

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Δώρα Μαυρίδου

Αρχιτέκτων Μηχανικός

Υπ. Διδάκτωρ τμ. Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, ΔΠΘ

Το βιομηχανικό κτίριο ή εργοστάσιο αποτελεί το κέλυφος ή περιγράφει τον χώρο στον οποίο εκτελούνται δραστηριότητες βιομηχανικής παραγωγής και αποθήκευσης.

Με τον όρο βιομηχανική παραγωγή χαρακτηρίζεται η δημιουργία αγαθών και η αύξηση της χρησιμότητας αυτών στην ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών.

Το κτίριο πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να υπακούει στις εκάστοτε ανάγκες, να γεννάται ώστε να υποδέχεται την εσωτερική του λειτουργία με κάθε είδους πρόβλεψη ώστε να μπορεί να δεχτεί οποιαδήποτε αλλαγή που οι ανάγκες του αύριο θα απαιτήσουν χωρίς σπατάλη χρήματος, χρόνου, χώρου και επίπτωσης στο περιβάλλον. Αυτό απαιτεί την έρευνα πολλών παραγόντων που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το βιομηχανικό κτίριο, εργοστάσιο.

Η έρευνα για αυτόν τον σχεδιασμό σκοπό έχει να δημιουργήσει ένα κέλυφος που θα υιοθετήσει απόλυτα την γραμμή παραγωγής της εκάστοτε χρήσης, θα υπακούει στην βιωσιμότητα του κτιρίου, θα σέβεται το περιβάλλον, θα μπορεί να υποδέχεται λόγω της ευέλικτης δομής του άλλες χρήσεις και άλλες τοποθεσίες. Μια έρευνα που θα αφορά ένα πρότυπο εργοστάσιο, βιομηχανικό κτίριο. Στην ανάπτυξη μεθόδων σχεδιασμού και τρόπων κατασκευής νέων βιομηχανικών κτιρίων για το εργοστάσιο στο μέλλον αποβλέπει και η έρευνα που ήδη έχει ξεκινήσει στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης που σκοπό έχει την διερεύνηση των παραμέτρων της πράσινης και λιτής παραγωγής που επηρεάζουν την αρχιτεκτονική αφενός και την παραγωγή αφετέρου. Με τελικό σκοπό την ανάπτυξη μιας λιτής και πράσινης βιομηχανίας με το ελάχιστο κόστος στον βέλτιστο χρόνο, την αύξηση της αξίας του προϊόντος και τη μείωση των ενεργειακών δαπανών.

Σε μια εποχή που η οικονομία και η κοινωνία της απαιτεί την «λιτή» σκέψη, την σκέψη που πρέπει να κάνει ολοένα περισσότερα με ολοένα λιγότερα, η συνεργασία της πράσινης βιομηχανικής παραγωγής με την λιτή και πράσινη κατασκευή βιώσιμων βιομηχανικών κτιρίων γίνεται άκρως απαραίτητη.



Μια πραγματικά βιομηχανοποιημένη διαδικασία παραγωγής χαρακτηρίζεται από την κάθετη ολοκλήρωση, δηλ. ένα συντονισμένο σύνολο, από τις πρώτες ύλες μέχρι το μάρκετινγκ, συμπεριλαμβάνοντας την έρευνα και την ανάπτυξη. Κάθε μεμονωμένη πτυχή είναι ενσωματωμένη σε μια συνολική διαδικασία και αυτό το είδος ολοκλήρωσης που λείπει σήμερα είναι ο σωστός σχεδιασμός αυτών των κτιρίων ώστε να αγκαλιάζει την λιτή εφοδιαστική αλυσίδα και να γίνεται η επιδερμίδα της.

Στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής πολλές προσπάθειες έχουν γίνει με στόχο την αύξηση της αξίας και την μείωση της σπατάλης. Η «Λιτή Παραγωγή» αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παραγωγικά συστήματα. Χρησιμοποιεί τη μισή ανθρώπινη προσπάθεια στο εργοστάσιο, το μισό χώρο κατασκευής, τις μισές επενδύσεις σε εργαλεία, τις μισές εργατοώρες για την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος, στο μισό χρόνο. Απαιτεί τα μισά σχεδόν μηχανήματα, που συνεπάγεται πολύ λιγότερα ελαττώματα στα προϊόντα και μια ποικιλία που αυξάνει ολοένα και περισσότερο.

