!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές

17M
ARQUITECTURA MODULAR



Ιδέες για προκατασκευασμένη κατοικία με χρήση container



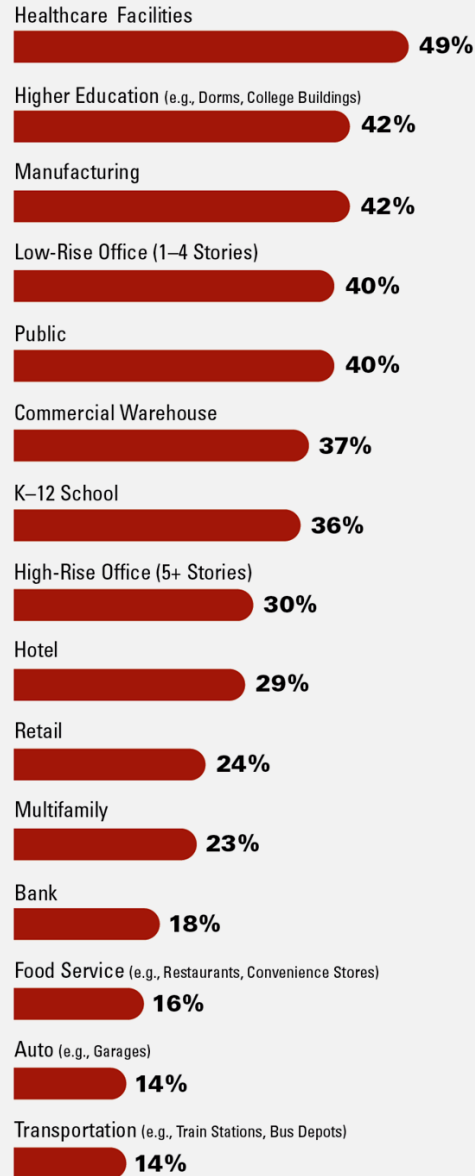
ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές



Εσωτερικό προκατασκευασμένης κατοικίας αρχιτέκτων F.Καρρε.

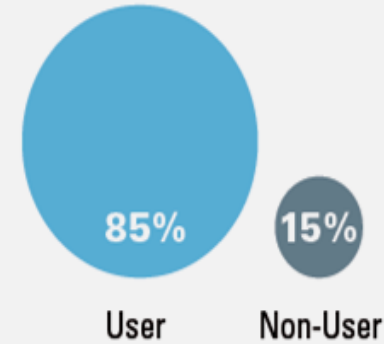
Building Sectors Using Prefabrication/Modularization

Source: McGraw-Hill Construction, 2011



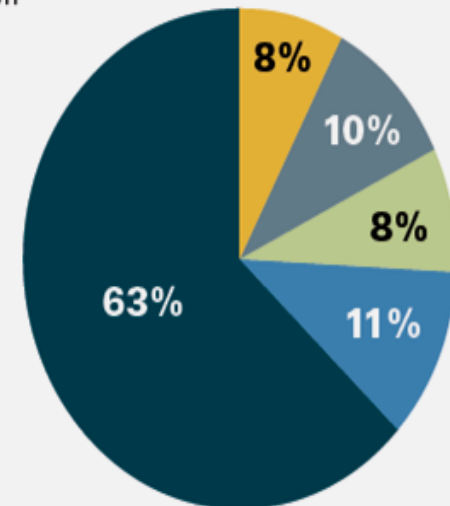
Percentage of Prefabrication/Modularization Users Today (2011)

