

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ και ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

Γ.-ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ.ΔΡ.Ε.Μ.Π.



ΑΘΗΝΑ 2005

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ και ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Γ.- ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ. ΔΡ. Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Ερευνητικό έργο: Δομικά υλικά και οικολογία
Περίοδος εκτέλεσης: 2002-2005
Επιστημονικός υπεύθυνος: Καθ. Αιμ. Κορωναίος
Κύριος ερευνητής: Γ.-Φοίβος Σαργέντης Υπ. Δρ.

Εικόνα εξωφύλλου: Φωτογραφία σε ημιυπαίθριο χώρο

Το τεύχος του ερευνητικού έργου είναι διαθέσιμο από τη διεύθυνση: www.ntua.gr/vitruvius/edu.htm

© 2005 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Δεύτερη έκδοση

Αθήνα, Ιανουάριος 2005

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	v
Κατάλογος πινάκων	vii
Κατάλογος εικόνων	ix
1 ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	11
1.1.1 Εισαγωγή στην οικολογική σκέψη	11
1.1.2 Περιβαλλοντική διατήρηση και οικονομική ανάπτυξη	12
1.1.3 Το δομημένο περιβάλλον.....	12
1.1.4 Δημιουργώντας περιβαλλοντολογική προτεραιότητα	14
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ	15
2.1 Πράσινο κτήριο	15
2.2 Σύστημα εντροπία – κατασκευή.....	16
2.3 Ενσωματωμένη ενέργεια.....	21
2.3.1 Γενικά	21
2.3.2 Παραγωγή και μεταφορά	23
2.4 Προβλήματα που συνδέονται με την ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών	25
2.4.1 Το πρόβλημα του πλεονάσματος θερμότητας	25
2.4.2 Το πρόβλημα του διοξειδίου του άνθρακα	25
2.4.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου και κλιματικές αλλαγές	28
2.5 Πρώτες ύλες	29
2.5.1 Γενικά	29
2.5.2 Ανακύκλωση.....	30
2.5.3 Ο κύκλος ζωής ενός κτηρίου και των υλικών του	32
2.6 Η ποιότητα στην οικοδομική σύνθεση.....	34
2.6.1 Η μορφή της κατασκευής.....	34
2.6.2 Θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών	35
2.6.3 Η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου.....	35
2.6.4 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	42
2.6.5 Θερμική συμπεριφορά της πόλης	43
2.7 Τοξικότητα	46
2.7.1 Γενικά	46
2.7.2 Ταξινόμηση των τοξικών και των επικίνδυνων ουσιών.....	49
2.7.3 Πειραματικός προσδιορισμός της τοξικότητας των υλικών	50
2.7.4 Έρευνα και αντιμετώπιση της τοξικότητας των ουσιών.....	52
2.8 Ραδιενέργεια.....	53

2.9	Παραδοσιακά υλικά.....	54
3	ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	56
3.1.1	Ξύλο	56
3.1.2	Λίθοι.....	57
3.1.3	Σκυρόδεμα.....	57
3.1.4	Τοιχοποιία	58
3.1.5	Χρώματα-βαφές	59
3.1.6	Πλαστικά υλικά.....	60
3.1.7	Μέταλλα.....	61
3.1.8	Γύψος	62
3.1.9	Γυαλί	63
3.1.10	Νέα υλικά.....	63
4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	64
4.1	Οικολογική προτίμηση	64
4.2	Ανάλυση του κύκλου ζωής.....	66
	Συγκριτική αξιολόγηση δύο θερμομονωτικών υλικών.....	67
	Συγκριτική αξιολόγηση δύο συστημάτων θέρμανσης.....	67
4.3	Πολυκριτηριακή ανάλυση	69
4.3.1	Γενικά.....	69
4.3.2	Κριτήρια.....	70
4.4	Εφαρμογή	71
5	Παράρτημα	76
6	Βιβλιογραφία	77

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1: Ενσωματωμένη ενέργεια για συνήθη υλικά.....	21
Πίνακας 2.2: Ενσωματωμένη ενέργεια για προϊόντα ξύλου.....	22
Πίνακας 2.3: Ενσωματωμένη ενέργεια σε τυπικό κτήριο	23
Πίνακας 2.4: Ενσωματωμένη ενέργεια λόγω μεταφοράς.....	23
Πίνακας 2.5: Εκπομπή αερίων ρύπων κατά την διαδικασία παραγωγής των υλικών	27
Πίνακας 2.6: Απώλειες πρώτων υλών κατά την παραγωγή συνήθων υλικών.....	29
Πίνακας 2.7: Ενσωματωμένη ενέργεια για την ανακύκλωση συνήθων υλικών.....	30
Πίνακας 2.8: Θερμική μάζα διαφόρων υλικών.....	38
Πίνακας 2.9: Ημερήσια θερμοχωρητικότητα διαφόρων υλικών	40
Πίνακας 2.10: Κατανάλωση ενέργειας ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια ζωής του σε εύκρατο κλίμα.	42
Πίνακας 2.11: Κατάλογος τοξικών ουσιών	47
Πίνακας 2.12: Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσία τους.....	48
Πίνακας 2.13: Χαρακτηριστικοί συμβολισμοί ταξινόμησης τοξικότητας ουσιών.....	50
Πίνακας 2.14: Αποτελέσματα δοκιμών LD τοξικότητας.	51
Πίνακας 2.15: Αποτελέσματα δοκιμών τοξικότητας της μεθόδου σταθερής δόσης.	52
Πίνακας 4.1: Κριτήρια οικολογικής αξιολόγησης ενός υλικού.....	64
Πίνακας 4.2: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του αλουμινίου	72
Πίνακας 4.3: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του ξύλου.....	74

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Συσχετισμός ανθρώπου και φυσικού οικοσυστήματος.....	13
Εικόνα 1.2: Πορεία ωρίμανσης οικολογικών κριτηρίων.....	14
Εικόνα 2.1: Συσχετισμός δομημένου περιβάλλοντος και Βιόσφαιρας.....	16
Εικόνα 2.2: Πρώτο σχηματικό παράδειγμα 2 ^{ου} θερμοδυναμικού νόμου.....	17
Εικόνα 2.3: Σχέση του δομημένου περιβάλλοντος με το οικοσύστημα.....	18
Εικόνα 2.4: Μέσο μετατροπής ενέργειας.....	18
Εικόνα 2.5: Μεταβολή της εντροπίας της βιόσφαιρας και του δομημένου περιβάλλοντος.....	19
Εικόνα 2.6: Ποιοτικές ενδείξεις της εντροπίας του συστήματος.....	19
Εικόνα 2.7: Θερμογράφημα του μέσου μετατροπής ενέργειας.....	25
Εικόνα 2.8: Ο κύκλος του άνθρακα.....	26
Εικόνα 2.9: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	27
Εικόνα 2.10: Διάγραμμα ροής της ανακύκλωσης των υλικών.....	31
Εικόνα 2.11: Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός δομικού υλικού.....	33
Εικόνα 2.12: Κτήριο στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου.....	34
Εικόνα 2.13: Απώλειες θερμότητας.....	36
Εικόνα 2.14: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα ενός κτηρίου σε λειτουργία.....	36
Εικόνα 2.15: Χωριό από igloo, λιθογραφία.....	37
Εικόνα 2.16: Θερμική συμπεριφορά διαφόρων τύπων κτηρίων.....	37
Εικόνα 2.17: Μόνωση κελύφους κτηρίου (περίοδος θέρους).....	38
Εικόνα 2.18: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι.....	39
Εικόνα 2.19: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το χειμώνα.....	39
Εικόνα 2.20: Σχεδιαστική λύση για την λειτουργία της θερμικής μάζας κτηρίου.....	40
Εικόνα 2.21: Προσόψεις κτηρίων καλής θερμικής συμπεριφοράς.....	41
Εικόνα 2.22: Θέση κτηριακού κελύφους.....	43
Εικόνα 2.23: Τοίχος Trombe, παθητικό ηλιακό σύστημα.....	43
Εικόνα 2.24: Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας.....	44
Εικόνα 2.25: Θερμογραφήματα και αντίστοιχες εικόνες της πόλης μία καλοκαιρινή ημέρα.....	44
Εικόνα 2.26: Κατασκευή παραδοσιακής κατοικίας.....	54
Εικόνα 2.27: Παραδοσιακή κατοικία ως απόβλητο.....	54

Εικόνα 3.1: Ξύλινη κατασκευή με όψη από λιθοδομή	56
Εικόνα 3.2: Τοιχοποιία με δομικά στοιχεία από άχυρο	58
Εικόνα 3.3: Κατασκευή με μεταλλικό φέροντα οργανισμό.....	62
Εικόνα 4.1: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του αλουμινίου.....	73
Εικόνα 4.2: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του ξύλου	75

1 ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Πρέπει να αγαπάτε τη γη των παιδιών σας: η αγάπη αυτή σας είναι η νέα σας ηθική.

Φρ. Νίτσε

1.1.1 Εισαγωγή στην οικολογική σκέψη

Η οικολογία είναι η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις μεταξύ οργανισμών και περιβάλλοντος. Πρόκειται κατά βάση για βιολογική επιστήμη η οποία έχει αποκτήσει ευρύτερες διαστάσεις στη σύγχρονη εποχή λόγω των σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων και της αυξανόμενης κοινωνικής ευαισθητοποίησης για αυτά.

Κύριος άξονας των οικοσυστημάτων είναι ο άνθρωπος. Η φυσική θέση του ανθρώπου είναι η άμεση επαφή του με το περιβάλλον (π.χ. μέσα στις σπηλιές). Το οικοδόμημα του πολιτισμού έχει εισάγει διάφορα φίλτρα που αλλοιώνουν την επαφή του ανθρώπου με το περιβάλλον, αποσκοπούν στην ευημερία του και διευκολύνουν τη διαβίωσή του στον πλανήτη.

Η επιδίωξη της ευημερίας καταλαμβάνει στην πραγματικότητα ένα πολύ μικρό χώρο στην ιστορία του ανθρώπου εφ' όσον ο άνθρωπος αποφάσισε να ασχοληθεί με αυτήν αρκετά αργά. Για μεγάλο διάστημα ο πολιτισμός είχε απορροφηθεί από τελείως διαφορετικές επιδιώξεις. Στην αργή του πορεία, ο πολιτισμός, τόσο της αρχαιότητας όσο και του Μεσαίωνα επιδίωξε το ωραίο και λιγότερο το χρήσιμο. Έτσι διακρίθηκε στη λάξευση αγαλμάτων πριν αρχίσει να κατασκευάζει αντικείμενα χρήσιμα για τον τρόπο ζωής του. Μετά την Αναγέννηση όμως οι επιδιώξεις αντιστράφηκαν. Το χαρακτηριστικό όνομα που διατυπώνει την επιδίωξη της ευημερίας του ανθρώπου και που θα μπορούσε να πει κανείς ότι διατύπωσε το όραμα του μοντέρνου καπιταλισμού είναι ο Καρτέσιος με την περίφημη φράση: «να γίνουμε κυρίαρχοι και κάτοχοι της Φύσης».

Επάνω στην πρόταση αυτή διατυπώνονται σήμερα επιφυλάξεις, ηθικών διαστάσεων, από αρκετούς ερευνητές (όχι απαραίτητα φιλοσόφους ή οικολόγους). Ο Γάλλος γιατρός και βιολόγος Τεστάρ, ο οποίος έπαιξε μεγάλο ρόλο στην τεχνική γονιμοποίηση, εγκατέλειψε αυτή τη απασχόληση γιατί, όπως δήλωσε, δεν θέλει να συνεχίσει να ερευνά μέσα σε ένα χώρο που γίνονται τερατογρήματα. Τον καιρό που διατύπωνε τις ανησυχίες αυτές κυκλοφορούσε ένα βιβλίο της Μπατεντέρ το οποίο έλεγε ότι οι άνδρες πρέπει να εγκυμονούν για να υπάρξει η ισότητα των δύο φύλων. Όταν ρωτήθηκε ο Τεστάρ από δημοσιογράφο εάν είναι τεχνικά δυνατή η εγκυμοσύνη των ανδρών με εμφύτευση του εμβρύου στον άνδρα, ο Τεστάρ απάντησε τα εξής: «Δεν ξέρω αν είναι τεχνικά δυνατόν αλλά να είστε βέβαιοι για ένα πράγμα: αν είναι τεχνικά δυνατόν να πραγματοποιηθεί, θα πραγματοποιηθεί και ουδείς θα συζητήσει αν πρέπει ή δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί».

Τα τελευταία χρόνια, αρχίζει να εμφανίζεται μία επίφαση ηθικού προβληματισμού στα πλαίσια κυρίως της επιστήμης της γενετικής. Επίφαση καθότι η συζήτηση γίνεται επιφανειακά και σε δημοσιογραφικό επίπεδο, χωρίς ουσιαστικές δράσεις (περιορισμούς έρευνας κ.λ.π.) υπνωτίζοντας κυρίως τις τύψεις της κοινής γνώμης. Σε αντίστοιχο κοινωνικό άλλοθι καταλήγουν πολλές φορές και οι περιβαλλοντολογικές μελέτες.

Έχει παρατηρηθεί ότι η κοινωνία αναπτύσσει κριτική αντίληψη επάνω στις τεχνολογικές εφαρμογές (άρα οικολογική προδιάθεση) όταν ωριμάσει σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να έρχεται

αντιμέτωπη με τους ρύπους που παράγει. Το φαινόμενο αυτό όπως περιγράφει ο D. Cander στην Περιβαλλοντική Ψυχολογία είναι «σαν να περιμένεις να πάρει φωτιά ένα κτήριο για να μελετήσεις τις νέες διατάξεις ασφαλείας των κτηρίων από πυρκαγιά». Αλλά «είναι μάλλον άηθες να περιμένεις να πάρει φωτιά ένα κτήριο ώστε να σου δοθούν τα κριτήρια του πως θα μελετήσεις τις νέες διατάξεις ασφαλείας των κτηρίων από πυρκαγιά».

Στην κοινωνία που ζούμε και παρατηρούμε, η ανηθικότητα αυτή επιβουλεύει μεγάλα μέρη του συνόλου. Διαπιστώνοντας την αδυναμία αυτή και αναγνωρίζοντας την ηθική παράμετρο του προβλήματος, η Εκκλησία έχει διακηρύξει την ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος διατυπώνοντας την ανάγκη δημιουργίας «οικολογικού ήθους».

Ερμηνεύοντας την πολιτική-οικολογική διάσταση της σύγχρονης κοινωνίας ο Κ. Καστοριάδης παρατηρεί ότι: «Η σημερινή κοινωνία είναι μέσα στην ύβριν και είναι θεμελιωδώς άφρων»

1.1.2 Περιβαλλοντική διατήρηση και οικονομική ανάπτυξη

Στην οικονομική θεωρία, το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης πολλές φορές χρησιμοποιείται ως δείκτης για την εκτίμηση της κοινωνικής ευημερίας. Ωστόσο ο ρυθμός μιας οικονομικής μεγέθυνσης μπορεί να συνοδεύεται υπό ορισμένες προϋποθέσεις από δυσμενείς επιπτώσεις στην ευημερία του κοινωνικού συνόλου. Τέτοιες επιπτώσεις είναι για παράδειγμα, ο κίνδυνος που υπάρχει για την δημόσια υγεία, από την μόλυνση του περιβάλλοντος, ο επικίνδυνος περιορισμός της βιοποικιλίας και η εξάντληση των φυσικών πόρων. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, αναπτύχθηκε η έννοια της περιβαλλοντικής διατήρησης, δηλαδή η μακροχρόνια διατήρηση της βιωσιμότητας του οικοσυστήματος. Για την επίτευξη αυτού του στόχου απαιτούνται παρεμβάσεις πολιτικής στο οικονομικό και περιβαλλοντικό πεδίο και ταυτόχρονα ευρύτερη διακρατική συνεργασία των αναπτυγμένων χωρών με τις αναπτυσσόμενες και οικονομικά αδύναμες χώρες που αποτελούν περίπου το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού.

Η περιβαλλοντική διατήρηση μπορεί να μετρηθεί και για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε στα πλαίσια της μελέτης για το περιβάλλον ο Δείκτης Περιβαλλοντικής Διατήρησης (ΔΠΔ) ο οποίος έχει αποδειχτεί ότι είναι ένα ισχυρό εργαλείο που μπορεί να ποσοτικοποιήσει ένα τόσο πολύπλοκο φαινόμενο. Ο ΔΠΔ μπορεί να δώσει μία αίσθηση των υφιστάμενων περιβαλλοντικών συνθηκών και της δυνατότητας για μελλοντική παρέμβαση, ώστε να προσδιορισθούν οι μακροχρόνιες και περιβαλλοντικές τάσεις. Οι βασικές παράμετροι του εν λόγω δείκτη είναι:

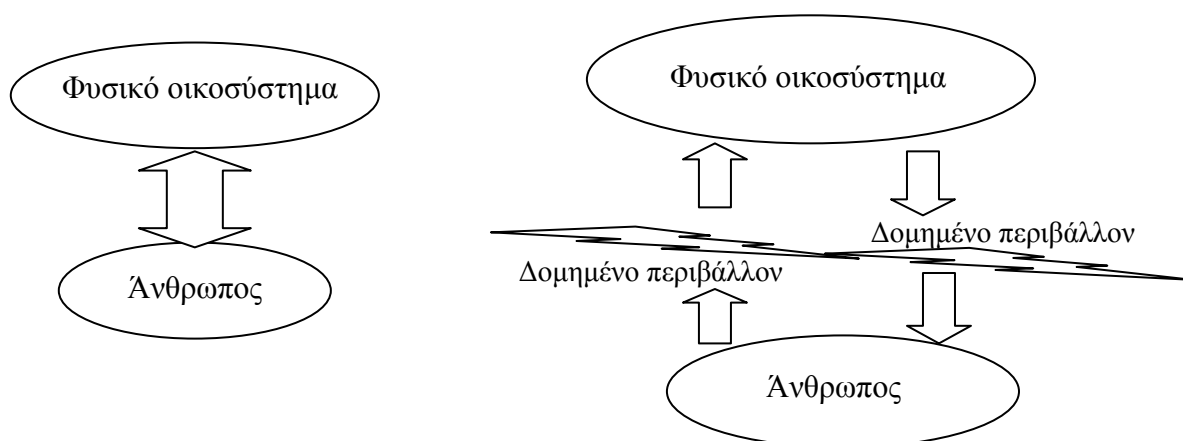
- Η ποιότητα περιβαλλοντικών συνθηκών
- Ο βαθμός επίδρασης του ανθρώπινου παράγοντα στις περιβαλλοντικές συνθήκες
- Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Η θερμική και τεχνολογική επάρκεια
- Η διακρατική συνεργασία

Υπογραμμίζεται ότι μεταξύ των χωρών με παρόμοιο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο Δείκτη Περιβαλλοντικής Διατήρησης. Ο ΔΠΔ συχνά συνδέεται με το κατά κεφαλήν εισόδημα, ενώ ωστόσο αποδεικνύεται ότι το επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης δεν προσδιορίζει από μόνο του τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

1.1.3 Το δομημένο περιβάλλον

Το δομημένο περιβάλλον, η πόλη, το κτήριο, είναι ένα φίλτρο που αποσκοπεί στην ευημερία του ανθρώπου. Ο ρόλος του είναι να προστατεύει τον άνθρωπο από τις εναλλαγές και τις επιθέσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το κτήριο λοιπόν είναι μία δράση του ανθρώπου που

προστατεύει τον άνθρωπο από το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 1.1: Συσχετισμός ανθρώπου και φυσικού οικοσυστήματος

Το κτήριο ως δράση του ανθρώπου επιδρά και αυτό στο περιβάλλον. Μπορεί το κτήριο να προκύπτει ως απόβλητο μετά τη χρήση του, ή μπορεί ακόμα και κατά τη φάση της λειτουργίας του να επιδρά αρνητικά στον περιβάλλοντα χώρο του. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται διάφορα κριτήρια που καθορίζουν την οικολογική συμπεριφορά του κτηρίου η οποία ορίζεται ως: *η βελτιστοποίηση των θετικών δράσεων και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών δράσεων που μπορεί να έχει ένα κτήριο έναντι του ανθρώπου και του φυσικού οικοσυστήματος.*

Για να γίνει κατανοητή η έννοια των κριτηρίων που απαιτούνται για να αναπτυχθεί μια οικολογική σκέψη γύρω από τα δομικά υλικά απαιτείται διατυπωθεί η σχέση που έχουν τα υλικά με την οικολογία. Τα κριτήρια για να αναπτυχθεί μία οικολογική θεώρηση δεν διακρίνονται για την απλότητά τους και υπάρχουν περιπτώσεις που αλληλοσυγκρούονται.