«Η λιτή παραγωγή είναι ένα ολοκληρωμένο κοινωνικό-τεχνικό σύστημα, του οποίου κύριος στόχος είναι η εξάλειψη της σπατάλης, μέσω της ταυτόχρονης μείωσης ή ελαχιστοποίησης της μεταβλητότητας που εμφανίζεται σε επίπεδο πελατών, προμηθευτών αλλά και εσωτερικά του οργανισμού.»



Ο τομέας των κατασκευών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οικονομική δραστηριότητα μιας χώρας, ωστόσο, είναι προφανείς οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον σε ολόκληρο τον κόσμο. Τις τελευταίες δεκαετίες παρά τις καινοτόμες πρωτοβουλίες που έχουν προταθεί για την κατασκευή

φιλικών προς το περιβάλλον κτιρίων χρειάζεται να δοθεί περαιτέρω προσοχή στον τομέα της βιομηχανίας.

Το περιβάλλον και η βιώσιμη ανάπτυξη θα διαμορφώσουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο οι επιχειρήσεις θα πρέπει να λειτουργήσουν στο μέλλον. Πολλά από τα μεγάλα κύματα που οι επιχειρήσεις καλούνται να ακολουθήσουν έρχονται κάτω από την ετικέτα 'sustainability'. Αυτό ορίζεται ως 'η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του σήμερα χωρίς συμβιβασμούς και την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες.

Οι βασικές υπηρεσίες του οικοσυστήματος που είναι φτηνές σήμερα θα είναι ακριβές αύριο. Από τις αρχικές διαδικασίες μιας εφοδιαστικής αλυσίδας όπως την συγκομιδή και τις πρώτες ύλες έως και την απομάκρυνση των αποβλήτων, οι τιμές θα αυξηθούν. Σε πολλά μέρη του κόσμου το νερό θα είναι λιγοστό και ακριβό. Αυτές οι δαπάνες θα περάσουν και θα αλληλεπιδράσουν και στους άλλους τομείς της βιομηχανίας με αποτέλεσμα να μετασχηματίσουν το λειτουργικό πλαίσιο για όλες τις επιχειρήσεις.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις θεωρούνται 'αρχιτεκτονικά στοιχεία', σε μόνιμη αλληλεπίδραση με τις απαιτήσεις της βιωσιμότητας. Αυτή η πρωτοποριακή ιδέα υποστηρίζει ότι ο σχεδιασμός βιομηχανικών κτιρίων πρέπει να λάβει υπόψη του ορισμένα macro-κριτήρια ή τις απαιτήσεις της βιωσιμότητας, σε όλα όμως τα επίπεδα: περιβαλλοντικό, οικονομικό, κοινωνικό, ασφάλεια και βιομηχανική πρόληψη κινδύνου, λειτουργικό, ακόμα και αισθητικό, όπως περιγράφεται από τους συγγραφείς Garrucho, Cuadrado και Reyes.

Είναι γεγονός ότι αρκετή έρευνα έχει διεξαχθεί στη μόλυνση που προκαλείται από τη διαδικασία παραγωγής ή τη βιομηχανική δραστηριότητα σε όλο τον κύκλο ζωής του κτιρίου (αέρας, θόρυβος, νερό, κ.λπ.) και στην επεξεργασία των αποβλήτων ή την ανακύκλωση, εντούτοις λιγότερη προσοχή έχει δοθεί στο ίδιο το κτίριο. Τα τελευταία χρόνια, ολοένα και περισσότερες χώρες έχουν προχωρήσει στην κατασκευή κτιρίων, τα οποία είναι μάλιστα, φιλικά προς το περιβάλλον, σε ολόκληρο το κύκλο ζωής τους: από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι την κατεδάφιση τους. Έτσι, σήμερα γίνεται πλέον λόγος για βιώσιμη ή αειφόρο κατασκευή (Sustainable Construction), Ενεργητική Αποδοτικότητα, Βιοκλιματισμό, Παθητική Αρχιτεκτονική και ούτω καθεξής, έννοιες που στόχο έχουν τη μείωση των επιπτώσεων των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης, που φαίνεται πολιτικά ορθή και γνωρίζει την απήχηση της κοινωνίας γενικότερα, διευκολύνει την ενσωμάτωση αυτών των κριτηρίων σχεδιασμού στις κατασκευαστικές δραστηριότητες. Κατά συνέπεια, υπάρχει επιτακτική ανάγκη έρευνας σε αυτά τα συστήματα που προάγουν τη νέα γνώση για την ανάπτυξη των βιώσιμων συστημάτων κατασκευής.