Source: McGraw-Hill Construction, 2011



Length of Time Using Prefabrication/Modularization

Source: McGraw-Hill Construction, 2011





Ελληνική προκατασκευή

1. Εφαρμογές της προκατασκευής στην Ελλάδα

- Στην Ελλάδα η προκατασκευή εμφανίζεται στη δεκαετία του '70 και συμβάλλει ουσιαστικά στον τεχνικό τομέα από το '80, όταν και καταγράφονται πανελλαδικά 8 σημαντικές εταιρίες.
- Η προκατασκευή έδωσε λύση σε μεγάλα δημόσια έργα τεχνικών υποδομών εντός και εκτός Αθηνών, ενδεικτικά Εγνατία Οδός, ΜΕΤΡΟ, ΟΑΚΑ, Αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος, κα.
- Από το 1985 ο ΟΣΚ χρησιμοποιεί και εξελίσσει το σύστημα των προκατασκευασμένων κυψελών ο.σ. αποδεικνύοντας πως υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης οργανωμένων συστημάτων προκατασκευής.
 - Η ελληνική προκατασκευασμένη κατοικία κινείται σε χαμηλότερα επίπεδα ως προς το ζήτημα κυρίως της αισθητικής και του design, αντιμετωπίζεται ως η εξαίρεση και όχι κάτι σύνηθες.

→ Η ελληνική αγορά προκατασκευασμένης κατοικίας έχει ως βασικό μέσο προσέγγισης το χαμηλό κόστος!

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές



Δημοτικό Σχολείο στη Θεσσαλονίκη με προηγμένο σύστημα προκατασκευής

ΕΜΠ | Σχολή Πολιτικών Μηχανικών | Διπλωματική Εργασία | Τσιούμα Μαρία

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές



Ελληνικές, λυόμενες, προκατασκευασμένες κατοικίες

2. Λόγοι μη-αναπτύξεως της προκατασκευής

- Η μεταφορά και διάθεση των προκατ προϊόντων σε σχέση με τη γεωγραφία της χώρας.
- Η ελλιπής ανάπτυξη της βιομηχανοποιημένης δόμησης και της τεχνογνωσίας στην κατοικία.
 - Η απουσία ιδιωτικών επενδύσεων σε προγράμματα κοινωνικής κατοικίας.
 - Η έλλειψη οργανωμένης εθνικής κατευθυντήριας πολιτικής στην προκατασκευή.
 - Η περιορισμένη γνώση του αγοραστικού κοινού.
 - Η μικρή οργανωμένη προβολή της προκατασκευασμένης δόμησης.
- Η ιδιοσυγκρασία του ελληνικού λαού και η συναισθηματική εξάρτηση από τη συμβατική δόμηση.

→ Συνολικά στην Ελλάδα η βαρία προκατασκευή αποτελεί μόλις στο 3% της οικοδομικής δραστηριότητας!