Προϋπόθεση για να μελετηθούν κριτήρια οικολογικής θεώρησης είναι η κοινωνική ωρίμανση και η οικονομική άνεση η οποία θα δώσει την πολυτέλεια της ανάπτυξης και εφαρμογής οικολογικών κριτηρίων. Πόσο πολυτέλεια μπορεί να είναι όμως μία τέτοια λύση;

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η χωροθέτηση ενός κτηρίου έχουν σημαντικότερη επίδραση στο περιβάλλον και τις φυσικές πηγές. Σήμερα στις ΗΠΑ υπάρχουν περισσότερα από 76.000.000 κατοικίες και σχεδόν 5.000.000 κοινόχρηστα κτήρια. Αυτά τα κτήρια χρησιμοποιούν το 1/3 της συνολικά παραγόμενης ενέργειας στη χώρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις ΗΠΑ η ετήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων, είναι ίση με την παραγωγή των υλικών που προκύπτουν από την κατεδάφιση κτιρίων.

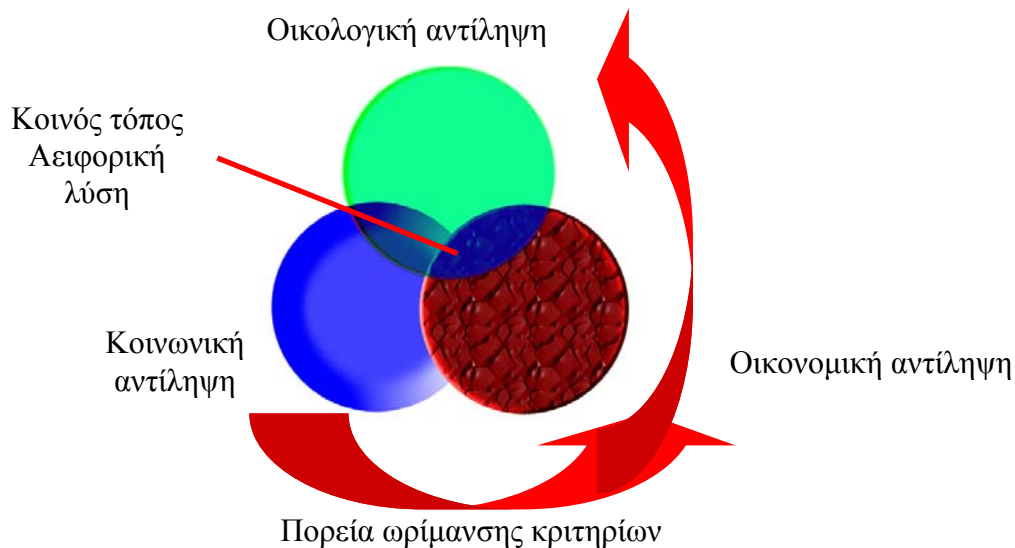
Σύμφωνα με το Worldwach Institute οι οικοδομικές κατασκευές απορροφούν 40% αδρανών υλικών και άμμου και το 25% παρθένου ξύλου που εξορύσσονται και υλοτομούνται παγκόσμια κάθε χρόνο. Οι κατασκευές των κτηρίων απορροφούν 40% της παραγόμενης ενέργειας και 16% του υδάτινου αποθέματος που παράγεται ετησίως στον πλανήτη.

Μέχρι το 2010 (μόνο στις ΗΠΑ) αναμένεται να κτιστούν άλλα 38.000.000 κτήρια. Η πρόκληση θα είναι να κτιστούν έξυπνα έτσι ώστε να συμπεριφέρονται σωστά θερμικά, χωρίς θερμικές απώλειες καθώς επίσης τα εν λόγω κτήρια να μην προκύψουν σαν απόβλητα στις επόμενες γενεές.

1.1.4 Δημιουργώντας περιβαλλοντολογική προτεραιότητα

Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι δυνατή η εφαρμογή περιβαλλοντολογικής προτεραιότητας εκ του μηδενός σε υλικά δόμησης. Είναι όμως κατανοητή η αναγκαιότητα να αρχίζουν να εφαρμόζονται σταδιακά και όπου είναι δυνατό, οικολογικές λύσεις. Υπάρχουν τρία κριτήρια για την εφαρμογή της περιβαλλοντολογικής προτεραιότητας.

- Η κοινωνική αντίληψη
- Η οικονομική αντίληψη
- Η οικολογική αντίληψη



Εικόνα 1.2: Πορεία ωρίμανσης οικολογικών κριτηρίων

Η κοινωνική αντίληψη οραματίζεται ένα δομημένο περιβάλλον, με βέλτιστες ανέσεις απομονωμένο από το οικοσύστημα, σύμφωνα με τη σημερινή επικρατούσα άποψη. Η οικονομική αντίληψη οραματίζεται μία εύκολη κατασκευή ελαχιστοποιώντας το κόστος που μπορεί να προκύψει από τις ανάγκες που έχουν διατυπωθεί από τις κοινωνικές αντιλήψεις. Η οικολογική αντίληψη επιδιώκει τη διατήρηση της τάξης της Βιόσφαιρας. Η οικολογική αντίληψη μπορεί να έχει αρκετό κόστος και υπάρχει το ενδεχόμενο να μη συμφωνεί με τις κοινωνικές αντιλήψεις. Πολλές φορές η οικολογική αντίληψη μπορεί να οδηγεί σε «άβολη» και «δύσκολη» επίλυση ενός αντικειμένου.

Κατά κανόνα οι αντιλήψεις αυτές κατευθύνονται από διαφορετικό όραμα. Για το λόγο αυτόν πολλές φορές αλληλοσυγκρούονται. Όταν όμως υπάρχει η παιδεία και το οικολογικό ήθος, υπάρχει και η δυνατότητα να διερευνηθεί ένας κοινός τους τόπος. Η κοινή συνισταμένη των ανωτέρω είναι η βέλτιστη-αειφορική λύση.

Η αειφόρος (βιώσιμη) ανάπτυξη (sustainable development) έχει στόχο την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι ανθρώπινες ανάγκες του παρόντος, ενώ ταυτόχρονα να μην υπονομεύεται η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος. Με άξονα τη συλλογιστική αυτή, σήμερα αναπτύσσονται κριτήρια με τα οποία το κτήριο, στο σύνολό του, να είναι φιλικό προς το περιβάλλον και να εκφράζει τον κοινό τόπο των αντιλήψεων που αναφέρθηκαν. Στην προσπάθεια επίτευξης της αειφορίας συμμετέχει ο σχεδιασμός του κτηρίου, η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου, η αξιοποίηση των φυσικών πόρων, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και φυσικά τα υλικά του κτηρίου.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

2.1 Πράσινο κτήριο

Για να γίνει κατανοητό τι σημαίνει "green design" ή έξυπνο κτήριο από πλευράς υλικών, στη βάση του οποίου μελετώνται τα οικολογικά δομικά υλικά, θα αναφερθούν συνοπτικά οι αρχές για τον "πράσινο σχεδιασμό" (green design). Όπως θα δούμε τα κριτήρια για να χαρακτηριστεί ένα οικολογικό υλικό δεν είναι μονοσήμαντα. Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τη συντήρηση και τον εξοπλισμό ενός κτηρίου εξαρτάται άμεσα από μια σειρά από οικονομικές, περιβαλλοντολογικές και ενεργειακές παραμέτρους. Ο κύκλος των εργασιών που συνδέεται με την παραγωγή και τη διακίνηση των δομικών υλικών είναι τεράστιος και κατ' επέκταση τα κριτήρια επιλογής των υλικών έχουν μεγάλη σημασία. Τα υλικά διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτηρίων και μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην υγεία των χρηστών. Παράλληλα τα υλικά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική και οπτική συμπεριφορά των κτηρίων και επηρεάζουν το εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία παραγωγής των υλικών, ο κύκλος ζωής τους και η τελική τους διάθεση (απόρριψη) έχει σημαντικές επιπτώσεις στο γενικότερο περιβάλλον.

Στα νέα αναπτυσσόμενα υλικά, γίνεται προσπάθεια να μην έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Στόχος τους θα ήταν να έχουν ένα θετικό εποικοδομητικό ρόλο στο οικοσύστημα. Επειδή όμως ιδεατά υλικά δεν υπάρχουν, για τον λόγο αυτό ο μηχανικός θα πρέπει να εντάσσει στο κτήριο οικοδομικά υλικά που να μπορούν να ικανοποιούν ολικώς ή και μερικώς τις παρακάτω παραμέτρους .

- Τη μικρή ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών (εξαρτάται από την διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς)
- Την ικανότητα του προϊόντος να ανακυκλώνεται (επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος).
- Την επιλογή του χρόνου ζωής των υλικών
- Τον έλεγχο της τοξικότητας των υλικών
- Άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με την οικολογική συμπεριφορά των υλικών, όπως οι εκπομπές των υλικών σε CO₂ και NO_x κατά την διάρκεια παραγωγής τους.

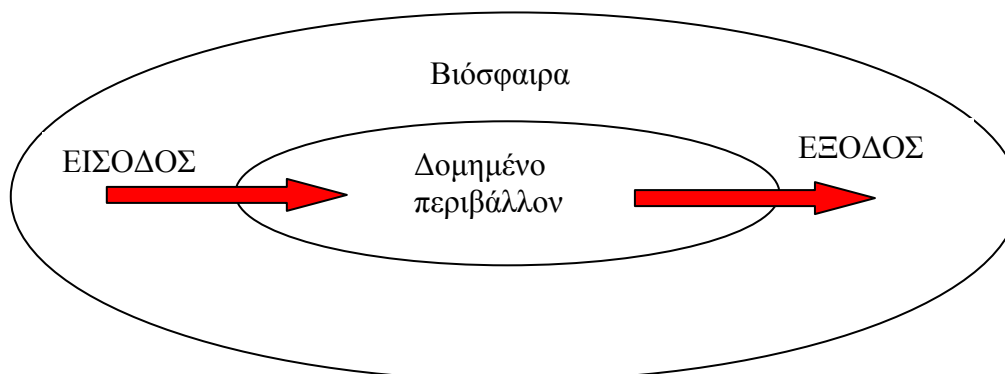
2.2 Σύστημα εντροπία – κατασκευή

Η Βιόσφαιρα είναι το πλανητικό οικοσύστημα, με σημαντική πολυπλοκότητα ως προς τη δομή και τη λειτουργία του. Παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία τόσο ως προς το χημικό υπόβαθρο, όσο και ως προς το βιολογικό περιεχόμενο, αφού περιλαμβάνει δεκάδες εκατομμύρια είδη γλωρίδας και πανίδας που προέρχονται από πολύ περισσότερα είδη που έζησαν στο πρόσφατο και μακρινό παρελθόν. Η βιόσφαιρα είναι ένα σύστημα που διακρίνεται για αξιόλογη αντοχή στις διαταραχές και σταθερότητα, την οποία κανένα βιολογικό είδος δεν κλόνησε στη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων, μέχρι την εμφάνιση του ανθρώπου.

Η επιστημονική χρήση του όρου σύστημα πηγάζει από τη θερμοδυναμική, όπου ορίζεται σύστημα «το τμήμα του σύμπαντος που εξετάζουμε» σε αντίθεση με το περιβάλλον δηλαδή «το υπόλοιπο μέρος του σύμπαντος». Ένας ικανοποιητικός ορισμός του συστήματος, όπως νοείται στη Γενική Θεωρία Συστημάτων είναι «πεπερασμένο σύνολο αλληλεπιδρώντων μερών, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μία ενότητα». Έτσι λοιπόν ένα σύστημα είναι δυνατό να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος το οποίο μπορεί να περιέχει ανεξάρτητα υποσυστήματα.

Το κτήριο δημιουργείται για να προστατεύσει τον άνθρωπο από το εξωτερικό περιβάλλον και τις κλιματικές αλλαγές. Διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες όπως η θέρμανση, ο φωτισμός, ο αερισμός και η ποιότητα αέρα καθορίζουν τις συνθήκες του εσωτερικού χώρου του κτηρίου. Οι εσωτερικές συνθήκες καθορίζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Έτσι αν το εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου είναι μολυσμένο, όσο καλή κυκλοφορία του αέρα και να υπάρχει στο εσωτερικό περιβάλλον, ο αέρας θα παραμένει μολυσμένος.

Εκτιμώντας τα ανωτέρω, το δομημένο περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο υποσύστημα της Βιόσφαιρας. Τα συστήματα αυτά είναι αλληλοεξαρτώμενα καθώς παράγοντες του φυσικού οικοσυστήματος αλληλεπιδρούν με το δομημένο περιβάλλον.



Εικόνα 2.1: Συσχετισμός δομημένου περιβάλλοντος και Βιόσφαιρας

Για να περιγραφεί η κατάσταση, η ισορροπία και η τάξη ενός συστήματος εφαρμόζονται οι αρχές της θερμοδυναμικής. Η ερμηνεία οικολογικών συστημάτων με την χρήση της θερμοδυναμικής δεν είναι κάτι νέο. Ο Lotka παρατήρησε το 1925 ότι οι μετατροπές της ύλης και η ροή της ενέργειας στα φυσικά οικοσυστήματα ακολουθούν τις αρχές της θερμοδυναμικής.

1^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος.

Η ενέργεια που προστίθεται ή αφαιρείται από ένα σύστημα, οδηγεί τόσο στη μεταβολή της

εσωτερικής του ενέργειας όσο και στην εκτέλεση κάποιου έργου.

$$dQ = dU + dW$$

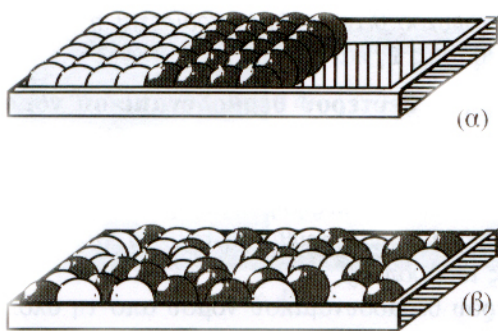
Προστιθέμενη ενέργεια = αύξηση εσωτερικής ενέργειας + εξωτερικό έργο που εκτελεί το σύστημα

Ο άνθρωπος δε μπορεί ούτε να δημιουργήσει ούτε να καταστρέψει την ύλη ή την ενέργεια. Αυτό προκύπτει απ' την αρχή της διατήρησης της ύλης-ενέργειας, με άλλα λόγια από τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής. Άλλη ερμηνεία του 1^{ου} θερμοδυναμικού νόμου, είναι ότι η ενέργεια δεν μπορεί παρά μόνο να αλλάξει μορφή. Διάφορες μορφές ενέργειας είναι η κινητική, η δυναμική, η ηλεκτρική και η θερμική.

2^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος

Σε κάθε μετατροπή ενέργειας η «ποιότητά» της μειώνεται. Η ενέργεια υψηλής τάξης τείνει να πάρει άτακτη μορφή. Με την ευρύτερη αυτή θεώρηση ο δεύτερος νόμος μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: τα φυσικά συστήματα τείνουν να φτάσουν σε κατάσταση μεγαλύτερης αταξίας.

Η υψηλής τάξης ενέργεια υποβαθμίζεται σε άτακτη ενέργεια. Η ενέργεια υψηλής τάξης με τη μορφή του ηλεκτρισμού, που χρησιμεύει στον φωτισμό κτηρίων κατοικιών, γραφείων κ.α. υποβαθμίζεται σε θερμική. Η θερμική ενέργεια που παράγεται δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά για να ανάψει ούτε μία λυχνία, αν δεν καταβληθεί εξωτερική οργανωτική προσπάθεια. Η θερμότητα είναι λοιπόν το νεκροταφείο της χρήσιμης ενέργειας.



Αν ανακινήσουμε τον δίσκο με τις σφαίρες που έχουν τοποθετηθεί προσεκτικά επάνω σε αυτόν (περίπτωση α μειωμένης εντροπίας) οι σφαίρες θα ανακατευτούν δημιουργώντας μια εικόνα μεγάλης αταξίας στο χώρο. Όσο και να κουνήσουμε το δίσκο η πιθανότητα να ξαναέρθουν οι σφαίρες στη θέση τους είναι μηδενική (περίπτωση β αυξημένης εντροπίας). Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος διαπιστώνει ότι κάθε φυσική διαδικασία γίνεται έτσι ώστε το σύστημα να περνάει σε κατάσταση με μεγαλύτερη αταξία (άρα μεγαλύτερη εντροπία).

Εικόνα 2.2: Πρώτο σχηματικό παράδειγμα 2^{ου} θερμοδυναμικού νόμου

Η έννοια της υποβάθμισης της ποιότητας της ενέργειας ενσωματώνεται στην έννοια της εντροπίας. Η εντροπία είναι το «μέτρο της μη αναλώσιμης ενέργειας σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα» ή αλλιώς το μέτρο της αταξίας ενός συστήματος. Κατά το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο, μακροπρόθεσμα η εντροπία πάντα αυξάνεται. Η αταξία μεγαλώνει, η εντροπία το ίδιο. Οποτεδήποτε επιτρέπεται σε ένα φυσικό σύστημα να διασκορπίσει ελεύθερα την ενέργειά του, το κάνει πάντα έτσι, ώστε να αυξάνεται η εντροπία του, ενώ ελαττώνεται η ενέργεια που διαθέτει για την παραγωγή έργου.

Το υποσύστημα δομημένο περιβάλλον απορροφά ενέργεια και υλικά και τα περιορίζει τακτικά σε συγκεκριμένες χωροδιατάξεις. Στο υποσύστημα αυτό μετατρέπεται η ενέργεια σε έργο ενώ η επιπλέον θερμική ενέργεια χαμηλής τάξης που οφείλεται στις διαβατικές μεταβολές αποδίδεται στο ευρύτερο σύστημα, τη Βιόσφαιρα. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι το δομημένο

περιβάλλον κάνει προσπάθεια να μειώσει την εντροπία του αυξάνοντας την εντροπία της Βιόσφαιρας.

Η μείωση της εντροπίας στο δομημένο περιβάλλον μόνο ποιοτικά μπορεί να ελεγχθεί.

Αν σκεφθούμε τα απόβλητα της πόλης βλέπουμε ότι η παραγωγή τους είναι χαρακτηριστική πρόκληση της αύξησης της εντροπίας του υποσυστήματος δομημένο περιβάλλον. Τα προϊόντα που προμηθευόμαστε τα παίρνουμε συσκευασμένα τακτικά σαν τον πρώτο δίσκο με τις μαύρες και άσπρες σφαίρες (Εικόνα 2.2) και τα απόβλητα τα διοχετεύουμε σκόρπια και άτακτα σαν τον δεύτερο δίσκο με τις μαύρες και άσπρες σφαίρες (Εικόνα 2.2). Περιορίζουμε τα άτακτα απόβλητα σε κάδους προσπαθώντας να μην επηρεάσουμε την εντροπία του υποσυστήματος δομημένο περιβάλλον, αφού το άτακτο στοιχείο είναι απομονωμένο και ακολούθως απορρίπτουμε τα απόβλητα αυτά έξω από την πόλη, έτσι ώστε να μειωθεί η εντροπία του δομημένου περιβάλλοντος, αυξάνοντας όμως την εντροπία του οικοσυστήματος· κατ' αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η εντροπία του οικοσυστήματος.

Η επεξεργασία ενός υλικού και η κατασκευή μας δίνει τις εξής εισόδους και εξόδους στη βιόσφαιρα:



Εικόνα 2.3: Σχέση του δομημένου περιβάλλοντος με το οικοσύστημα



Εικόνα 2.4: Μέσο μετατροπής ενέργειας

μηχανική κίνηση ενός σώματος, κατά την οποία όλα τα μόρια του ακολουθούν συγκεκριμένη τροχιά με συγκεκριμένη ταχύτητα. Επομένως, μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική

Το υποσύστημα δομημένο περιβάλλον απορροφά ενέργεια υψηλής τάξης (χημική ενέργεια των καυσίμων) την οποία μετατρέπει σε έργο (αύξηση εσωτερικής ενέργειας-κατασκευή) και αποβάλλει χαμηλότερης τάξης θερμική ενέργεια και απόβλητα. Το μέρος της άχρηστης θερμικής ενέργειας και των αποβλήτων που παράγονται από το υποσύστημα δομημένο περιβάλλον απορροφάται από την Βιόσφαιρα.