Ο κλάδος των κατασκευών κατέχει εξέχουσα θέση μεταξύ αυτών που ασκούν σημαντικές επιδράσεις στο περιβάλλον, ο τομέας των κατασκευών καταναλώνει το 60% όλων των πρώτων υλών που εξάγονται από τη γη. Επιπλέον, η μετατροπή αυτών των πρώτων υλών σε οικοδομικά υλικά παράγει περίπου το 50% του συνόλου των ατμοσφαιρικών εκπομπών του CO₂. Συνεπώς, οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί οφείλουν να αναλάβουν τις ευθύνες τους, ώστε να ενσωματώσουν τους μηχανισμούς περιβαλλοντικής προστασίας στο έργο τους, για την πλήρη συμμόρφωση τους στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Η βιωσιμότητα των βιομηχανικών κτιρίων πρέπει να προσεγγιστεί με παρόμοιο τρόπο, είτε πρόκειται για κτίρια που στεγάζουν γραφεία, είτε διαμερίσματα. Ο τρόπος με τον οποίο η βιομηχανία προσεγγίζει τη βιωσιμότητα αποτελεί ευρύτατο πεδίο έρευνας, λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα και την ποικιλία της. Οι παράγοντες πρέπει να προσδιοριστούν έτσι ώστε να εγγυώνται την πλήρη συμβατότητα των βιώσιμων αρχιτεκτονικών απαιτήσεων και κατά συνέπεια να εξασφαλίσουν ότι τα βιομηχανικά κτίρια είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

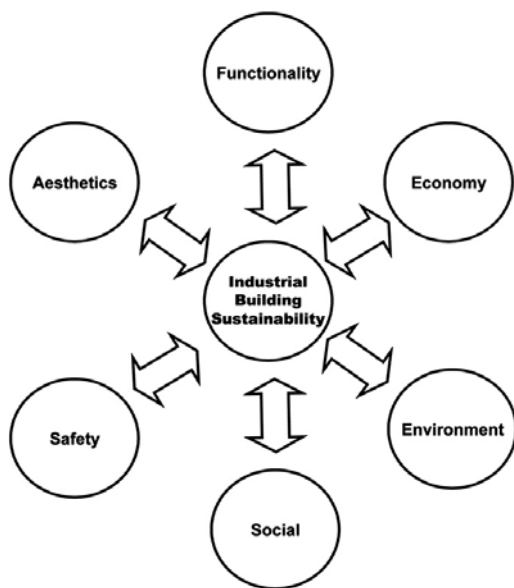
Η επιλογή εναλλακτικών θέσεων για εγκατάσταση των βιομηχανικών κτιρίων, είναι ένα επιπλέον θέμα που κερδίζει το ενδιαφέρον, όπως επίσης και οι πιθανότητες χρήσεις οικολογικών υλικών, που ασκούν μικρότερη περιβαλλοντική επίδραση, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, σε συνδυασμό δε, με τη χρήση ανακυκλωμένων ή ανακυκλώσιμων υλικών. Η βιωσιμότητα των βιομηχανικών κτιρίων θα πρέπει να στηρίζεται σε περίπου τέσσερα βασικά κριτήρια: στην τοποθέτηση, την κατανάλωση ενέργειας, τη χρήση νερού και την χρήση πρώτων υλών. Η τοποθέτηση ενός κτιρίου έχει σχέση με τη χρήση γης και την αστικοποίηση και θα προσκρούσει με έναν καταστρεπτικό τρόπο στα φυσικά οικολογικά συστήματα που υπάρχουν στην περιοχή. Έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον μειώνοντας την οικολογική ποιότητα της ζώνης. Επομένως είναι σημαντικό να μειωθεί η χρήση του παρθένου εδάφους και να αναπτυχθούν οι μη χρησιμοποιούμενες περιοχές ή οι υποβαθμισμένες βιομηχανικές περιοχές.