Προκατασκευή & αρχιτεκτονική

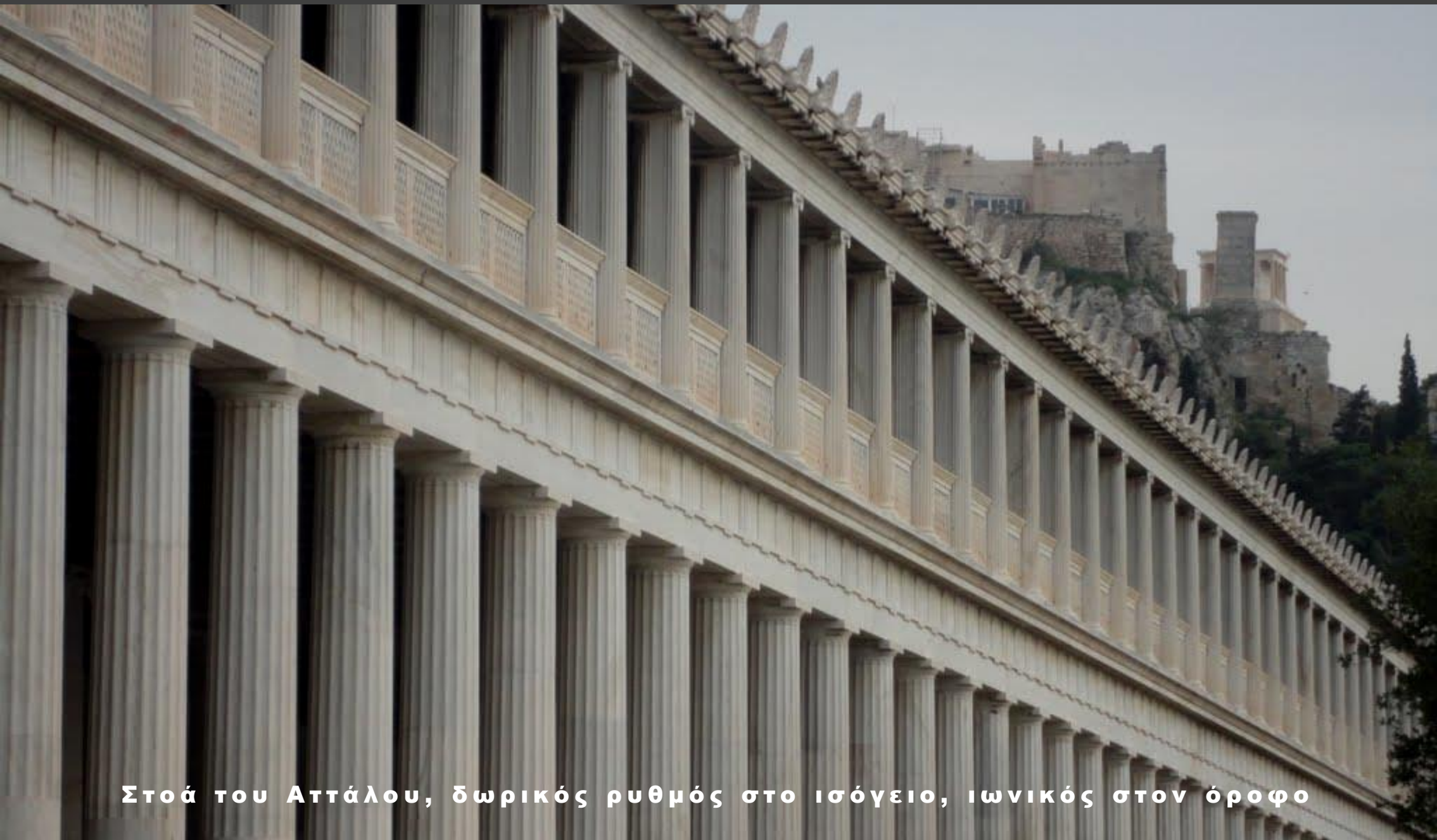
1. Αισθητική VS προκατασκευή

- Η αισθητική ασχολείται με την καλλιτεχνική υπόσταση του έργου, επομένως θεωρητικώς αντιδιαστέλλεται την προκατασκευή η οποία έχει καθαρά οικονομοτεχνικό περιεχόμενο.
- Η βιομηχανική τυποποίηση που παράγει συνθέσεις απaráλλακτες δύσκολα θα γίνει αποδεκτή βάσει των αισθητικών κριτηρίων που καλύπτουν τα αρχιτεκτονικά έργα ανώτερης ποιότητας.
- Η προκατασκευή δε στερείται υποχρεωτικά αισθητικής, το πρόβλημα είναι να μη χαθεί μέσω της επανάληψης η ανάγκη των κτηρίων για ταυτότητα και χαρακτήρα.

→ «Ρυθμός είναι ο δια των αρχιτεκτονικών μορφών τρόπος εκφράσεως του πνεύματος μιας εποχής»!

(Μπούρας, 1991: 7)

ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ: Έννοια, Ιστορία, Προοπτικές



Στοά του Αττάλου, δωρικός ρυθμός στο ισόγειο, ιωνικός στον όροφο

2. Η αρχιτεκτονική σκέψη στην προκατασκευή

■ Οι κίνδυνοι:

1. Η προκατασκευή από μέσο δόμησης να γίνει αυτοσκοπός, οπότε εύλογα προκαλεί τον σκεπτικισμό των αρχιτεκτόνων.
2. Η άρνηση της αρχιτεκτονικής να συνεργαστεί με τη βιομηχανοποιημένη δόμηση να καταστήσει τον αρχιτέκτονα έξω από την εξέλιξη των πραγμάτων.