Θερμική ενέργεια ενός σώματος είναι η ενέργεια της χαοτικής, άτακτης κίνησης των μορίων του. Ακριβώς λόγω αυτής της χαοτικής κατάστασης η θερμική κίνηση διαφέρει από τη μακροσκοπική

σημαίνει να μετατρέψουμε τη χαοτική κίνηση σε κίνηση αυστηρά καθορισμένη. Αντίστροφα, μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε θερμική σημαίνει να μετατραπεί η αυστηρά καθορισμένη κίνηση σε χαοτική. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι οι δύο διαδικασίες δεν είναι ισότιμες και η δεύτερη είναι πολύ πιο εύκολη από την πρώτη

Με όρους θερμοδυναμικής μπορούμε να δούμε από τον ορισμό της εντροπίας ότι :

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Όπου dS μεταβολή της εντροπίας, dQ ενέργεια, T θερμοκρασία

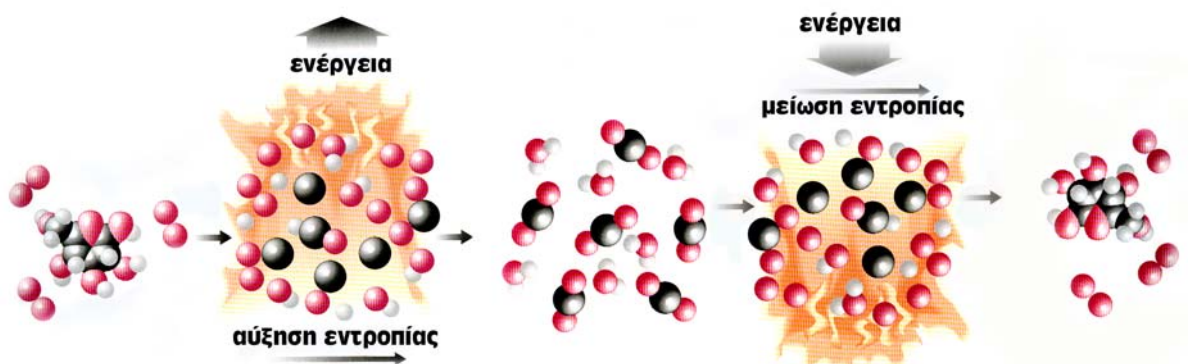
Άρα η επιπλέον θερμική ενέργεια που αποβάλλεται από το δομημένο περιβάλλον και τα μέσα μετατροπής ενέργειας πηγαίνει στο σύστημα βίοςφαιρα και συντελεί στην αύξηση της εντροπίας του συστήματος (που αυξάνεται ούτως ή άλλως λόγω του αμείλικτου 2^{ου} θερμοδυναμικού νόμου).



Εικόνα 2.5: Μεταβολή της εντροπίας της βίοςφαιρας και του δομημένου περιβάλλοντος.

Ποιοτική εκτίμηση της εντροπίας από τις δράσεις του δομημένου περιβάλλοντος

Η έννοια της θερμικής ρύπανσης προσομοιάζεται φυσικά ως αύξηση της εντροπίας του πλανήτη, άρα διατάραξη της τάξης του και της ισορροπίας του.



Εικόνα 2.6: Ποιοτικές ενδείξεις της εντροπίας του συστήματος

Πριν μερικές χιλιάδες χρόνια η Βίοςφαιρα θα προσομοιάζονταν με χημικό αντιδραστήριο που δεν έχει διασπαστεί. Στην περίπτωση αυτή η Βίοςφαιρα περιέχει υψηλής τάξης ενέργεια (φυσικούς πόρους) αποθηκευμένη σε διάφορες μορφές. Αντίθετα στο στάδιο που βρισκόμαστε

σήμερα, το στάδιο της αυξημένης εντροπίας, ο χώρος είναι μειωμένης εσωτερικής ενέργειας εφ' όσον έχουν σπαταληθεί οι φυσικοί πόροι του συστήματος και επικρατεί αταξία λόγω εντατικής παραγωγής διαφόρων ειδών ρύπων και αποβλήτων.

Έχει διαπιστωθεί από το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο ότι τα φυσικά συστήματα τείνουν σε κατάσταση μεγαλύτερης εντροπίας. Στο κεφάλαιο αυτό, διαπιστώνεται ότι οι δράσεις του υποσυστήματος δομημένο περιβάλλον εντείνουν την αύξηση της εντροπίας της Βιόσφαιρας. Παράλληλα οι δράσεις του δομημένου περιβάλλοντος τείνουν να μειώσουν την εντροπία του.

Η ποιοτική αυτή διατύπωση είναι ενοχλητική στην οικολογική συνείδηση. Διότι όπως προκύπτει από τα παραδείγματα που ακολουθούν, ο πλανήτης έχει μετά από μεγάλες γεωλογικές περιόδους αποκτήσει μια σχετική ισορροπία που επιτρέπει απρόσκοπτα την ανάπτυξη της ζωής.

Ολόκληρη η φιλοσοφία του ανθρώπινου πολιτισμού στηρίχθηκε στην εξυπνάδα της χρήσης και της αξιοποίησης των φυσικών πόρων για τη διευκόλυνση της διαβίωσης του ανθρώπου. Το μεγάλο σκαλοπάτι του πολιτισμού «το δώρο του Προμηθέα» σηματοδοτεί την ιστορική παγίδα *«αλλαγής της τάξης του οικοσυστήματος»*. Ο μετασχηματισμός των φυσικών πόρων σε ενέργεια είναι η αρχή αυτής της παγίδας. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να αδικούμε τους Αρχαίους Έλληνες Θεούς, που εκφράζοντας τη Φύση τιμώρησαν αδυσώπητα τον Προμηθέα. Με αντίστοιχο τρόπο φαίνεται ότι ετοιμάζεται να τιμωρήσει η Φύση τον πολιτισμό μας εξαιτίας των δράσεών του.

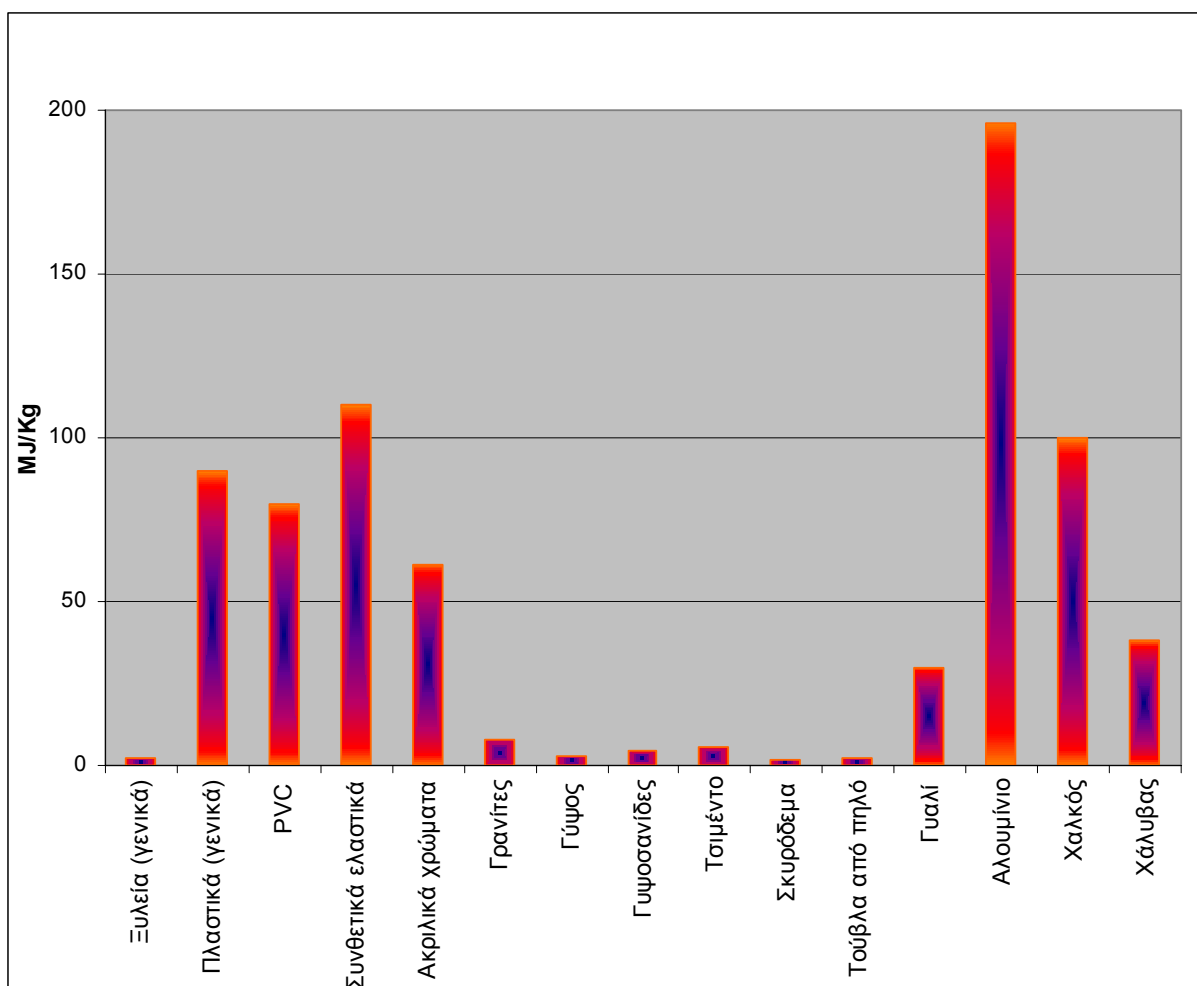
2.3 Ενσωματωμένη ενέργεια

2.3.1 Γενικά

Ενσωματωμένη ενέργεια είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα προϊόν. Η κατανάλωση της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή, τη δημιουργία, τη μεταφορά του προϊόντος που παρασκευάζεται αφορούν στην ενσωματωμένη ενέργειά του.

Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού είναι μείζονος σημασίας καθότι υλικά με μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια προκαλούν γενικά κατά διαδικασία παραγωγής μεγάλες εκπομπές CO₂ και θερμική ρύπανση.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν και αναφέρονται στην ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών είναι ποιοτικού χαρακτήρα μιας και η ενσωματωμένη ενέργεια περιέχει πολλές μεταβλητές παραμέτρους για κάθε διαφορετική περίπτωση αλυσίδας παραγωγής ενός υλικού. Ενδεικτικά αναφέρεται για διάφορα υλικά το ποσό της ενσωματωμένης ενέργειάς.



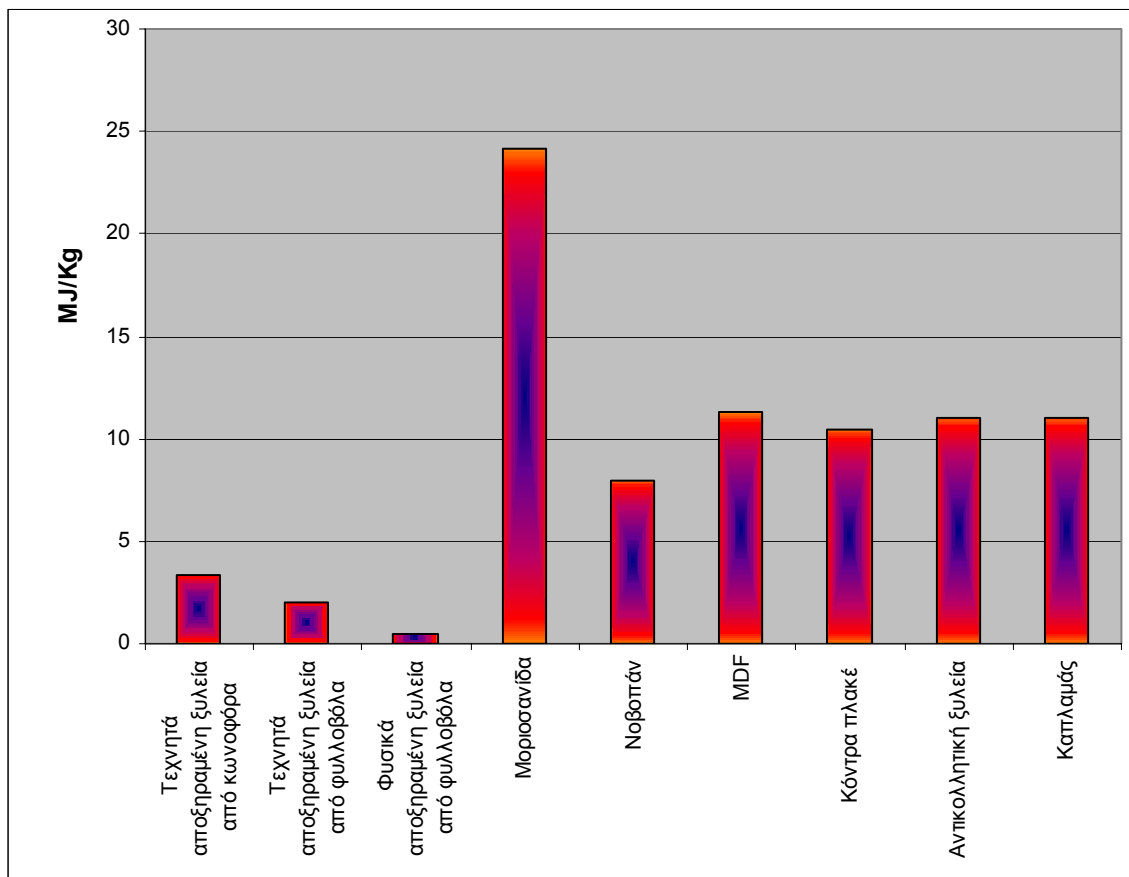
Πίνακας 2.1: Ενσωματωμένη ενέργεια για συνήθη υλικά

Ο πίνακας προκύπτει από αποτελέσματα διαφόρων ερευνών της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις παρακάτω παρατηρήσεις:

- Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού που παράγεται σε μία χώρα με συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία είναι πολύ πιθανόν να είναι πολύ διαφορετική από την ενσωματωμένη ενέργεια του ίδιου υλικού που παράγεται σε άλλη χώρα με διαφορετική παραγωγική διαδικασία .
- Εξάλλου στην ενσωματωμένη ενέργεια περιλαμβάνουμε και την ενέργεια μεταφοράς του υλικού στην τελική του θέση. Άρα το ξύλο που είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη με μικρή ενσωματωμένη ενέργεια, όταν έρχεται από τον Αμαζόνιο η ενσωματωμένη ενέργειά του αυξάνεται κατά πολύ.

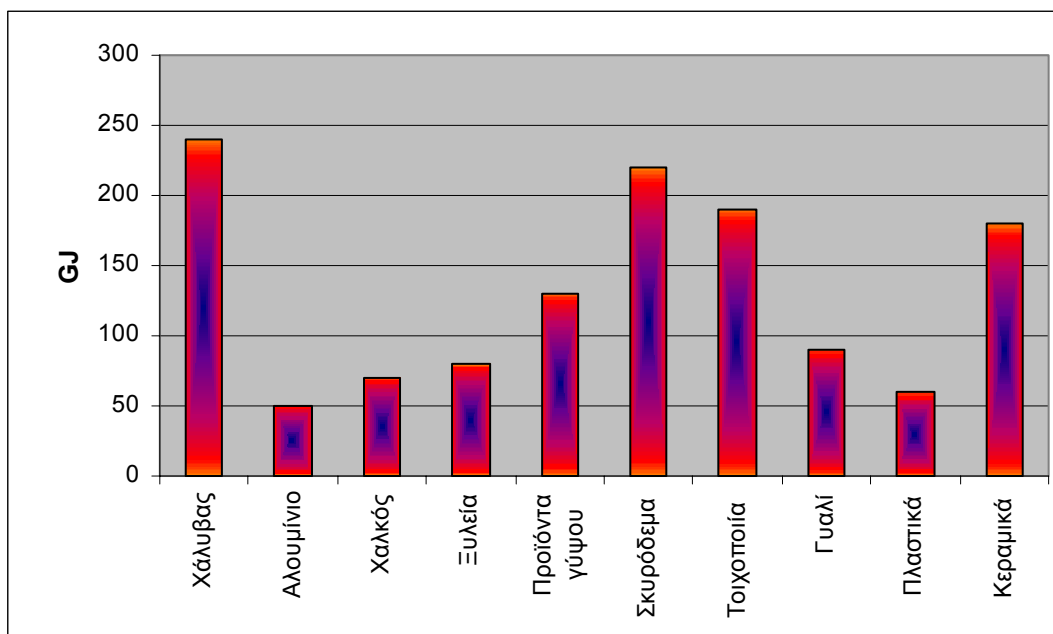
Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού εξαρτάται κυρίως από την επεξεργασία που δέχεται το υλικό αυτό. Για το λόγο αυτό διαφορετική είναι η ενσωματωμένη ενέργεια που περιέχεται σε διαφορετικές μορφές του ίδιου υλικού.



Πίνακας 2.2: Ενσωματωμένη ενέργεια για προϊόντα ξύλου

Είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνται πολλά και διαφορετικά υλικά σε ένα κτήριο με διαφορετικό ποσοστό συμμετοχής το καθένα. Σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής κάθε υλικού στην κατασκευή προκύπτει η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών του κτηρίου. Η ενέργεια έχει υψηλό κόστος και το σύστημα έχει αντιδράσει σχεδόν από μόνο του και χρησιμοποιεί υλικά με μικρή ενσωματωμένη ενέργεια.

Από μελέτες έχει προκύψει ότι για ένα τυπικό διώροφο κτήριο η ενσωματωμένη ενέργεια που έχει καταναλωθεί σε κάθε κατασκευαστικό μέρος είναι:



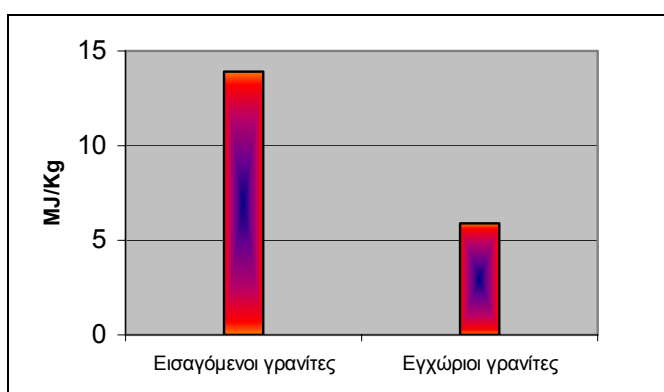
Πίνακας 2.3: Ενσωματωμένη ενέργεια σε τυπικό κτήριο

Από την επιλογή λοιπόν των υλικών και την κατασκευαστική λύση που θα προταθεί προκύπτει το ποσό της ενσωματωμένης ενέργειας που θα περιλάβει η κατασκευή.

Στην ουσία η μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας της κατασκευής επιτυγχάνεται με τη μείωση των χρησιμοποιούμενων υλικών. Υλικά που αγοράζονται χωρίς ποτέ να χρησιμοποιούνται, κτήρια που σχεδιάζονται για να καλύψουν ανάγκες που δεν υπάρχουν δεν αποτελούν οικολογικό σχεδιασμό εφ' όσον είναι άχρηστα, προκύπτουν ως απόβλητα ενώ ταυτόχρονα δαπανάται σημαντική ενέργεια.

Για τη οικολογικά βέλτιστη κατασκευαστική λύση αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία τα τρία R (Reuse, Reduce, Recycling) επανάχρηση, εξοικονόμηση, ανακύκλωση.