Κατά γενική ομολογία, η βιομηχανική δραστηριότητα απαιτεί σημαντικά ενεργειακά επίπεδα προκειμένου να χειριστεί τις πρώτες ύλες, τη διαδικασία παραγωγής και τα τελικά προϊόντα. Επίσης πρόκειται για την ίδια ενέργεια που οδηγεί τα μηχανήματα, συμπεριλαμβάνοντας και τις διαδικασίες μετασχηματισμού, και που συχνά δημιουργεί δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες

στους εργαζομένους. Τέλος, η κατασκευή των βιομηχανικών εγκαταστάσεων συνεπάγεται τη χρήση τεράστιων ποσοτήτων υλικών για τα θεμέλια, τη δομή και την επένδυση των τοίχων. Η παραγωγή, η μεταφορά και η τοποθέτηση τους ασκούν σημαντική περιβαλλοντική επίδραση. Επιπλέον, όταν ολοκληρώνεται η χρήσιμη ζωή ενός βιομηχανικού κτιρίου, όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερση του, μετατρέπονται συχνά σε απορρίμματα και ένα μεγάλο μέρος των οικοδομικών υλικών καταλήγει σε χωματερές.

Υπάρχουν παράλληλα και άλλες διαστάσεις αυτού του προβλήματος που χρήζουν έρευνας και μελέτης, όπως μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση της κατανάλωσης νερού στο βιομηχανικά κτίρια, τεχνικές για τη μείωση της σκόνης, του θορύβου, του χρώματος και του νερού κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Ακόμη, μέτρα για τη διαχείριση και ελαχιστοποίηση των αποβλήτων κατά τη διάρκεια της κατασκευής, της οικοδόμησης και της κατεδάφισης και τέλος, μέτρα για την επίτευξη ενός υψηλότερου βαθμού επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των υλικών.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι παράγοντες, από περιβαλλοντικής άποψης που επηρεάζουν τις βιομηχανικές κατασκευές.



Το πράσινο κτίριο είναι η πρακτική της δημιουργίας των δομών και της χρησιμοποίησης των διαδικασιών που είναι περιβαλλοντικά αρμόδιες και αποδοτικότερες καθ' όλη τη διάρκεια ενός κύκλου ζωής της κατασκευής από την τοποθέτηση, την οικοδόμηση, τη λειτουργία, τη συντήρηση, την ανακαίνιση και την κατεδάφιση. Αυτή η πρακτική επεκτείνει και συμπληρώνει τις κλασσικές ανησυχίες σχεδίου οικοδόμησης της οικονομίας, της χρησιμότητας, της διάρκειας, και της άνεσης. Το πράσινο κτίριο είναι επίσης γνωστό ως βιώσιμο ή κτίριο υψηλής επίδοσης.

ΦΑΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Τοποθέτηση	Ενέργεια	Απόβλητα	Βλάβη της ανθρώπινης υγείας
Σχεδιασμός	Νερό	Μόλυνση του Αέρα	Περιβάλλον
Κατασκευή	Υλικά	Μόλυνση του Νερού	Υποβάθμιση
Λειτουργία	Φύση	Εσωτερική Μόλυνση	Απώλεια φυσικών πόρων
Συντήρηση	Φυσική Πόροι	Θόρυβος	
Ανακαίνιση		Heat Islands	
Αποδόμηση		Stormwater runoff	