■ Η συμβολή των αρχιτεκτόνων στην προκατασκευή:

1. Να αποδώσουν έκφραση και ρυθμό σε ένα πρακτικό σύστημα δόμησης, ώστε αυτό να παράξει χώρους αρχιτεκτονικούς και όχι μόνο λειτουργιστικούς.
2. Να καταστήσουν σαφές ότι η απομίμηση ιστορικών αρχιτεκτονικών μορφών παρότι τεχνικά εφικτή μέσω της τυποποίησης, είναι άσκοπη και εκτός της εποχής μας
3. Να φροντίσουν για την ορθή ένταξη της προκατασκευής στο τοπίο ως προς τις μορφές, τα χρώματα, τους τόνους και αντιθέσεις, το γενικότερο χαρακτήρα της.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η οικοδομική τεχνολογία ακολουθεί την εξέλιξη των τεχνών και επιστημών.
 - Η προκατασκευή έχει αναπτυχθεί ήδη από το απώτατο παρελθόν.
 - Σήμερα η διάσταση της προκατασκευής είναι πολύ διαφορετική.
- Η αισθητική ποιότητα συνδυάζεται πλέον με τη σχέση κόστους / προϊόντος.
 - Μελλοντικά αναμένεται ακόμη ταχύτερη ανάπτυξη μέσω νέων υλικών.
 - Στόχος του τεχνικού και βιομηχανικού κόσμου πρέπει να είναι η αναβάθμιση της προκατασκευής προς όφελος των καταναλωτών και σε αυτό θα συμβάλει η άμβλυνση των αντιρρήσεων των αρχιτεκτόνων.

ΒΑΣΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-  Μιχελής, Π. (1973). «Προκατασκευή και Αισθητική», Δομική Προκατασκευή, Τεχνικόν Επιμελητήριο της Ελλάδος, Αθήναι, σσ.471-497.
-  Μπίρης, Κυπριανός (1973α). «Συμπεράσματα του Σεμιναρίου Προκατασκευής», Δομική Προκατασκευή, Τεχνικόν Επιμελητήριο της Ελλάδος, Αθήναι, σσ.9-17.
-  Μπίρης, Κυπριανός (1973β). «Η Σύγχρονος Δομική Προκατασκευή», Δομική Προκατασκευή, Τεχνικόν Επιμελητήριο της Ελλάδος, Αθήναι, σσ.19-30.
-  Τζουμάκη, Κανέλλα (2009). *Στοιχεία προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων : εφαρμογές και προοπτικές στην Ελλάδα*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, διαθέσιμη στο διαδικτυακό τόπο: <http://hdl.handle.net/10889/2483> [2017-03-15]
-  Bernstein, M. Harvey, Gudgel, E. John, Laquidara-Carr, Donna (2011). *Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry*, McGraw-Hill Construction, available online at: <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/economics/Prefabrication-Modularization-in-the-Construction-Industry-SMR-2011R.pdf> [2017-03-15]
-  Burnham, Kelly (1951). *The Prefabrication of Houses. A study by the Albert Farwell Bemis Foundation of the Prefabrication Industry in the United States*, Published by the Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology and John Wiley & Sons, Inc, New York.
-  Gardiner, James (2008). *Exploring prefabrication. International study of prefabrication within aerospace, shipbuilding, automotive and construction industries*, available online at: https://www.architects.nsw.gov.au/download/BHTS/Gardiner_James_exploring_prefabrication.pdf [2017-03-15]
-  Mokk, László (1964). *Prefabricated Concrete for Industrial and Public Structures*, Eighth revised and enlarged edition with 569 figures, Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
-  Nissen, Henrik (1972). *Industrialized buildings and modular design*, Designed and Published by the Cement and Concrete Association, London.
-  Vale, Brenda (1995). *Prefabs. A history of the UK Temporary Housing Programme*, E&FN Spon, London.
-  White, R.B. (1965). *Prefabrication. A history on its development in Great Britain*. National Building Studies, Building Research Station, Her Majesty's Stationery Office, London.

Ευχαριστώ!!!