2.3.2 Παραγωγή και μεταφορά



Πίνακας 2.4: Ενσωματωμένη ενέργεια λόγω μεταφοράς

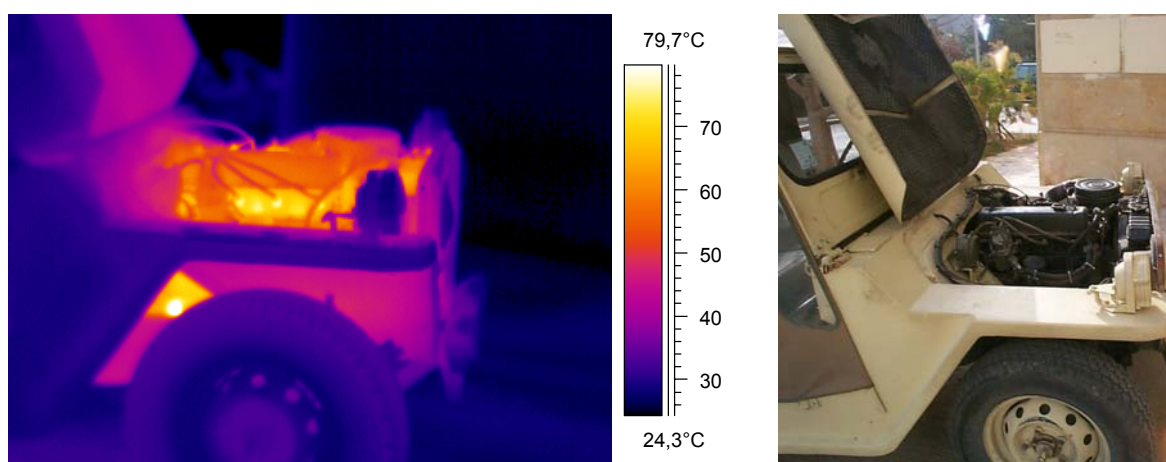
Ένα υλικό που δεν επιβαρύνει περιβαλλοντικά με τη συλλογή των πρώτων υλών του μέσα από τη φύση, μπορεί να προκαλέσει οικολογική ζημιά μέσω της παραγωγικής του διαδικασίας (κατεργασία, μεταφορά). Τα μέταλλα και το γυαλί είναι ενεργειακά επιζήμια κατά την παραγωγή τους καθώς για την παραγωγή τους απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας ενώ οι φυσικοί λίθοι που απαιτούν μικρή σχετικά ενέργεια κατά την παραγωγή τους απαιτούν σχετικά μεγάλη ενέργεια για τη μεταφορά τους.

Η μεταφορά ενός υλικού από τη θέση παραγωγής στη θέση εφαρμογής είναι επίσης ένα κριτήριο που επηρεάζει την οικολογική θέση του υλικού. Επιλέγοντας υλικά που παράγονται κοντά στο τόπο της κατασκευής μειώνεται το ποσό των καυσίμων (και της ενέργειας) που θα απαιτηθούν για τη μεταφορά τους. Εξάλλου ένα από τα μεγάλα συνήθη τρέχοντα κοστολόγια των εργοταξίων αποτελούν τα καύσιμα. Από μελέτες έχει προκύψει ότι ο σιδηρόδρομος είναι οκτώ φορές οικονομικότερος (και οικολογικότερος) από τη μεταφορά των υλικών με αυτοκίνητα.

2.4 Προβλήματα που συνδέονται με την ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών

2.4.1 Το πρόβλημα του πλεονάσματος θερμότητας

Μέχρι σήμερα υπήρχε ισορροπία ανάμεσα στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο και σε αυτή που εκπέμπει η γη στο διάστημα. Η ισορροπία επιφέρει μία μέση θερμοκρασία που ευνοεί την ανάπτυξη της ζωής όπως τη γνωρίζουμε. Τους τελευταίους δύο αιώνες η έντονη παραγωγή ενέργειας είναι ένας νέος παράγοντας στην εν λόγω ισορροπία γιατί προκαλεί θερμική ρύπανση. Θερμική ρύπανση προκαλείται γιατί κατά τη διάρκεια παραγωγής έργου, υπάρχουν πολλές ενεργειακές απώλειες, κυρίως λόγω τριβών. Οι απώλειες αυτές, μολονότι γίνεται πάντα προσπάθεια να περιοριστούν μεταφράζονται σε θερμική ρύπανση.



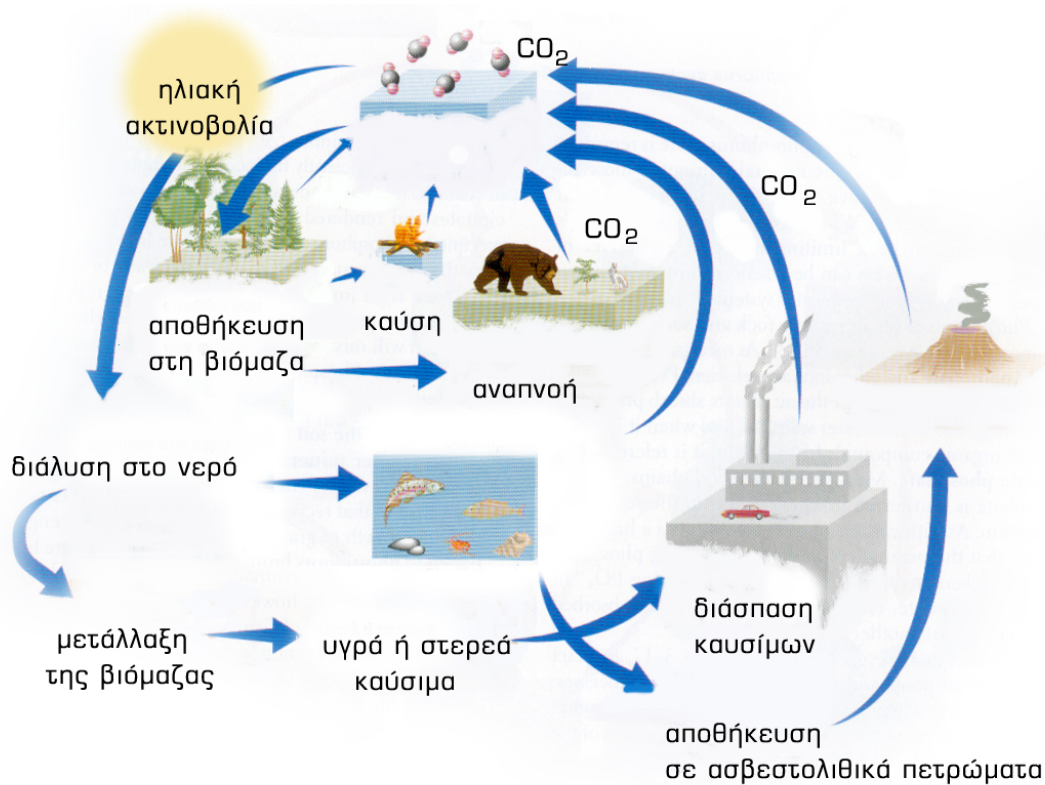
Εικόνα 2.7: Θερμογράφημα του μέσου μετατροπής ενέργειας

Στη θερμογραφία φαίνεται ο κινητήρας του αυτοκινήτου σε λειτουργία και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται. Χημική ενέργεια που βρίσκεται ενσωματωμένη στα καύσιμα εκπέμπεται στο περιβάλλον ως άχρηστη θερμική ενέργεια.

Όταν η εκπομπή θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται μέσα στο αστικό μικροκλίμα, η δράση αυτή συμβάλει στο φαινόμενο της «θερμικής νησίδας». Εκτός αυτού το περιβάλλον της γης αποτελεί το χώρο που αποβάλλεται όση ενέργεια δεν καταναλώνεται επωφελώς. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας στη γη συμβάλει στην αύξηση της θερμότητας του πλανήτη. Αν η γήινη ακτινοβολία προς το διάστημα δεν εξουδετερώνει την αύξηση της θέρμανσης της γης η θερμοκρασία της γης θα αυξάνεται. Αυτό ενδεχομένως μπορεί να αποτελέσει έναν παράγοντα της αλλαγής του κλίματος του πλανήτη.

2.4.2 Το πρόβλημα του διοξειδίου του άνθρακα

Ο άνθρακας είναι το πρωταρχικό στοιχείο της ζωής. Σχηματίζει τον τελειότερο από τους βιογεωχημικούς κύκλους και κυκλοφορεί με σχετικά μεγάλη ταχύτητα στις βιοκοινωνίες μέσα από τις τροφικές αλυσίδες. Οι κυριότερες ανόργανες μορφές της παρουσίας του άνθρακα στη φύση είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το ανθρακικό ασβέστιο.



Εικόνα 2.8: Ο κύκλος του άνθρακα.

Από την αρχή της Τεταρτογενούς περιόδου μέχρι τη βιομηχανική εποχή η ανακύκλωση του άνθρακα είναι σχεδόν τέλεια και ο κύκλος σταθερός. Σε προηγούμενες όμως γεωλογικές περιόδους ο κύκλος του άνθρακα ήταν ατελής. Η φωτοσύνθεση υπερτερούσε της αναπνοής στη βιόσφαιρα με αποτέλεσμα το CO_2 στην ατμόσφαιρα να μειώνεται, το O_2 να αυξάνεται και ο άνθρακας να αποθηκεύεται στο έδαφος και τα ιζήματα.

Η σημασία της σταθερότητας των διαταραχών του κύκλου του άνθρακα γίνεται αντιληπτή αν εξεταστεί η ιστορία της ατμόσφαιρας της γης.

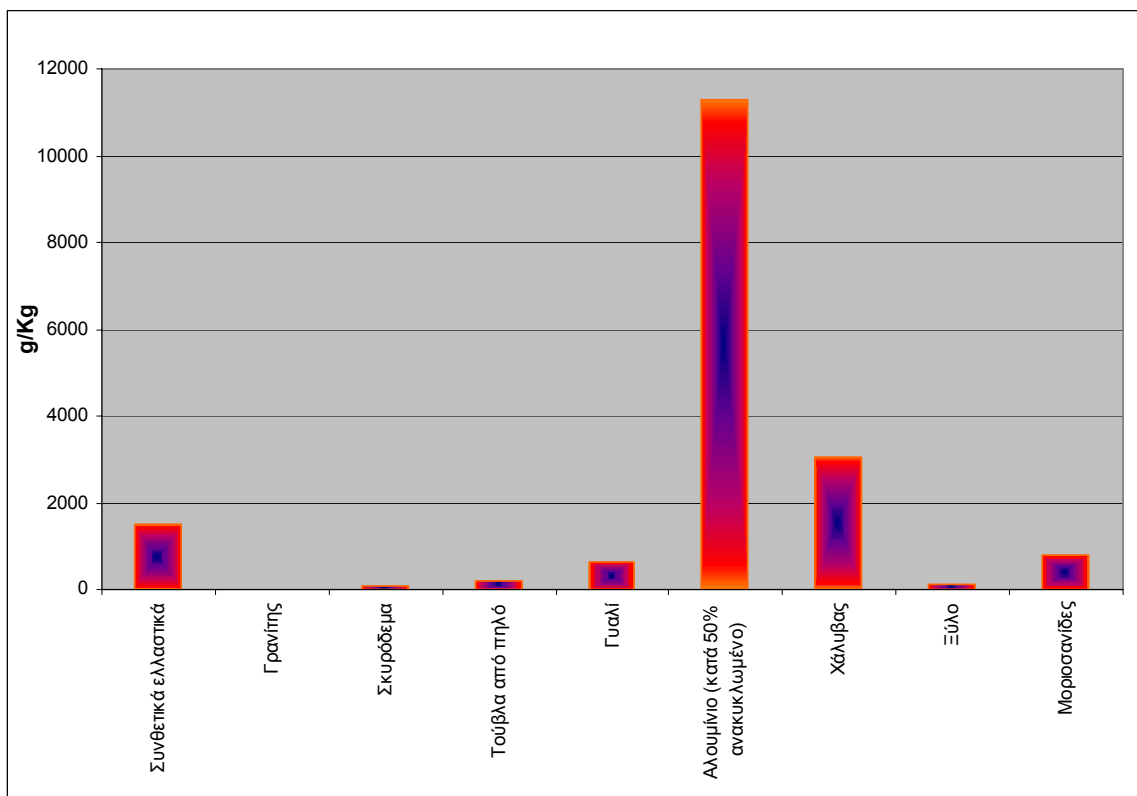
Η ατμόσφαιρα δεν ήταν πάντα όμοια με τη σημερινή. Την εποχή που δημιουργήθηκε περιείχε μεγάλες ποσότητες από υδρογόνο και αδρανή αέρια που χάθηκαν σύντομα στο διάστημα. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε αναγωγική ατμόσφαιρα χωρίς οξυγόνο που περιείχε κυρίως αέρια όπως άζωτο μεθάνιο αμμωνία υδρατμούς διοξείδιο του άνθρακα κλπ. Μετά τη δημιουργία της ζωής άρχισε να παράγεται οξυγόνο με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και μέσα από ποικίλες χημικές αντιδράσεις η ατμόσφαιρα οδηγήθηκε στη σημερινή της σύνθεση που περιλαμβάνει κυρίως άζωτο οξυγόνο και σε μικρές ποσότητες αργό, υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα. Όταν ο κύκλος του άνθρακα σταθεροποιήθηκε στην αρχή της Τεταρτογενούς περιόδου η σύνθεση της ατμόσφαιρας ήταν περίπου όμοια με τη σημερινή και παρέμεινε έκτοτε σταθερή. Επί εκατομμύρια χρόνια επικράτησε μια ισορροπία κατά την οποία η παραγωγή του οξυγόνου των φυτών καταναλώνεται σχεδόν εξολοκλήρου από την αναπνοή του συνόλου των ζωντανών οργανισμών. Ωστόσο ήδη από το 19^ο αιώνα η ισορροπία αυτή ανατράπηκε με την εκτεταμένη αποψίλωση των δασών και τη χρήση των ορυκτών καυσίμων που διοχετεύουν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες άνθρακα με τη μορφή CO_2 , οι οποίες παρέμεναν αποθηκευμένες στη δασική βιομάζα ή στα καύσιμα.



Εικόνα 2.9: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων, (μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας) ελευθερώνει την ενέργεια που είχε δεσμευτεί από τα φυτά στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, εφ' όσον τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι τίποτε άλλο από υδρογονάνθρακες, οι οποίοι προήλθαν από την μετουσίωση των οργανικών ενώσεων που παρήγαγαν τα φυτά με την φωτοσύνθεσή τους. Η καύση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί στη λύση γεωλογικά μετασχηματισμένων υδατανθράκων, σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και άλλες χημικές ενώσεις. Σήμερα ο άνθρωπος χρησιμοποιεί εντατικά τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων, καταναλώνοντας σε ένα χρόνο όσο οξυγόνο παρήγαγε η φωτοσύνθεση για χίλια χρόνια. Ωστόσο η αντιστροφή των φυσικών διεργασιών δεν δημιουργεί κίνδυνο έλλειψης

οξυγόνου διότι οι ποσότητες στην ατμόσφαιρα είναι τεράστιες σε σχέση με αυτές που καταναλώνονται. Δημιουργεί όμως κινδύνους η περίσσια CO₂ διότι η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα κατά τα τελευταία 100 χρόνια έχει αυξηθεί πολύ (από 290 σε 350 ppm).



Πίνακας 2.5: Εκπομπή αερίων ρύπων κατά την διαδικασία παραγωγής των υλικών

Η προκαλούμενη αύξηση του CO₂ της ατμόσφαιρας πιστεύεται ότι προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας της τροπόσφαιρας, για τον λόγο ότι το CO₂ έχει την ιδιότητα να παγιδεύει την υπέρυθη ακτινοβολία (ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Η συμμετοχή της βιομηχανικής παραγωγής των υλικών δεν είναι καθόλου αμελητέα στην διαταραχή του κύκλου του άνθρακα. Στον πίνακα παρουσιάζεται η παραγωγή του CO₂ κατά την βιομηχανική παραγωγή ορισμένων από τα περισσότερο συνηθισμένα υλικά. Στον πίνακα περιλαμβάνεται η παραγωγή και άλλων οξειδωτικών μέσων όπως του SO₂, NO_x. Σημειώνεται ότι η παραγωγή αυτών των αερίων είναι μικρότερη ποσοτικά καθότι οι εκπομπές του CO₂ αποτελούν το 90% των εκπεμπόμενων ρύπων. Άξιο μνείας είναι η παραγωγή του SO₂, υπεύθυνου για την όξινη βροχή παρ' όλη την μικρή ποσοτική συμμετοχή του.

2.4.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου και κλιματικές αλλαγές

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο οφείλεται στη δράση αερίων μικρής συγκέντρωσης (ιχνοαερίων) στο ισοζύγιο ακτινοβολίας. Τα αέρια αυτά είναι διάσπαρτα στην ατμόσφαιρα και απορροφούν δραστικά την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από τη γη προς το διάστημα. Μέρος της ακτινοβολίας αυτής εκπέμπεται εκ νέου προς τη γη με αποτέλεσμα τη θέρμανση της. Χάρη στην παρουσία των ιχνοαερίων η θερμοκρασία της Γης είναι σήμερα κατά μέσο όρο 15°C, ενώ στην περίπτωση απουσίας των ιχνοαερίων η θερμοκρασία θα ήταν -18°C.

Ένα από τα σημαντικότερα ιχνοαέρια είναι το CO₂. Η ποσοστιαία κατ' όγκο συμμετοχή των αερίων θερμοκηπίου στο ανθρωπογενές (ενισχυμένο) φαινόμενο του θερμοκηπίου αποδεικνύει ότι το CO₂ είναι κυρίως υπεύθυνο για το φαινόμενο της ανθρωπογενούς πρόκλησης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υψηλή του συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου και ολιγότερο στο θερμαντικό του δυναμικό που υπολείπεται σημαντικά των άλλων ιχνοαερίων.

Η παρουσία στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του CO₂ ευτυχώς προϋπήρχε της παρουσίας του ανθρώπου. Γεγονός είναι ότι το ανθρωπογενές (ενισχυμένο) φαινόμενο του θερμοκηπίου που οφείλεται στις αυξημένες καύσεις άνθρακα, είναι μία ανθρωπογενής διαταραχή η οποία σύμφωνα με την κλασική λογική θα επισύρει αλλαγές στο κλίμα. Όμως το σαφές αίτιο των αλλαγών αυτών δηλαδή η ανθρωπογενής αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί ένα αδιευκρίνιστου ύψους ποσοστό των αιτιών που επηρεάζουν δραστικά τις όποιες κλιματικές αλλαγές.