Το οικοδομημένο περιβάλλον ασκεί τεράστια επίδραση στο φυσικό περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, και την οικονομία. Με την υιοθέτηση των πράσινων στρατηγικών οικοδόμησης, μπορούμε να μεγιστοποιήσουμε και την οικονομική και την περιβαλλοντική απόδοση. Οι πράσινες μέθοδοι οικοδόμησης μπορούν να ενσωματωθούν στα κτίρια σε οποιοδήποτε στάδιο, από το σχέδιο και την οικοδόμηση, στην ανακαίνιση και την κατεδάφιση. Εντούτοις, τα σημαντικότερα οφέλη μπορούν να ληφθούν εάν η ομάδα σχεδίου και οικοδόμησης υιοθετεί μια ολοκληρωμένη μέθοδο από τα πιο αρχικά στάδια ενός προγράμματος κτιρίου. Το πράσινα κτίρια έχουν περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Ορισμένα περιβαλλοντικά είναι ότι ενισχύουν και προστατεύουν τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα, βελτιώνουν τον αέρα και την ποιότητα νερού, ελαχιστοποιούν τα απόβλητα, συντηρούν και αποκαθιστούν τους φυσικούς πόρους. Οικονομικά οφέλη παρουσιάζονται καθώς μειώνονται οι λειτουργικές δαπάνες, βελτιώνουν την παραγωγικότητα των κατόχων, βελτιστοποιούν την οικονομική επίδοση του κύκλου ζωής, επεκτείνονται για παραγωγή πρασίνων προϊόντων και υπηρεσιών. Ενώ παράλληλα προστίθενται και κοινωνικές παροχές ενισχύοντας την άνεση και την υγεία των κατόχων, υψώνοντας τις αισθητικές ιδιότητες, βελτιώνοντας τη γενική ποιότητα ζωής.

Μελετώντας επίσης πολλά παραδείγματα στο πρακτικό κομμάτι των εφαρμογών, των ιδίων υφιστάμενων κτιρίων διαπιστώνονται λάθη τα οποία θα μπορούσαν να παραλειφθούν ή έστω να μειωθούν με μία πιο ολοκληρωμένη και ευέλικτη αντιμετώπιση σχεδιασμού. Σχεδιάζοντας όχι μονάχα με γνώμονα το κτίριο, αλλά την εσωτερική του λειτουργία, την περιβαλλοντική του συνείδηση και λαμβάνοντας υπόψη την βιώσιμη ανταγωνιστικότητα.

Η μελέτη αυτή θα οδηγήσει στην δημιουργία ενός κελύφους που θα υιοθετήσει απόλυτα την γραμμή παραγωγής της εκάστοτε χρήσης, θα υπακούει στην βιωσιμότητα του κτιρίου, θα σέβεται το περιβάλλον, θα μπορεί να υποδέχεται λόγω της ευέλικτης δομής του άλλες χρήσεις και άλλες τοποθεσίες. Η έρευνα αυτή σκοπό έχει να μελετήσει την βιομηχανική παραγωγή και την εξέλιξη της, παράλληλα τις βιομηχανικές κτιριακές υποδομές, να διαπιστώσει τις αστοχίες και να παράγει ένα πρότυπο μοντέλο βιομηχανικού κτιρίου εφαρμόζοντας όλες τις παραμέτρους όπως την μέγιστη ευελιξία και την οικολογική βιωσιμότητα.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ/ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Lombera, J , Garrucho, I,(2009) A system approach to the environmental analysis of industrial buildings, Building and environment journal, August 8
- 2)EPA, (2003) Lean Manufacturing and the environment, Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance, October
- 3) Lauren, P (2005), Lean Construction, eliminating the waste, Construction Executive journal, November
- 4) Peter Broberg, The evolution of industrial building, Foundation for Industrial and Ecological Building, P 0 Box 171, S-261 22 Landskrona, Sweden
- 5) David Arditi and H Murat Gunaydin, Total quality management in the construction process, Illinois Institute of Technology, Department of Civil and Architectural Engineering, Chicago, IL 60616, USA.
- 6) Ruben Vrijhoef, Lauri Koskela, The four roles of supply chain management in construction, TNO Building and Construction Research, Department of Strategic Studies, Quality Assurance and Building Regulations, P.O. Box 49, NL-2600 AA Delft, The Netherlands, VTT Building Technology, Concurrent Engineering, P.O. Box 1801, FIN-02044 VTT, Finland.
- 7) Min-Yuan Cheng, Ming-Hsiu Tsai 1, Zhi-Wei Xiao, Construction management process reengineering:Organizational human resource planning for multiple projects, Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan, 43, Sec. 4, Keelung Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C. 106
Accepted 14 October 2005.
- 8) K.W. Chua, Ying Caob, M. Ansona, Jianping Zhang, Application of data warehouse and Decision Support System in construction management, Department of Civil and Structural Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hunghom, Kowloon, Hong Kong, China
b Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China
Accepted 8 August 2002.
- 9) A Jaafari, Organization and management in construction: a new approach.
- 10) A Laufer and K A Tenah, Introducing management information systems in mediumsized construction companies.
- 11) Womack James P. and Daniel Jones T. «Λιτή Σκέψη», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2005.
- 12) Lee Quarterman and Snyder Brat, <<Strategos Guide to Value Stream & Process Mapping>> e-book, <http://www.strategosinc.com>.
- 13) Δρ. Τσίγκας Αλέξανδρος, Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ., Σύμβουλος Επιχειρήσεων Leonardo Group AG., <<Ευέλκτο Εργοστάσιο NEOSET S.A.>>, Πρακτικά Σεμιναρίου, 22-24 Ιουνίου 2006.
- 14) Λαμπόβας Δημήτριος, <<Κατασκευαστικές Κυψέλες>>, Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Φεβρουάριος 2003.
- 15) Λαμπόβας Δημήτριος, <<Λιτά Συστήματα Παραγωγής (Lean Manufacturing) Κλειδί για την αύξηση της παραγωγικότητας>>, Plant Management, Τεύχος 192, Οκτώβριος 2005.
- 16) Δερβιτσιώτης Κώστας Ν. «Ανταγωνιστικότητα με διοίκηση ολικής ποιότητας», Εκδόσεις Interbooks, 2001.
- 17) LEI (Lean Enterprise Institute) «Lean Toolkit Workbooks» <http://www.lean.org>.
- 18) Shim, Jae K., Siegel, Joel G., «Διοίκηση εκμετάλλευσης», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2002.
- 19) Jose´ -Toma´ s San-Jose´ Lombera , Isaac Garrucho Aprea, A system approach to the environmental analysis of industrial buildings, LABEIN-Tecnalia, C/Geldo, Parque Tecnolo´gico de Bizkaia, Edificio 700, 48160 Derio (Vizcaya), Spain, Department of Science of Materials, ESTSI Bilbao-University of Basque Country (UPV/EHU),