Βέβαιο είναι ότι οι δράσεις αυτές συμβάλλουν στην πρόκληση αλλαγής της ισορροπίας της βιόσφαιρας. Δεν είναι όμως ακόμα δυνατό να αποδοθεί με βεβαιότητα μια παρατηρούμενη κλιματική αλλαγή από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

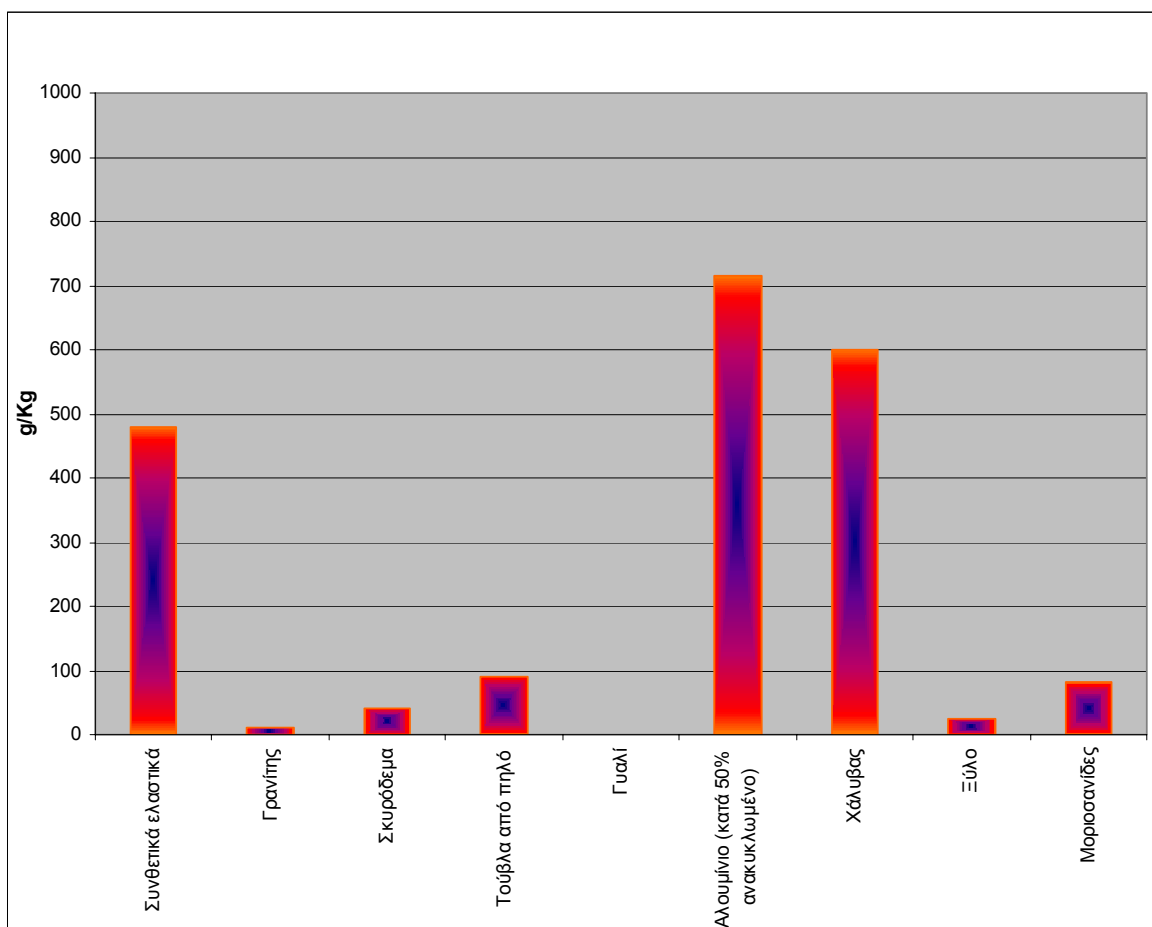
Έχει διαπιστωθεί ότι το κλίμα στον πλανήτη μας ουδέποτε υπήρξε σταθερό και εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις σε όλες τις χρονικές κλίμακες. Το κλίμα αλλάζει με διαδικασίες που δεν ξέρουμε και με τρόπους τους οποίους δεν είμαστε σε θέση να εξηγήσουμε. Συνεπώς δεν είναι δόκιμο να παραπέμπονται μονοσήμαντα τα αποτελέσματα των ερευνών (όπως η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ ή η θερμική ρύπανση) ως η αιτία της αλλαγής του κλίματος του πλανήτη αλλά ως η αιτία της αλλαγής της τάξης του οικοσυστήματος.

2.5 Πρώτες ύλες

2.5.1 Γενικά

Η συλλογή πρώτων υλών κατ' ευθείαν από την φύση προκαλεί, εν γένει, περιβαλλοντικά προβλήματα. Είναι γνωστή η πρόκληση της οικολογικής ανισορροπίας λόγω της εντατικής υλοτόμησης των δασών. Είναι επίσης προφανής η άσχημη και άχρηστη κατάσταση των λατομείων (με εξαίρεση μερικών από τα χιλιάδες που έχουν γίνει πολιτιστικά κέντρα).

Μεγάλο πρόβλημα που προκύπτει στην παραγωγή των υλικών είναι η σπατάλη της πρώτης ύλης. Ανάλογα με τη διαδικασία παραγωγής του κάθε υλικού υπάρχουν και ορισμένες διαδικασίες οι οποίες σπαταλούν μεγάλο μέρος των πρώτων υλών που εξορύσσονται.



Πίνακας 2.6: Απώλειες πρώτων υλών κατά την παραγωγή συνήθων υλικών

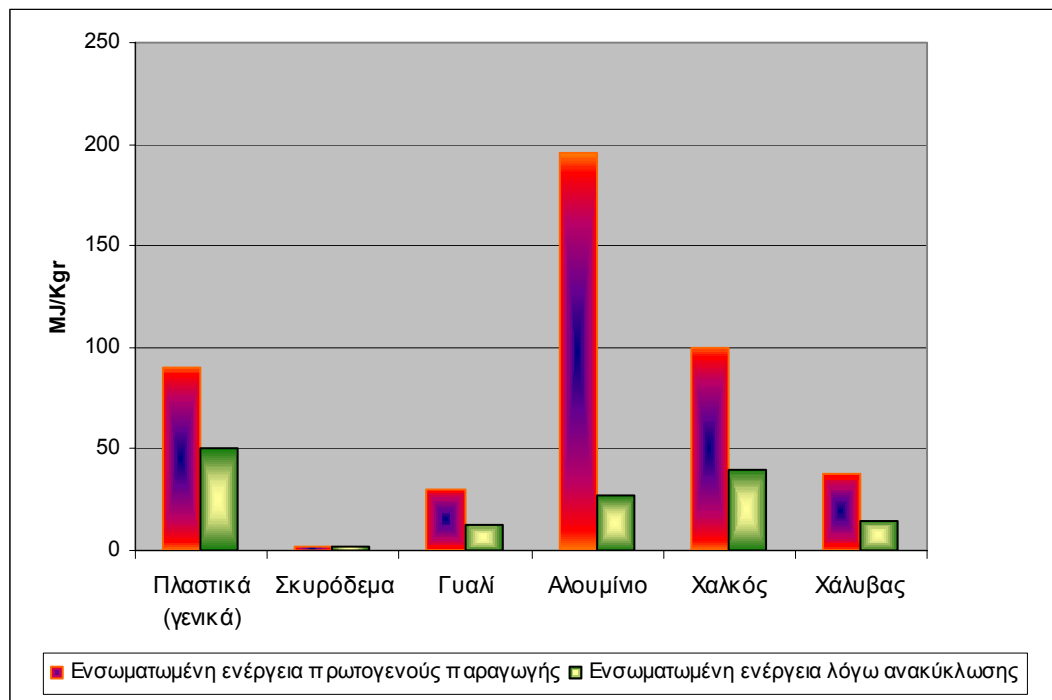
Η χρήση πρώτων υλών από ανακυκλούμενα υλικά μειώνει σαφώς το ποσό των υλών που απαιτεί ο άνθρωπος από τη φύση για να τα δημιουργήσει. Μέχρι σήμερα υπήρχε η γενική θεώρηση ότι χρειαζόταν λιγότερη ενέργεια για να παραχθεί ένα υλικό μέσω της ανακύκλωσης από ότι να συλλεχθεί μέσω της φύσης. Αυτό πλέον έχει γίνει κατανοητό ότι δεν ισχύει πάντα και η ανακύκλωση είναι ωφέλιμη κυρίως για υλικά που έχουν την ικανότητα να ανακυκλώνονται, έχουν μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής και μικρή ενσωματωμένη ενέργεια ανακύκλωσης.

2.5.2 Ανακύκλωση

Ο Β. Ουγκώ επωφελούμενος της περιγραφής των υπονόμων του Παρισιού λέει ότι το 1832 το Παρίσι ρίχνει στη θάλασσα κάθε χρόνο μέσα από τους υπονόμους το ισοδύναμο πεντακοσίων εκατομμυρίων χρυσών φράγκων. Και αντιπαραθέτει τους υπονόμους του Παρισιού με τη συμπεριφορά των Κινέζων χωρικών, οι οποίοι λιπαίνουν την γη με τα ίδια τους τα περιττώματα και για αυτό «η γη της Κίνας είναι σήμερα τόσο γόνιμη όσο την πρώτη ημέρα της δημιουργίας». Με άλλα λόγια ο Ουγκώ διαπιστώνει ότι οι παραδοσιακές οικονομίες ήταν οικονομίες ανακύκλωσης ενώ οι σύγχρονες κοινωνίες είναι οικονομίες σπατάλης. Ασφαλώς αυτά τα οποία λέει πρέπει να βασίζονται στους υπολογισμούς των μεγάλων επιστημόνων χημικών της εποχής του.

Η ανακύκλωση είναι μία απόπειρα να μιμηθεί ο άνθρωπος τους κύκλους της φύσης, οι οποίοι γενικά αποτελούν θετικά παραδείγματα αποτελεσματικής λειτουργίας και σταθερότητας. Πραγματικά οι φυσικοί κύκλοι δε χρειάζονται τροφοδότηση με πρώτες ύλες και δεν δημιουργούν απόβλητα. Είναι λοιπόν υποδείγματα τέλει ανακύκλωσης.

- Ανακυκλωμένα πρωτογενώς είναι τα προϊόντα που ανακτώνται από τα υλικά «απορρίμματα»-κατεδάφισης.
- Ανακυκλωμένα δευτερογενώς είναι τα υλικά που προκύπτουν ως παραπροϊόντα άλλων διεργασιών (εξορυκτική βιομηχανία, σκωρίες, πριονίδι)

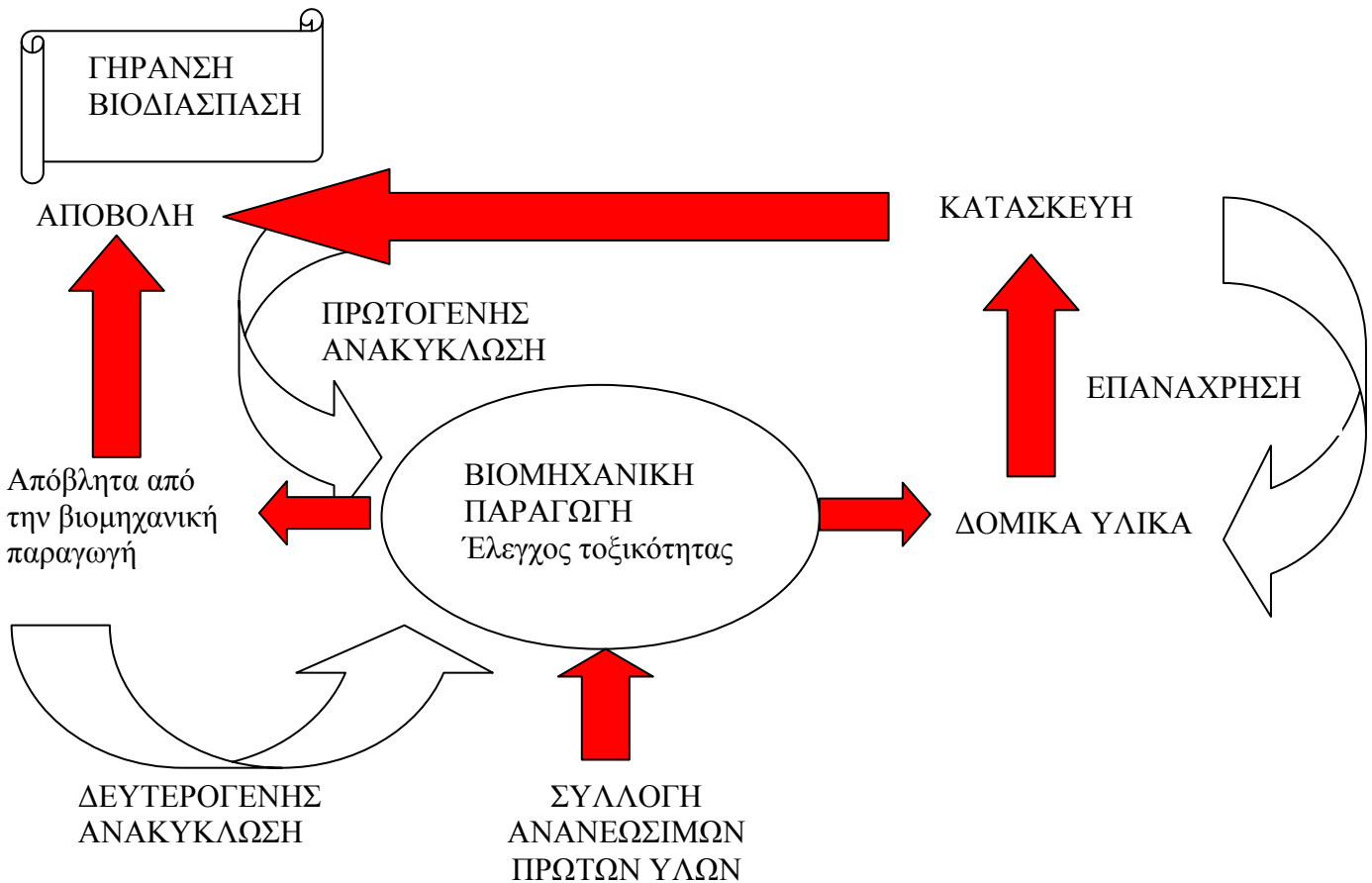


Πίνακας 2.7: Ενσωματωμένη ενέργεια για την ανακύκλωση συνήθων υλικών

Συνήθως μετά από την κατασκευή του έργου και στο τελικό στάδιο του κύκλου ζωής, προκύπτει ένα μείζον ερώτημα: κατεδάφιση και υλικά «απορρίμματα» ή κατεδάφιση και επαναχρησιμοποίηση; Πολλές φορές προκύπτει ένα υλικό να απαιτεί μεγαλύτερο κόστος και ενέργεια να το ανακυκλώσουμε ή να το επαναχρησιμοποιήσουμε παρά να το παράγουμε εξ αρχής. Εδώ προκύπτει η ηθική πλευρά της ανακύκλωσης η οποία οφείλει να επιβάλλεται.

Γενικά ισχύει η αρχή ότι τα υλικά που έχουν μικρή διαδικασία βιομηχανικής παραγωγής ανακυκλώνονται εύκολα. Δηλαδή σε υλικά που έχει επέμβει σημαντικά ο άνθρωπος

παράγοντας με πολύπλοκες διαδικασίες (υψηλές θερμοκρασίες και σύνθετες χημικές αντιδράσεις) είναι δύσκολο όταν υποστούν γήρανση να ανακυκλωθούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ιδιότητας αυτής αποτελούν τα πλαστικά. Φυσικά, υλικά που βιοδιασπώνται είναι τα καλύτερα και γηράσκουν ομαλά, ακολουθώντας τη ροή και τους χρόνους της φύσης.



Εικόνα 2.10: Διάγραμμα ροής της ανακύκλωσης των υλικών

Σήμερα πολλές φορές η κατασκευή γίνεται αποδέκτης υλικών «απορριμμάτων» και τα υλικά που εντάσσονται μέσα σε αυτή έχουν προκύψει από κάποια άλλη παραγωγική διαδικασία.

Μέχρι σήμερα έχουν αξιοποιηθεί σημαντικά τα πριονίδια του ξύλου για την παραγωγή ινσανιδών και μορισανιδών ενώ έχουν αξιοποιηθεί και άλλα περισσότερο ευφάνταστα υλικά όπως τα πτίλα (πούπουλα) που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή αερικού σκυροδέματος. Επίσης γίνονται προσπάθειες να απορροφηθούν και άλλα υλικά στο κτήριο έτσι ώστε το κτήριο να αποτελέσει επί της ουσίας μία αποθήκη «άχρηστων» υλικών και να μην απαιτείται εξόρυξη ή παραγωγή νέων υλικών. Στις ΗΠΑ εφαρμόζονται ήδη δομικά στοιχεία από άχυρα για την κατασκευή ακόμα και φερόντων στοιχείων.

Στην Ελλάδα γίνεται χρήση της ιπτάμενης τέφρας η οποία προκύπτει ως απόβλητο από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη. Η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται ως αδρανές για το σκυρόδεμα και έχει αρχίσει να έχει ευρεία εφαρμογή. Η τοξικότητά της περιορίζει τη χρήση της σε κατασκευές που δεν είναι σε άμεση επαφή με τον άνθρωπο (δεν χρησιμοποιείται σαν αδρανές σκυροδέματος στην κατασκευή κτηρίων). Στην

Ελλάδα το έτος 1998 κατασκευάστηκε το μεγαλύτερο φράγμα στον κόσμο από RCC (σκυρόδεμα με αδρανές ιπτάμενη τέφρα) στη θέση Πλατανόβρυση στο Νέστο,. Παράλληλα υπάρχουν προτάσεις για την εφαρμογή του υλικού αυτού ως αδρανές στην οδοποιία.

Όσον αφορά στις υπάρχουσες κατασκευές τα υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι:

- Δομικά στοιχεία από λίθους χωρίς κονίαμα (ξερολιθιά)
- Ορισμένα μονωτικά (εφ' όσον δεν έχουν υποστεί γήρανση και είναι σε καλή κατάσταση)
- Ξυλεία φέροντος οργανισμού κ.λ.π.
- Προϊόντα γύψου (γυψοσανίδες κ.λ.π.)
- Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δομικά στοιχεία όπως πόρτες παράθυρα αλλά και είδη υγιεινής και έπιπλα .

Τούβλα, τσιμέντο και σκυρόδεμα είναι βέβαιο ότι δεν ανακυκλώνονται εύκολα ούτε μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέες κατασκευές. Είναι δυνατή όμως η επεξεργασία τους και η επαναχρησιμοποίησή τους σαν υλικά διαμόρφωσης οριζόντιων επιφανειών και υλικών οδοποιίας.

Η επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να μειώσει κατά 95% την ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών η οποία διαφορετικά θα χανόταν ως απόβλητο. Μερικά υλικά όμως, όπως τα τούβλα, είναι δυσχερές να επαναχρησιμοποιηθούν.

2.5.3 Ο κύκλος ζωής ενός κτηρίου και των υλικών του.

Ο κύκλος ζωής ενός οικοδομικού υλικού περιέχει τα εξής στάδια.

- Συλλογή-εξόρυξη
- Βιομηχανική παραγωγή-επεξεργασία
- Κατασκευή
- Χρήση της κατασκευής
- Κατεδάφιση
- Επανάχρηση, ανακύκλωση, βιοδιάσπαση

Για τα περισσότερα οικοδομικά υλικά το μεγαλύτερο μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεών, βρίσκεται μεταξύ των δύο πρώτων σταδίων αλλά καθώς μεγαλώνει το πρόβλημα των αποβλήτων, στον περιορισμένο σε διαστάσεις πλανήτη μας, γνωρίζουμε ότι αυξάνεται σημαντικά το πρόβλημα που προκύπτει λόγω της κατεδάφισης και αποβολής τους.

Σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξή του, την διαδικασία παραγωγής του, μέχρι και τη χρήση του, παράγονται απόβλητα. Με την ολοκλήρωση της χρήσιμης διάρκειας ζωής του, το ίδιο το κτήριο, θεωρείται άχρηστο και κατατάσσεται στην κατηγορία των αποβλήτων. Στη Δυτική Ευρώπη παράγονται ετησίως πέντε δισεκατομμύρια τόνοι στερεών αποβλήτων από τα οποία 5% είναι κατασκευαστικά απόβλητα.

Είναι προφανές ότι η περιβαλλοντική επίπτωση των υλικών με μικρό χρόνο ζωής είναι πολύ μεγαλύτερη από υλικά που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Το πρόβλημα που προκύπτει όμως, σε όλες αυτές τις μελέτες είναι η πιστοποίηση της αντοχής των υλικών στο μεταλλαγμένο τόπο και χρόνο στον οποίο ζούμε. Για παράδειγμα το μάρμαρο θεωρείτο, μέχρι σήμερα, πολύ ανθεκτικό υλικό. Σήμερα όμως λόγω της ατμοσφαιρικής μόλυνσης και της όξινης βροχής διαπιστώνουμε ότι γυψοποιείται και να αποσθρώνεται με ταχύτετους ρυθμούς. Αυτό σημαίνει ότι τα υλικά δεν έχουν πιστοποιηθεί στις νέες συνθήκες του περιβάλλοντος πράγμα που πλέον δυσκολεύει ιδιαίτερα τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής τους.



Εικόνα 2.11: Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός δομικού υλικού

Στην προσπάθεια να δομηθεί ένα οικολογικό αειφορικό μοντέλο διαχείρισης, η κάθε προσπάθεια μείωσης των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων που προκαλούν τα κτήρια, θα ήταν απαραίτητη να εκτιμηθεί ως συνάρτηση ολόκληρου του κύκλου ζωής του έργου και των υλικών του.

Κύριος άξονας της εφαρμογής αυτού του κριτηρίου -κύκλου ζωής- είναι ότι: το κτήριο, ως λίκνο της μετενσάρκωσης των υλικών, πλεονεκτεί σε σχέση με τις περισσότερες καθαρές βελτιώσεις και διεξόδους όπως η επανάχρηση και η ανακύκλωση.

Αυτό γιατί όπως είναι προφανές δεν απαιτείται η εύρεση χώρου εναπόθεσης των υλικών κατεδάφισης καθώς επίσης παρέλκει το ενεργειακό κόστος για την κατεδάφιση και επανακατασκευή κτηρίου αντιστοίχων διαστάσεων.

2.6 Η ποιότητα στην οικοδομική σύνθεση

Γενικά τα πράσινα κτήρια μελετούν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος την αξιοποίηση της φυσικής ακτινοβολίας την ελάττωση της κατανάλωσης του νερού, την αντοχή του κτηρίου, την ποιότητα του αέρα και άλλες ανέσεις.

2.6.1 Η μορφή της κατασκευής

Είναι σκόπιμο να διατυπωθεί η ανάγκη ότι ο χώρος του κτηρίου πρέπει να είναι ευέλικτος σχεδιαστικά και να μην εγκλωβίζει τους μελλοντικούς χρήστες κατά την επαναχρησιμοποίησή του. Το ίδιο το κτήριο ως λίκνο της μετενάρκωσης των υλικών είναι η βέλτιστη οικολογική λύση. Η ευελιξία του σχεδίου υποστηρίζει την λύση αυτή.

Πολλές φορές αναπτύσσουμε χώρους χωρίς αισθητική, με αποτέλεσμα να προκύπτουν άσχημα και άχρηστα αντικείμενα για τις επόμενες γενεές. Η ανάπτυξη αυτή σαφώς δεν είναι οικολογική. Η οικολογική δόμηση συσχετίζεται με την αισθητική της κατασκευής. Αφού μία κατασκευή αποτελείται από υλικά, αξίζει να διατυπωθεί ο προβληματισμός γύρω από την μορφή που παίρνουν τα υλικά αυτά.



Εικόνα 2.12: Κτήριο στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου.

Η μορφή των υλικών και η τελική τους διάταξη στο χώρο καθορίζουν την αισθητική του κτηρίου. Η αισθητική επιβάλλει τη διατήρηση ενός αντικειμένου. Αν το κτήριο είναι άσχημο, μπορεί προσωρινά να εξυπηρετήσει ανάγκες στέγασης αλλά μόλις αλλάξουν οι ανάγκες αυτές το κτήριο θα προκύψει σαν απόβλητο μέσα στον χώρο. Αντίθετα, αν το κτήριο είναι όμορφο, θα βρεθούν λύσεις για τη συντήρησή του. Επίσης θα βρεθούν και εναλλακτικές λύσεις για την χρήση του. Η υπόθεση αυτή προϋποθέτει ότι κάποιος πρέπει να κάνει τη λογική διαδικασία και να πει "*αυτό είναι ωραίο*". Αυτό είναι το αξίωμα για τη θεμελίωση αυτής της αντίληψης. Εκεί έγκειται και η δυσκολία του θέματος. Μέχρι σήμερα αξίωμα της λογικής είναι ότι " $a \equiv a$ " και αυτό είναι μάλλον βέβαιο. Τα κριτήρια όμως αυτά, διαρκώς μεταβάλλονται και δεν είναι μονοσήμαντα. Ο Kant (Beardsley 1976) υποστήριξε σχετικά ότι «είναι μάταιο να αναζητούμε μία αρχή της αισθητικής που να παρέχει, μέσω

καθορισμένων εννοιών, ένα καθολικό κριτήριο του ωραίου διότι αυτό που ζητάμε είναι ανέφικτο και αντιφάσκει προς τον εαυτό του». Εξάλλου κάθε δημιουργήμα ανήκει σε μια συγκεκριμένη πολιτιστική παράδοση. Αυτό που είναι ωραίο για εμάς δεν είναι ωραίο για τον Κινέζο αγρότη. Μπορεί όλοι να συμφωνούμε ότι ο Πικάσο ήταν ιδιοφυΐα αλλά δεν θα τον γνώριζε κανείς από εμάς αν κάποια μουσεία και κάποιες ομάδες δεν φροντίζανε να μάθουμε τον

Πικάσο. Για αυτό το λόγο έννοιες όπως «αισθητική» και «κάλος» συντελούν σε μια εύθραυστη αίσθηση προσωρινότητας.

Το κριτήριο της αισθητικής ήταν ένα από τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν για την αποκατάσταση των κτηρίων του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου. Στο Τ.Π.Π.Λ. αφού διαπιστώθηκε η ιστορική και αισθητική αξία των κτηρίων, τα κτήρια αποκαταστάθηκαν (επιστημονικός υπεύθυνος εργοταξίου καθ. Αιμ. Κορωναίος) και σήμερα επαναχρησιμοποιούνται για να φιλοξενήσουν άλλες χρήσεις από ότι είχαν αρχικά σχεδιαστεί.

2.6.2 Θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους χώρους καθώς και στην κατασκευή του κτιριακού κελύφους πρέπει να μη δημιουργούν ρύπανση στο εσωτερικό περιβάλλον ενώ παράλληλα να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις.

Όσον αφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στους εσωτερικούς χώρους θα πρέπει

- Να συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης στο κτήριο και στην ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Τα υλικά του κελύφους (μονωτικά-τζάμια) θα πρέπει να συντείνουν κατά τη ψυχρή περίοδο στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών των κτηρίων και τη μεγιστοποίηση των θερμικών και ηλιακών κερδών. Παράλληλα κατά τη θερινή περίοδο (για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες) τα υλικά του εξωτερικού κελύφους θα πρέπει να εξασφαλίζουν τη μέγιστη δυνατή εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας προς το περιβάλλον.
- Να συνεισφέρουν στη δημιουργία βέλτιστης οπτικής άνεσης εντός του χώρων. Συγκεκριμένα τα υλικά θα πρέπει να επιτρέπουν την αδιατάρακτη ροή του φωτός να συμβάλλουν στην επίτευξη των ικανοποιητικών επιπέδων φωτισμού, να μην προκαλούν θάμβωση στο περιβάλλον τους και να επιτρέπουν την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Όσον αφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στους εξωτερικούς χώρους θα πρέπει

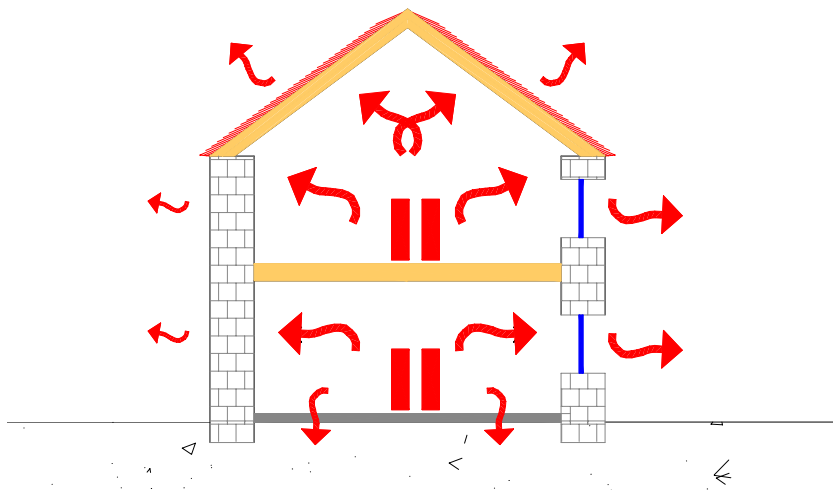
- Να συντελούν στη δημιουργία βέλτιστου θερμικού κλίματος στην περιοχή χρήσης τους. Για τις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες ενδείκνυται η χρήση "ψυχρών υλικών" δηλαδή υλικών που παρουσιάζουν μεγάλη ανάκλαση στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και μεγάλο συντελεστή εκπομπής
- Να μην υποβαθμίζουν το οπτικό περιβάλλον και να μη δημιουργούν θάμβωση και υπερφωτισμό σε γειτονικά κτήρια όπως τα γυάλινα κτήρια.

2.6.3 Η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου.

Το κτήριο θερμαίνεται και αποβάλλει θερμική ενέργεια στο περιβάλλον από την επιφάνεια του κελύφους του.

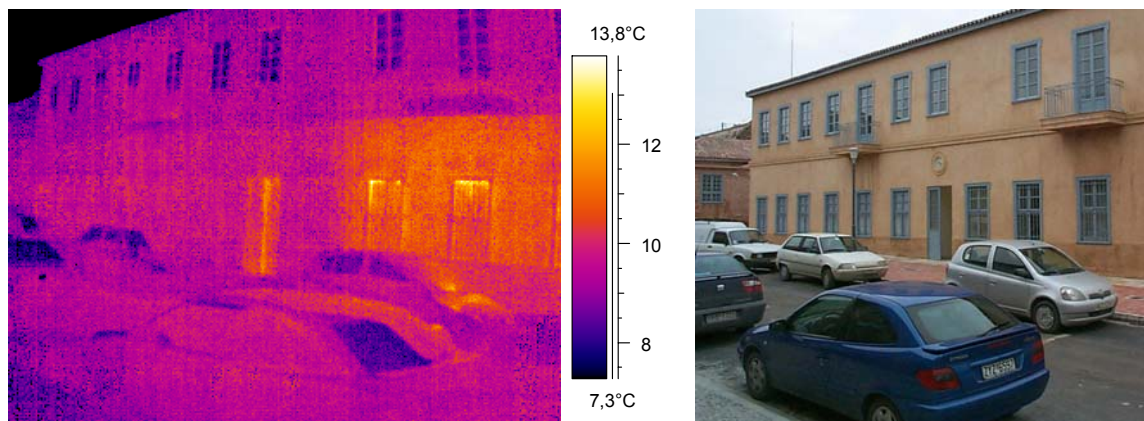
Ως κέλυφος νοούμε το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του κτηρίου. Ο τρόπος της κατασκευής του καθορίζει τη θερμική και κατ' επέκταση ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου.

Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του κελύφους, τόσο περισσότερη θερμική ενέργεια χάνει το κτήριο. Η θερμική ενέργεια που χάνεται περιορίζεται με την χρήση θερμομονωτικών υλικών (υλικά που έχουν μεγάλη θερμική αντίσταση) και την χρήση διπλών υαλοπινάκων.



Εικόνα 2.13: Απώλειες θερμότητας

Η εύκολη λύση στη συνήθη κατασκευή είναι η χρήση θερμομονωτικών υλικών, η οποία ελέγχει την θερμική συμπεριφορά του κτηρίου περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες.



Εικόνα 2.14: Θερμογράφημα και αντίστοιχη εικόνα ενός κτηρίου σε λειτουργία

Στο θερμογράφημα παρουσιάζεται η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου «Ρολόι» στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου.

Η λύση του ελέγχου της κατασκευής αποκλειστικά και μόνο μέσω της θερμομόνωσης δεν είναι μονοδιάστατη. Υπάρχουν πολλές τεχνικές (κυρίως τεχνικές σχεδιασμού) οι οποίες οδηγούν στον έλεγχο του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου. Εκεί παίζει ρόλο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός του κτηρίου.

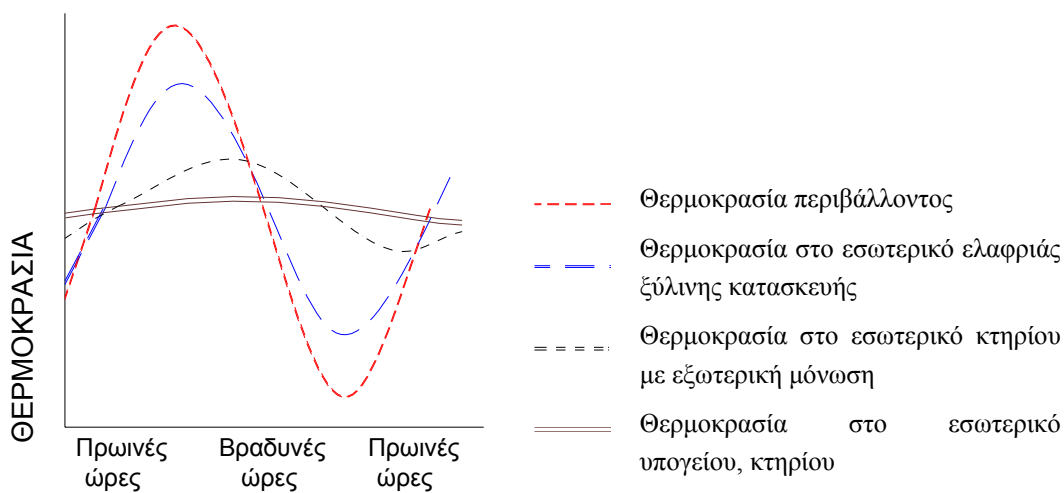
Χαρακτηριστική οικολογική συνεργασία δομικού υλικού με το κέλυφος του κτηρίου είναι τα igloo των Εσκιμώων. Τα igloo διατηρούν την εσωτερική θερμοκρασία του κελύφους στους -3 έως -5°C . Μια τέτοια θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος θα ήταν απαράδεκτη στις Μεσογειακές χώρες αλλά η αξιοποίηση των φυσικών πόρων δίνει ένα ιδιαίτερα καλό αποτέλεσμα εφ' όσον η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από -30°C . Η διαφορά αυτή δεν θα ήταν δυνατό να επιτευχθεί με άλλο τρόπο χωρίς τη κατανάλωση ιδιαίτερα μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας.



Εικόνα 2.15: Χωριό από igloo, λιθογραφία

Το κέλυφος ενός κτηρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη θερμότητας. Το μέγεθος με το οποίο εκφράζεται η ικανότητα της αποθήκευσης της θερμότητας ενός κτηρίου ονομάζεται θερμική μάζα του κτηρίου. Η θερμική μάζα εντοπίζεται στους τοίχους στα δάπεδα και στις οροφές το μέγεθός της δέ εξαρτάται από τη μορφή και τον προσανατολισμό του κτηρίου και τη θερμοχωρητικότητα των υλικών.

Η θερμική μάζα αναφέρεται σε υλικά που έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμική ενέργεια για μεγάλες περιόδους. Η θερμική μάζα απορροφά κατά τη διάρκεια της μέρας θερμική ενέργεια και αποδίδει θερμότητα τη διάρκεια της νύχτας.



Εικόνα 2.16: Θερμική συμπεριφορά διαφόρων τύπων κτηρίων

Παραδοσιακοί τύποι υλικών με μεγάλη θερμική μάζα είναι το νερό, οι φυσικοί λίθοι, το χώμα, το τούβλο, το σκυρόδεμα, το ύφασμα και τα κεραμικά.

Οι ικανότητες της θερμικής μάζας ήταν γνωστές από την αρχαιότητα αλλά μόλις πρόσφατα άρχισαν να αναφέρονται σαν κομβικό σημείο στρατηγικής στο ενεργειακό σχεδιασμό του κτηρίου. Σήμερα τεχνικές του παρελθόντος, όπως η αξιοποίηση της θερμικής μάζας, αναφέρονται σαν εναλλακτικές μέθοδοι στο μηχανισμό ψύξης και θέρμανσης.

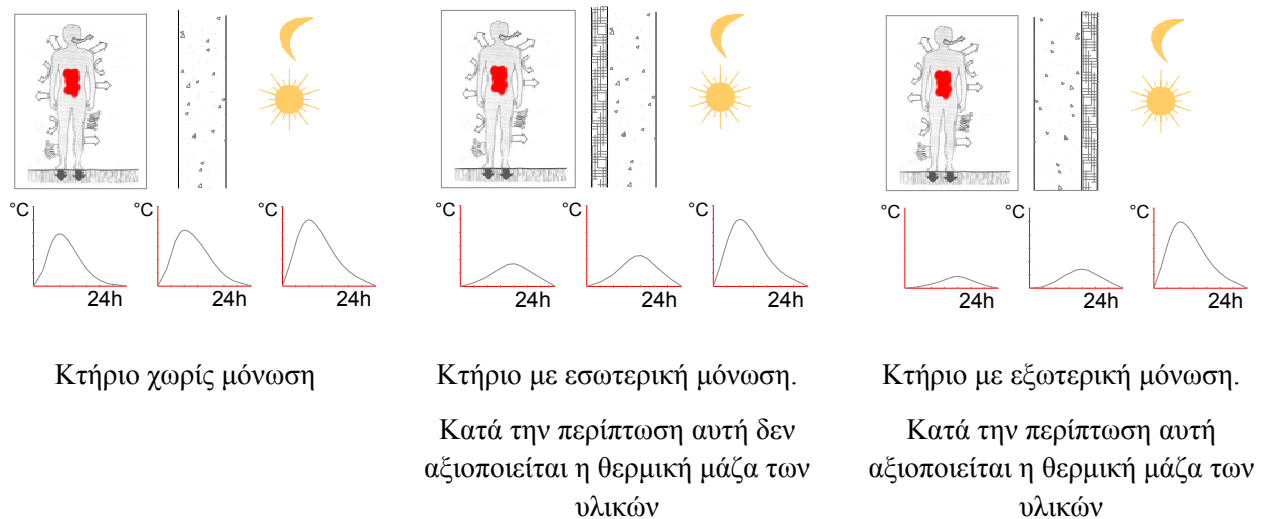
Η κατανομή της θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτηρίου καθορίζεται κυρίως από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και την επιθυμητή χρονική καθυστέρηση όσον αφορά στην απελευθέρωση θερμότητας.

- Στις βόρειες προσανατολισμένες επιφάνειες δεν υπάρχει πρακτικά ανάγκη για χρονική καθυστέρηση αφού οι επιφάνειες αυτές έχουν μικρά θερμικά κέρδη.
- Στις επιφάνειες με ανατολικό προσανατολισμό είναι προτιμότερο να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη από δεκατέσσερις ώρες έτσι ώστε η απελευθέρωση θερμότητας να γίνεται αργά το απόγευμα.
- Στις νότιες και τις δυτικές επιφάνειες μία χρονική καθυστέρηση οκτώ ωρών είναι αρκετή για να επιβραδύνει την απελευθέρωση θερμότητας μέχρι το βράδυ.

Η οροφή του κτηρίου που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, απαιτεί μεγάλη χρονική καθυστέρηση (άρα μεγάλη θερμική μάζα) ή εναλλακτικά επιπρόσθετη μόνωση.

Υλικό	Θερμική μάζα $\text{KJ/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$
Νερό	4186
Σκυρόδεμα	2060
Συμπαγή εδαφικά υλικά	1740
Τούβλο	1360

Πίνακας 2.8: Θερμική μάζα διαφόρων υλικών



Εικόνα 2.17: Μόνωση κελύφους κτηρίου (περίοδος θέρους)

Στα σημερινά κτήρια η θερμική μάζα αποτελείται από στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την πλήρωση του κελύφους όπως τα τούβλα, οι τσιμεντόλιθοι και το σκυρόδεμα. Όπου αυτό είναι δυνατό συνιστάται η χρήση της πέτρας. Αντίθετα η χρήση υλικών όπως το ξύλο δεν ευνοούν την αποθήκευση θερμότητας.

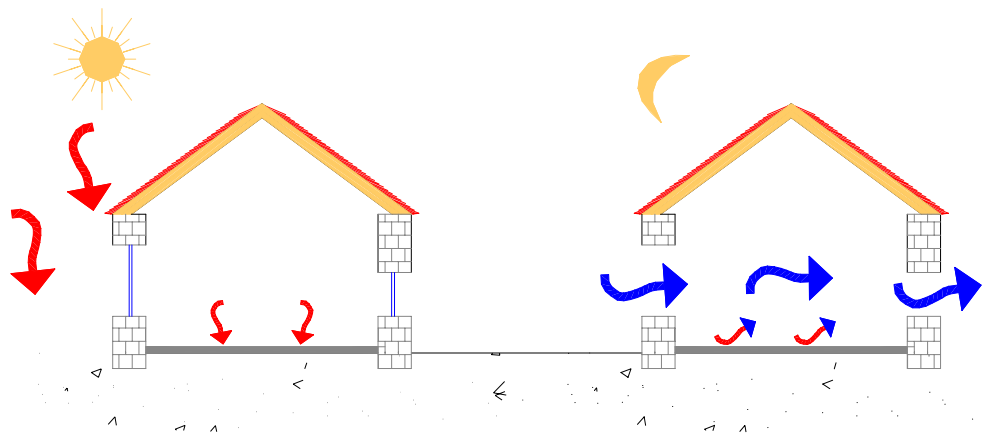
Για να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτηρίου πρέπει η μόνωση να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κτηρίου διαφορετικά δεν είναι δυνατή η αποθήκευση πλεονάζουσας θερμότητας και η απόδοσή της στο εσωτερικό σε μεταγενέστερο χρόνο. Η βέλτιστη λειτουργία της θερμικής μάζας προκύπτει από το συνδυασμό εξωτερικής

θερμομόνωσης και μεγάλης εσωτερικής θερμικής μάζας.