Alda, Urquijo s/n, 48013 Bilbao, Spain, SEDICAL S.A., Txorierrri Etorbidea 46 – Pab, 12 F 48150 Sondica (Vizcaya), Spain.

20) <http://mass-customization.pme.duth.gr/>

21) T. MELTON, THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, Institution of Chemical Engineers Trans IChemE, Part A, June 2005.

22) Rachna Shah, Peter T. Ward, Defining and developing measures of lean production, Journal of Operations Management 2007

23) Rachna Shah, Peter T. Ward, Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance, Journal of Operations Management

24) Fulvio Castellacci (2006), Innovation and the International Competitiveness of Manufacturing and Service Industries, Department of International Economics, Norwegian Institute of International Affairs (NUPI), and TIK Centre, University of Oslo.

DIME Working paper 2006.05 in the series on “Dynamics of Knowledge Accumulation, Competitiveness, Regional Cohesion and Economic Policies”

25) Takahiro Fujimoto (2002), Architecture, Capability, and Competitiveness of Firms and Industries, Research Institute of Economy, Trade and Industry, Harvard Business School, November 2002

26) Marcela Correa of CARANA Corporation , Ruth Campbell of ACDI/VOCA , USING THE VALUE CHAIN APPROACH TO DESIGN A COMPETITIVENESS STRATEGY

27) EPA (2009), The Environmental Professional’s Guide to Lean & Six Sigma, United States Environmental Protection Agency www.epa.gov/lean August 2009 EPA-100-K-09-006

28) EPA (2008), Working Smart for Environmental Protection, Improving State Agency Processes with Lean and Six Sigma ,Lean in Government Series, March 2008

29) Pursuing Perfection: Case Studies Examining Lean Manufacturing Strategies, Pollution Prevention, and Environmental Regulatory Management Implications ,August 20, 2000

30) Cynthia C. Y. Tsao, Iris D. Tommelein, Eric S. Swanlund³, Gregory A. Howell, Work Structuring to Achieve Integrated, Product–Process Design, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT © ASCE / NOVEMBER/DECEMBER 2004

31) Iris D. Tommelein, Associate Professor, TOWARD INTEGRATED PRODUCT-PROCESS DEVELOPMENT: RESEARCH AGENDA FOR LIFE-CYCLE DESIGN AND SYSTEMS ENGINEERING FOR THE AEC INDUSTRY, University of California, Berkeley www.ce.berkeley.edu/~tommelein

32) National Institute of Standards and Technology Manufacturing Extension Partnership