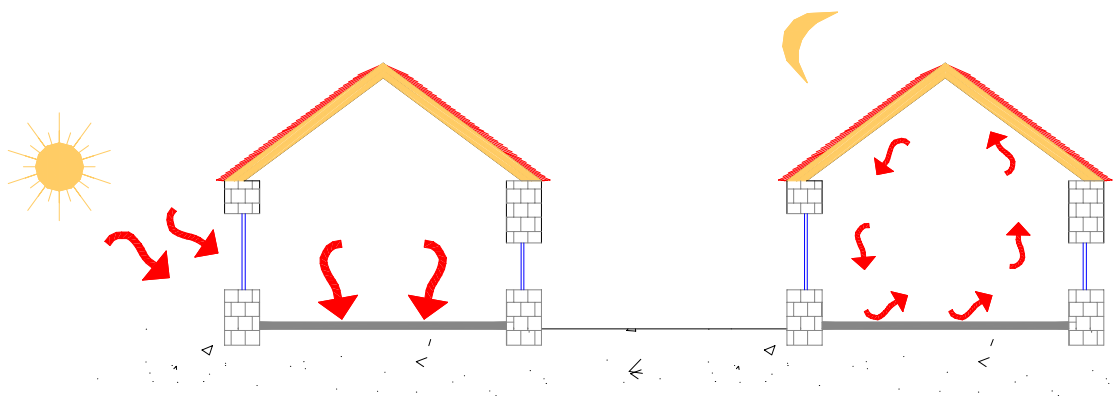
Η ικανότητα της θερμικής μάζας καθορίζεται από την ημερήσια θερμοχωρητικότητα η οποία ορίζεται ως το ποσό της αποθηκευμένης θερμότητας ανά βαθμό διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμική μάζα εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες του υλικού σε σχέση πάντα με την επαφή του με τον εσωτερικό αέρα του κελύφους και εκφράζεται από το γινόμενο της θερμοχωρητικότητας του υλικού επί την θερμική του αγωγιμότητα.

Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι ανάλογη προς τον όγκο και την πυκνότητα του υλικού. Από τα συνήθη υλικά μεγαλύτερη πυκνότητα έχει ο φυσικός λίθος ενώ ακολουθούν τα τούβλα και το σκυρόδεμα (υλικά θερμικής αποθήκης κτηρίου).

Η θερμοχωρητικότητα όλων των υλικών δεν αυξάνεται από ένα ορισμένο πάχος του υλικού και πέραν καθιστώντας περιττή την κάθε πρόσθετη αύξηση πάχους για την επίτευξη της θερμικής μάζας.



Εικόνα 2.18: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το καλοκαίρι



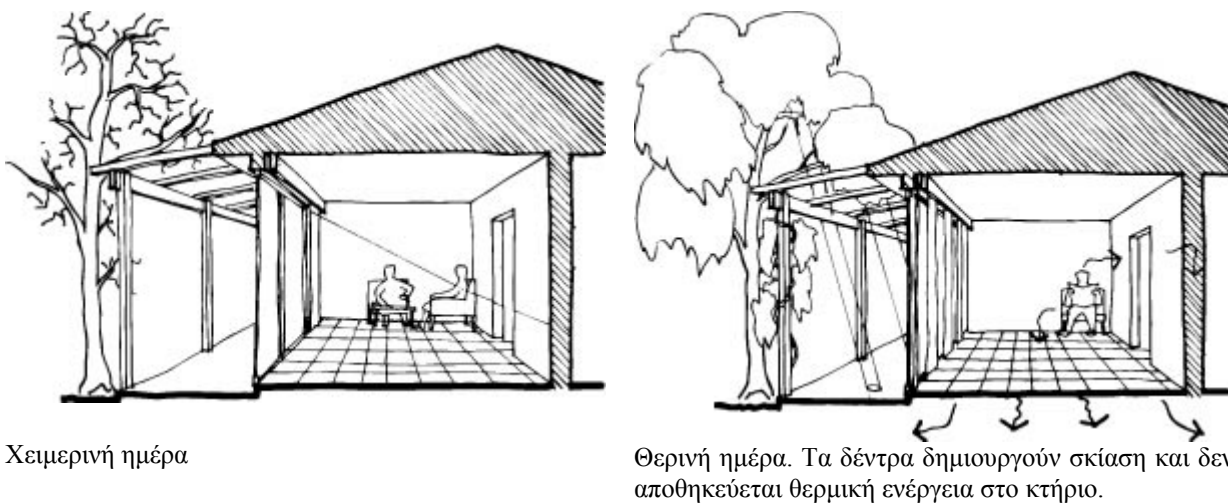
Εικόνα 2.19: Λειτουργία της θερμικής μάζας δαπέδου το χειμώνα.

Η συμπεριφορά της θερμικής μάζας εξαρτάται από τη χρονική καθυστέρηση μετά από την οποία η θερμική μάζα αποδίδει θερμότητα. Η θερμική μάζα υποστηρίζει την θερμική άνεση στο κτήριο καθότι προκαλεί ελάττωση του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους στο εσωτερικό του κτηρίου σε σχέση με το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Υλικό	Ημερήσια θερμοχωρητικότητα KJ/°C m ²				
	Πάχος υλικού				
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
Σκυρόδεμα	120	200	240	245	245
Φυσικός λίθος	100	175	185	185	185
Τούβλο	80	140	150	150	150
Ξύλο	30	35	35	35	35

Πίνακας 2.9: Ημερήσια θερμοχωρητικότητα διαφόρων υλικών

Για την εξοικονόμηση της φυσικής θερμικής ενέργειας με τη χρήση της θερμικής μάζας έχουν προκύψει πολλές σχεδιαστικές λύσεις. Μία εξ' αυτών αρκετά απλή είναι η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στη νότια όψη των κτηρίων.



Εικόνα 2.20: Σχεδιαστική λύση για την λειτουργία της θερμικής μάζας κτηρίου

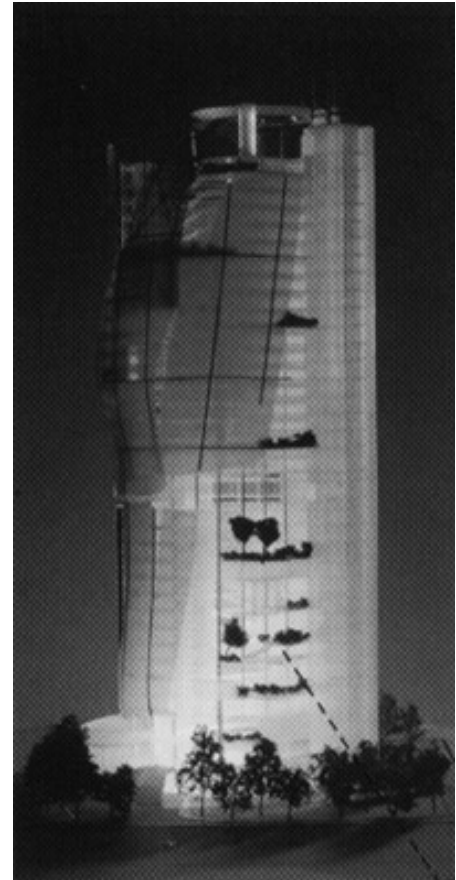
Σε διάφορες χώρες έχουν σχεδιαστεί πρότυπα με τα οποία προτείνεται και μία συγκεκριμένη μεθοδολογία σχεδιασμού κτηριακού κελύφους. Για τον ελλαδικό χώρο το μοντέλο που εφαρμόζεται ακολουθεί τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά:

- Μικρή ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση
- Συνήθως τέσσερις διακριτές εποχές
- Μέσοι έως ελαφροί χειμώνες με χαμηλή υγρασία
- Ζεστά έως πολύ ζεστά καλοκαίρια με μέτρια υγρασία.

Κλειδιά για το σχεδιασμό ενός πράσινου κτηρίου με σωστή θερμική συμπεριφορά στο χώρο αυτό είναι:

- Χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων
- Συνιστάται ο σχεδιασμός κτηρίου με μεγάλη θερμική μάζα.
- Ιδιαίτερα καλή μόνωση σε συνδυασμό με τη συμπεριφορά της θερμικής μάζας
- Μεγιστοποίηση της νότιας πλευράς των τοίχων και των ανοιγμάτων ιδιαίτερα σε περιοχές με παθητική ηλιακή ενέργεια
- Ελαχιστοποίηση των ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων, εναλλακτικά χρήση σκιάστρων.
- Χρήση μεγάλου βάρους κα πάχους πετασμάτων για τη μόνωση των παραθύρων.
- Ελαχιστοποίηση της εξωτερικής επιφάνειας των τοίχων

- Χρήση διαμπερούς αερισμού για παθητικό δροσισμό το καλοκαίρι
- Έντονη χρήση του "θερμικού αέρα" και ακώλυτη κυκλοφορία της θερμότητας.
- Να γίνεται χρήση κατοπτρικής μόνωσης για να αποφεύγεται ο καλοκαιρινός κλιματισμός



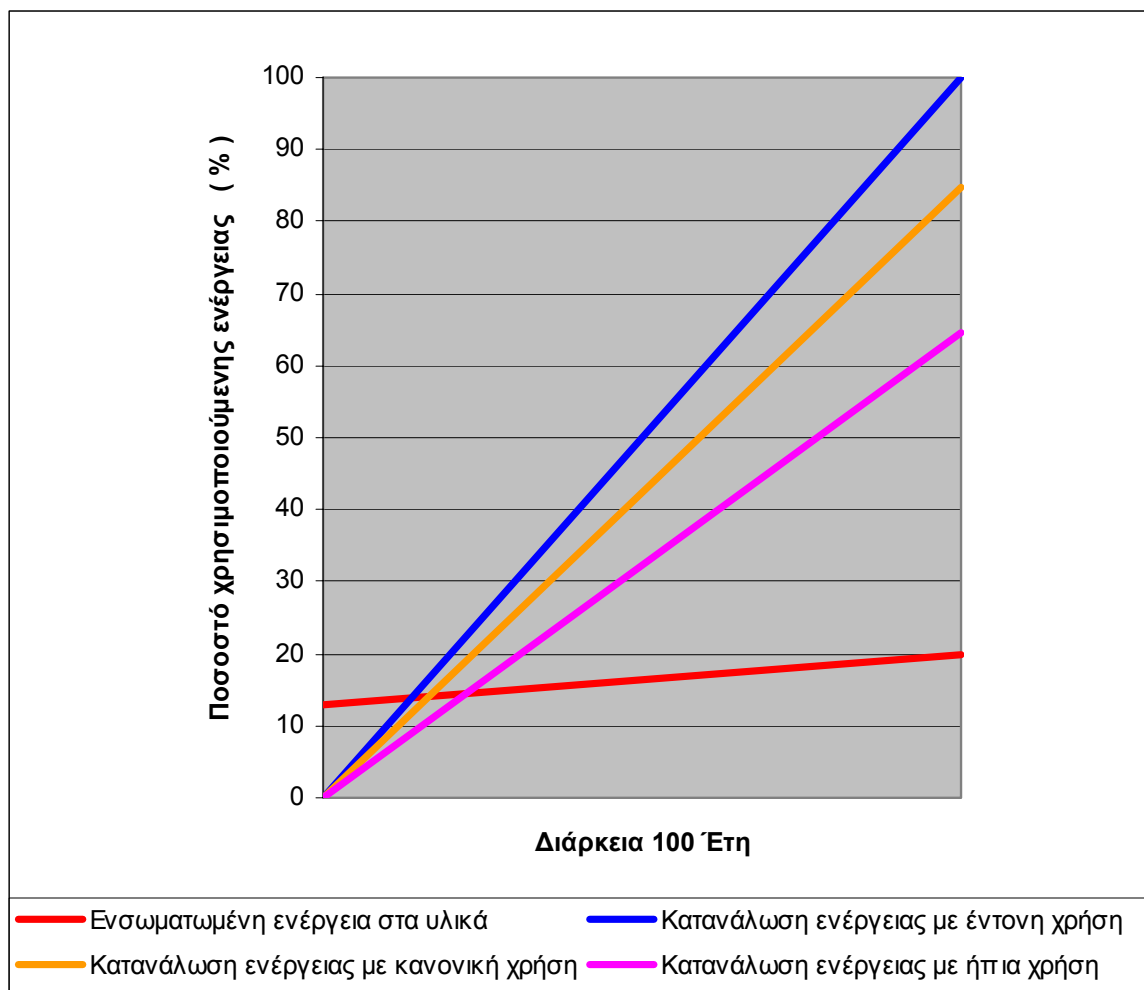
Εικόνα 2.21: Προσόψεις κτηρίων καλής θερμικής συμπεριφοράς

Σε κτήρια με σωστό θερμικό σχεδιασμό σε αυτό το κλιματικό πρότυπο δεν είναι απαραίτητη σημαντική βοηθητική θέρμανση ή ψύξη.

Το κτήριο κατά τη χρήση του χρησιμοποιεί μεγάλη ενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι ίσως η σημαντικότερη παράμετρος της οικολογικής συμπεριφοράς της χρήσης του. Σήμερα σε ένα τυπικό κτήριο κατά τη διάρκεια εκατό ετών ζωής και εντατικής χρήσης απαιτείται ενεργειακά πέντε φορές περίπου το ποσό της ενσωματωμένης ενέργειας των υλικών του για να λειτουργήσει.

Η εκμετάλλευση των υλικών με καλή θερμική συμπεριφορά καθώς επίσης και ο συνολικός σχεδιασμός ενεργειακής εκμετάλλευσης των κτηρίων (βιοκλιματική συμπεριφορά, εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας, εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας κ.λ.π.) είναι στοιχεία που χαρακτηρίζουν το κτήριο ως έξυπνο και οικολογικό.

Στον πίνακα προσεγγίζεται ποσοστιαία η συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια που χρησιμοποιείται στη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου. Παρατηρείται ότι η ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών αυξάνεται. Αυτό είναι προφανές δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια ζωής ενός υλικού απαιτείται και ενέργεια για τη συντήρησή του.

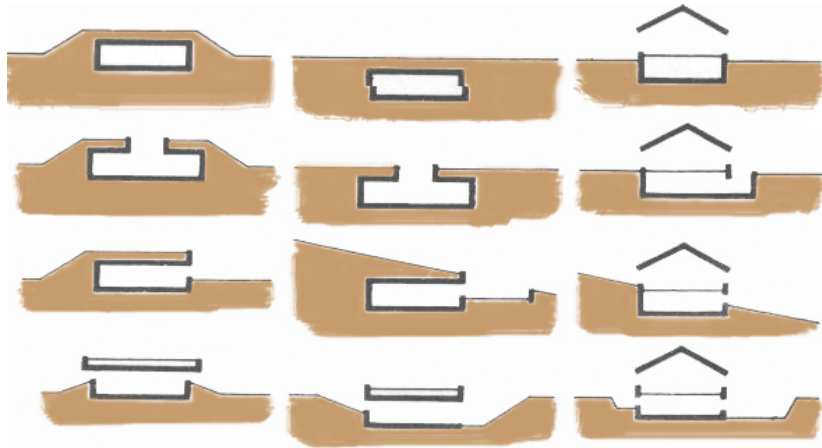


Πίνακας 2.10: Κατανάλωση ενέργειας ενός κτηρίου κατά τη διάρκεια ζωής του σε εύκρατο κλίμα.

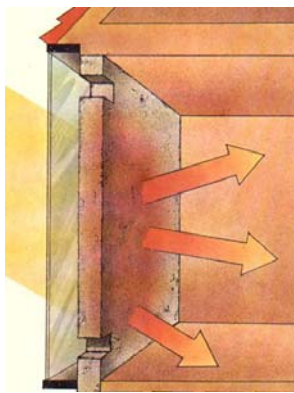
2.6.4 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αξιοποιούν την θερμική μάζα ενός κτηρίου. Η θερμική μάζα λειτουργεί σε δύο στάδια. Σε ημερήσια βάση κατά την διάρκεια του χειμώνα η θερμική μάζα αποθηκεύει ηλιακή-θερμική ενέργεια με το φως της ημέρας την οποία απελευθερώνει κατά την διάρκεια της νύχτας ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με την διάφορα ότι η θερμότητα που αποθηκεύεται την ημέρα είναι επιπλέον θερμότητα την νύχτα. Σε εβδομαδιαία βάση η θερμική μάζα είναι ικανή να υποστηρίξει την θερμική λειτουργία του κτηρίου αποθηκεύοντας θερμότητα, ημέρες με ηλιοφάνεια, διοχετεύοντάς την αργότερα κατά την διάρκεια της νύχτας.

Μια τυπική σχεδιαστική αξιοποίηση της θερμικής μάζας, είναι ο τοίχος Trombe ο οποίος κατασκευάζεται από υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Εξωτερικά του τοίχου κατασκευάζεται γυάλινο πέτασμα το οποίο εγκλωβίζει την θερμική ενέργεια στον τοίχο, ενώ υπάρχει κίνηση αέρα η οποία βοηθάει την απορρόφηση ενέργειας μέσα στο κτήριο.



Εικόνα 2.22: Θέση κτηριακού κελύφους



Εικόνα 2.23: Τοίχος Trombe, παθητικό ηλιακό σύστημα

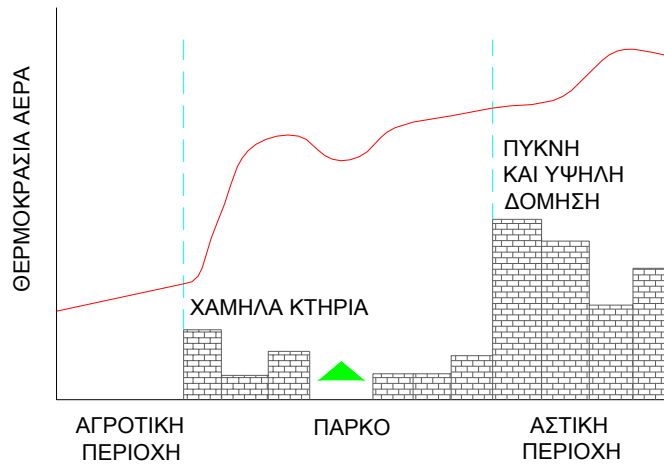
Άλλη σχεδιαστική αξιοποίηση του κτηριακού κελύφους, κατά τους χειμερινούς μήνες, γίνεται με την τοποθέτηση ενός θερμοκηπίου στην νότια όψη της κατασκευής. Το θερμοκήπιο αποθηκεύει θερμική ενέργεια λόγω ακτινοβολίας και θερμαίνεται, ενώ ο αέρας κυκλοφορεί μέσα στο κτήριο. Την νύχτα το θερμοκήπιο απομονώνεται από τον εσωτερικό χώρο.

Η θερμική μάζα είναι δυνατό να αξιοποιηθεί ακόμα και σε ετήσια βάση όταν το κέλυφος του κτηρίου βρίσκεται εντός του εδάφους. Το έδαφος έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα και λόγω αυτού είναι δυνατό να ισορροπεί θερμικά ένα κτήριο όταν βρίσκεται εντός αυτού.

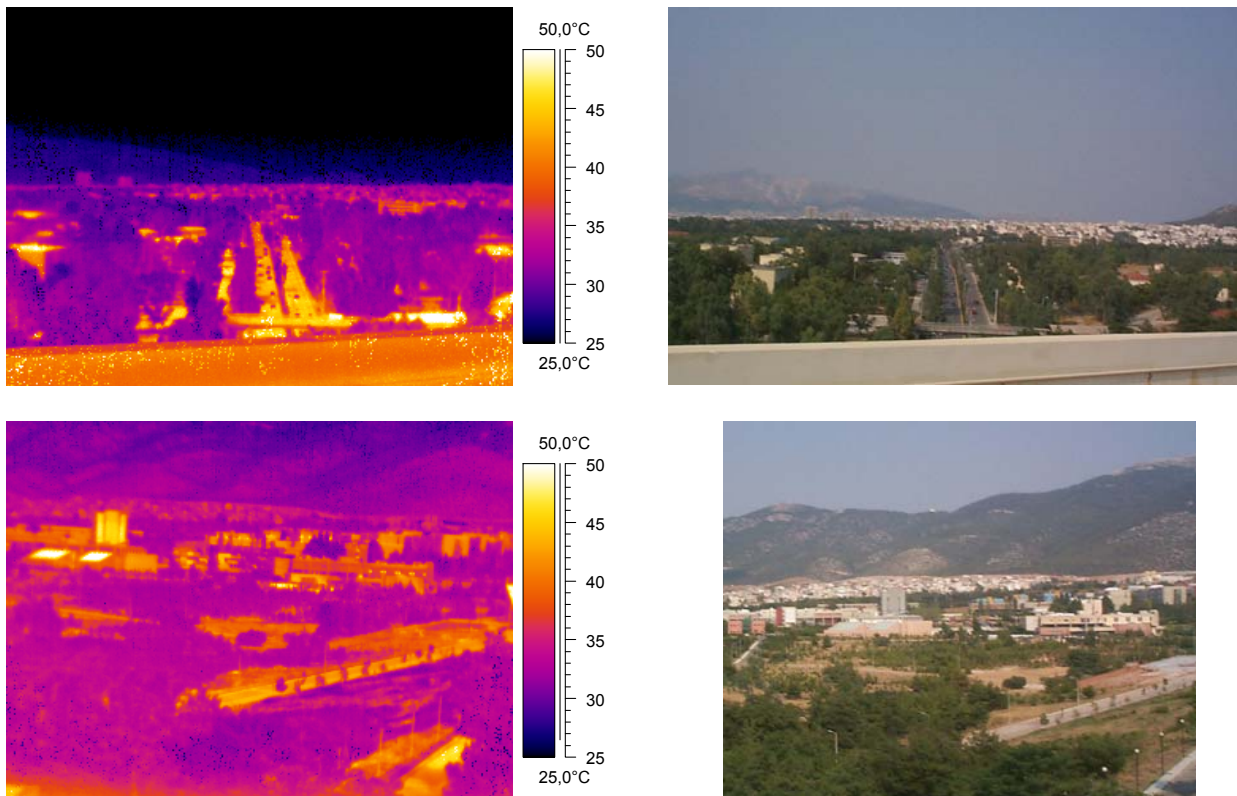
2.6.5 Θερμική συμπεριφορά της πόλης

Στις αστικές περιοχές ο συνδυασμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των δομικών χαρακτηριστικών της πόλης και των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών που επικρατούν, συνθέτουν το αστικό μικροκλίμα (urban microclimate), το οποίο επηρεάζει το κλίμα σε αρκετή απόσταση από την αστική περιοχή προς την κατεύθυνση του πνέοντος ανέμου. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν το αστικό μικροκλίμα είναι η τοπογραφική διαμόρφωση του χώρου, οι εδαφολογικές συνθήκες της πόλης, η κατανομή και η χωροταξική διάταξη του πράσινου, οι πηγές εκπομπής θερμότητας, η πληθυσμιακή πυκνότητα και η πυκνότητα των κατασκευών οικοδομών.

Αποτελέσματα μετρήσεων έχουν δείξει ότι η θερμοκρασία του αέρα στις αστικές περιοχές είναι κατά μέσο όρο υψηλότερη μερικούς βαθμούς από την αντίστοιχη θερμοκρασία σε μη αστικές περιοχές. Η διαφορά αυτή κυμαίνεται από 1-2°C στη διάρκεια της ημέρας αλλά μπορεί να φτάσει και στους 6-8°C τη νύχτα όταν επικρατεί άπνοια ή πνέουν ασθενείς άνεμοι. Το φαινόμενο αυτό ορίζεται ως αστική θερμική νησίδα (urban heat island) και παρατηρείται σε όλες τις αστικές περιοχές ως συνισταμένη των επιμέρους μικροκλιματικών αλλαγών που επέφεραν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 2.24: Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας



Εικόνα 2.25: Θερμογραφήματα και αντίστοιχες εικόνες της πόλης μία καλοκαιρινή ημέρα.

Τα κύρια αίτια της θερμικής νησίδας είναι:

1. Η θερμική συμπεριφορά των δομικών υλικών
2. Η αυξημένη απορρόφηση και η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και εκπομπή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τις κάθετες πλευρές των κτηρίων
3. Η ταχεία απορροή των υδάτων από βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα τη μείωση του αποθηκευμένου νερού και την εξάτμιση του από το έδαφος

4. Η ελάττωση της εξάτμισης-διαπνοής, η οποία, όταν υλοποιείται, οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας
5. Η αυξημένη τραχύτητα της υφής των πόλεων που οδηγεί σε μέση μείωση της ταχύτητας των ανέμων κατά περίπου 25%
6. Η πόλη είναι ολιγότερο λευκαυγής σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές
7. Η εκπεμπόμενη θερμική ενέργεια από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (θερμική ρύπανση)

Στα θερμογραφήματα παρουσιάζεται η συμβολή των καλυπτόμενων επιφανειών, και η συμμετοχή του καλυπτόμενου υπαιθρίου χώρου (πρασίνου) στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας μία καλοκαιρινή ημέρα. Τα θερμογραφήματα ερμηνεύουν την συμβολή των υλικών στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Τα υλικά αποθηκεύουν την θερμότητα που προέρχεται από την ακτινοβολία του ηλίου και ακολούθως την εκπέμπουν στην πόλη επηρεάζοντας το μικροκλίμα της. Στα θερμογραφήματα διακρίνεται η συμβολή στο φαινόμενο αυτό των καθέτων πλευρών των κτηρίων.

Παρατηρείται επίσης ότι η θερμική συμπεριφορά του ακάλυπτου (χωρίς πράσινο) χώρου δεν αμβλύνει το φαινόμενο.

2.7 Τοξικότητα

2.7.1 Γενικά

Ουσίες είναι τα χημικά στοιχεία και οι ενώσεις τους σε φυσική κατάσταση όπως λαμβάνονται από οποιαδήποτε διαδικασία παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων όλων των προσθέτων που απαιτούνται για τη σταθερότητα του προϊόντος και όλων των ξένων προσμίξεων που προκύπτουν κατά τη διαδικασία παραγωγής, εξαιρουμένων όμως των διαλυτών που μπορούν να διαχωριστούν χωρίς να επηρεαστεί η σταθερότητα της ουσίας ή να μεταβληθεί η σύνθεσή της. Μία ουσία μπορεί να είναι σαφώς καθορισμένη από χημικής απόψεως (π.χ. ακετόνη) ή να αποτελεί σύνθετο μείγμα συστατικών μεταβλητής σύνθεσης (π.χ. αρωματικά αποστάγματα). Για ορισμένες σύνθετες ουσίες έχει προσδιοριστεί η ταυτότητα μερικών επί μέρους συστατικών. Παρασκευάσματα είναι τα μείγματα που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες ουσίες.

Τοξικότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και αποτελούνται ή περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές και οι οποίες, όταν απελευθερώνονται μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την υγεία των χρηστών του κτηρίου.

Η ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου εξαρτάται από τα υλικά κατασκευής. Πολλές φορές χρώματα, συγκολλητικές ουσίες και άλλα υλικά που μπαίνουν στη τελική φάση της κατασκευής περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η σταθεροποίηση των βαφών που περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις να γίνεται πριν το σπύτι κατοικηθεί. Άλλο πρόβλημα του εσωτερικού χώρου του κτηρίου είναι ότι σε ορισμένες ξύλινες κατασκευές περιέχονται φορμαλδεΰδες οι οποίες είναι δυνατόν να εκπέμπονται από το ξύλο μέχρι και επτά χρόνια μέχρι να απαλοιοφούν. Τότε το κτήριο παίρνει τον χαρακτήρα του "άρρωστου κτηρίου".

Τα πετροχημικά που χρησιμοποιούνται για τα περισσότερα πλαστικά και τις συγκολλητικές ουσίες είναι συχνά τοξικά. Σχεδόν όλες οι πετροχημικές βαφές κόλλες και ρητίνες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οικοδομικών υλικών είναι από δομικές αλυσίδες του στυρένιου και της βενζίνης οι οποίες είναι υψηλά τοξικές και καρκινογόνες κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Αυτό γίνεται κατανοητό από τις έντονες οσμές (αρωματικοί υδρογονάνθρακες) που δημιουργούν προβλήματα ιδιαίτερα στους εργαζομένους στη φάση κατασκευής.

Εκτός από τα ανωτέρω ένα υλικό μπορεί να εκπέμπει ραδιενέργεια η οποία μπορεί να μην έχει ανιχνευτεί.

Στην επιλογή της χρήσης ενός δομικού προϊόντος παίζει σπουδαίο ρόλο η τοξικότητα των συστατικών του έτσι ώστε να αποφευχθούν προϊόντα που παράγονται, κατασκευάζονται ή περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα. Ο κίνδυνος είναι οι ουσίες αυτές σε κάποια από τις φάσεις του κύκλου ζωής να διαφύγουν προς το περιβάλλον.

Από έρευνες προέκυψε ότι το 37% των δομικών προϊόντων είναι επιβλαβή για την υγεία (μέση τοξικότητα) ενώ το 2% είναι τοξικά ή λίαν τοξικά. Στα επιβλαβή για την υγεία περιλαμβάνονται προϊόντα που περιέχουν ουσίες ύποπτες ως καρκινογόνες και με δυνατότητα να μεταλλάσσονται. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι το 8% των δομικών προϊόντων εμπίπτει στην κατηγορία των διαβρωτικών και ερεθιστικών ουσιών, που φέρουν στην συσκευασία τους το σχετικό σήμα που προβλέπεται από την οδηγία 67/548/ΕΟΚ για τις επικίνδυνες ουσίες.

Το υλικό μπορεί επίσης να είναι τοξικό κατά τη διάρκεια παραγωγής του. Οι οδηγίες 76/464/ΕΟΚ και 80/68/ΕΟΚ για την προστασία αντιστοίχως επιφανειακών και υπόγειων νερών από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες υποχρεώνουν τα κράτη μέλη να μηδενίσουν τη διοχέτευση στα ύδατα των ουσιών του καταλόγου I και να περιορίσουν αντίστοιχα τη διοχέτευση των ουσιών του καταλόγου II. Υποχρεώνουν επίσης τα κράτη μέλη να διεξάγουν ελέγχους πριν από τη διάθεση υλικών που ενδέχεται να οδηγήσουν εμμέσως σε ρύπανση των υπόγειων υδάτων με ουσίες του καταλόγου I.

<i>Κατάλογος I</i>	<i>Κατάλογος II</i>
<i>οργανοχλωρικές ενώσεις</i>	Μέταλλα: Zn, Cu, Ni, Cr, Se, As, An, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, Va, Co, Th, Te, Ag
<i>οργανοφωσφορικές ενώσεις</i>	Τα βιοκτόνα και τα παράγωγά τους
<i>καρκινογόνες ουσίες</i>	Ουσίες που αλλοιώνουν την οσμή και την γεύση του νερού.
<i>υδράργυρος και ενώσεις υδραργύρου</i>	Τοξικές ή δυσδιάσπαστες ενώσεις Si και ουσίες από τις οποίες ενδέχεται να παραχθούν, ακόμα και αν αυτές είναι βιολογικά ακίνδυνες
<i>κάδμιο και ενώσεις καδμίου</i>	Ανόργανες φωσφορικές ενώσεις, φώσφορος
<i>δυσδιάσπαστα ορυκτέλαια και υδρογονάνθρακες πετρελαίου</i>	Δυσδιάσπαστα ορυκτέλαια και υδρογονάνθρακες πετρελαίου
<i>δυσδιάσπαστες συνθετικές ουσίες</i>	Κυανιούχες κα φθοριούχες ενώσεις
	Ουσίες που επηρεάζουν αρνητικά το ισοζύγιο οξυγόνου και ειδικά η αμμωνία και οι νιτρώδεις ενώσεις.

Πίνακας 2.11: Κατάλογος τοξικών ουσιών

Οι επιπτώσεις των ουσιών αυτών στην υγεία έχουν ομαδοποιηθεί ως εξής:

- οξεία τοξικότητα
- χρόνια τοξικότητα
- αλλεργική δράση
- ερεθισμός του δέρματος
- μεταλλαξιογόνος δράση
- καρκινογόνος δράση
- αναπαραγωγικές ανωμαλίες και εμβρυοτοξικότητα
- τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και το νευρικό σύστημα

Όσον αφορά στα δομικά υλικά περισσότερο συνήθης είναι η εμφάνιση οργανικών αλογονωμένων ενώσεων που περιλαμβάνονται στους διαλύτες που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές. (Κατάλογος I)

Όσον αφορά στις ενώσεις ψευδαργύρου απαντώνται συχνά ως συστατικά συντήρησης ξύλου (Κατάλογος II).

Η διάγνωση της τοξικότητας και των λοιπών νοσογόνων ιδιοτήτων ενός δομικού προϊόντος προϋποθέτει ότι η σύσταση του είναι γνωστή. Αυτό όμως δεν συμβαίνει για τις περισσότερες των περιπτώσεων.

Οι περιορισμοί που ισχύουν για τη τοξικότητα ισχύουν και όσον αφορά στη διάγνωση της οικοτοξικότητας δηλαδή τη τοξικότητα ενός δομικού προϊόντος στις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Αυτό γενικά είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί γιατί δεν υπάρχουν πάντα οι απαραίτητες πληροφορίες για τις ομάδες δραστικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ή περιέχονται στα δομικά προϊόντα.

Έχουν πλέον διαπιστωθεί τοξικές συνέπειες ορισμένων από τα συνήθη χρησιμοποιούμενα υλικά. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι

<i>ΟΥΣΙΑ</i>	<i>ΧΡΗΣΗ / ΠΑΡΟΥΣΙΑ</i>
<i>αμίαντος</i>	παλαιά κτήρια
<i>βενζόλιο</i>	βενζίνη
<i>πριονίδια ξύλου</i>	ξύλουργικές εργασίες
<i>νικέλιο</i>	ηλεκτροσυγκολήσεις
<i>χρωμικός ψευδάργυρος</i>	αντισκωριακές στρώσεις
<i>κάδμιο</i>	επιχρίσματα
<i>ενώσεις χρωμίου</i>	βερνίκια ξύλου
<i>διοξίνες</i>	καμένα κτήρια
<i>χρωμικός μόλυβδος</i>	επιχρίσματα
<i>διγλωρομεθάνιο</i>	διαλύτες
<i>φορμαλδεΐδη</i>	συγκολλητικό
<i>συνθετικές ίνες</i>	μονώσεις
<i>PCB</i>	λαμπτήρες αερίου
<i>χλωριομένοι υδρογονάνθρακες</i>	διαλύτες

Πίνακας 2.12: Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσία τους.

Για την οικοτοξικολογική εξέταση των δομικών προϊόντων καθώς και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων υπάρχουν τυποποιημένες μέθοδοι διαφόρων χωρών και οργανισμών (DIN 38414, μέθοδος TCLP Toxicity Characteristic Leaching Procedure) κ.α.

Έμμεσες ενδείξεις για την οικοτοξικότητα μίας ουσίας εκτός από τη τοξική της δράση είναι:

- η κινητικότητα της στα διάφορα μέσα (εξαρτάται από τη διαλυτότητά της στο νερό, τη σχετική πυκνότητα του υγρού, το κινηματικό ιξώδες, την πίεση ατμών και τη σχετική πυκνότητα των ατμών)
- ο χρόνος παραμονής στο περιβάλλον (εξαρτάται από τη χημική σταθερότητα και τη φυσική ή βιολογική δυνατότητα διάσπασης της ουσίας)
- η βιοσυσσωρευτική τάση (εξαρτάται από το χρόνο παραμονής στο περιβάλλον και τη λιποφιλικότητα).
- η τασιενεργός δράση (ουσίες με μεγάλη τασιενεργό δράση μειώνουν την επιφανειακή τάση όταν προστίθενται σε ένα υγρό)

Η κινητικότητα, η χημική σταθερότητα, η τασιενεργός δράση και η τοξικότητα, είναι ιδιότητες ανεπιθύμητες για το περιβάλλον, αλλά επιθυμητές σε ορισμένες χρήσεις στις κατασκευές. Μεγάλη κινητικότητα, πτητικότητα, χημική αδράνεια και σταθερότητα, είναι ιδιότητες επιθυμητές για τους διαλύτες, όπως είναι ορισμένοι χλωριομένοι υδρογονάνθρακες (διγλωρομεθάνιο κ.λ.π.). Οι ουσίες αυτές έχουν τοξική καρκινογόνο και μεταλλαξιογόνο δράση και ο μεγάλος χρόνος παραμονής τους και η βιοσυσσωρευτική τους τάση τις καθιστά ιδιαίτερα οικοτοξικές.

Μεγάλη χημική σταθερότητα, άρα και χρόνο παραμονής στο περιβάλλον, έχουν ουσίες που χρησιμοποιούνται ως σταθεροποιητές ασταθών υλικών (προστασία από τη διάβρωση και την οξείδωση) ως αντιπυρρικά για το ξύλο και τα συνθετικά υλικά, ως πρόσθετα στα συνθετικά προϊόντα, τα βερνίκια τις κόλλες για τη βελτίωση των ελαστικών και των πλαστικών ιδιοτήτων τους. Τέτοιου είδους ουσίες είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) που είναι ταυτόχρονα βιοσυσσωρεύσιμα, τοξικά, καρκινογόνα και μεταλλαξιογόνα.

Προϊόντα που περιλαμβάνουν τασιενεργές ουσίες είναι προϊόντα καθαρισμού και γαλακτοματοποιητές (που επιτρέπουν την καλύτερη δυνατή μίξη διαφορετικών υλικών και μέσα διαχωρισμού επιφανειών).

Τασιενεργές ουσίες χρησιμοποιούνται επίσης για την αύξηση της ρευστότητας του σκυροδέματος και τη βελτίωση της αντοχής του. Τέτοιου τύπου ουσίες είναι τα ορυκτέλαια, τα ορυκτέλαια με πρόσθετα, τα γαλακτώματα ορυκτελαίου σε νερό και του νερού σε ορυκτέλαιο. Οι τασιενεργές ουσίες είναι ιδιαίτερα οικοτοξικές στο υδάτινο περιβάλλον γιατί μειώνουν την επιφανειακή τάση του νερού και καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς που ζουν στην επιφάνειά του.

Η τοξικότητα, είναι ιδιότητα επιθυμητή για τα βιοκτόνα που χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά του ξύλου, ως συστατικά μυκητοκτόνων επιχρισμάτων και ως βιοσταθεροποιητές σε συνθετικά προϊόντα που περιέχουν «βιοαποικοδομήσιμα» συστατικά (πλαστικοποιητές, φωτοσταθεροποιητές, ενισχυτικά της αντοχής)

Ως βιοκτόνα χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων η φορμαλδεΰδη, φαινολικές ενώσεις, ανόργανες και οργανικές ενώσεις κασσίτερου.

Η πλειονότητα των δομικών προϊόντων δεν περιέχουν μόνο ένα, αλλά δύο ή περισσότερα συστατικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δρουν σωρευτικά. Το ίδιο ισχύει και για προϊόντα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα στις κατασκευές.

Η κινητικότητα των βαρέων μετάλλων αυξάνεται μέσα σε όξινο περιβάλλον, ο χρόνος των βιοαποικοδομήσιμων ουσιών επιμηκύνεται παρουσία βιοκτόνων, η τοξικότητα ορισμένων ουσιών αυξάνεται όταν η δράση τους συνδυαστεί με τη δράση άλλων ουσιών (προσθετική δράση συνεργεία) η παρουσία διαλυτών προκαλεί την ελευθέρωση τοξικών συστατικών που ήταν δεσμευμένα στο πλέγμα ενός πολυμερούς.

2.7.2 Ταξινόμηση των τοξικών και των επικίνδυνων ουσιών.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία η επιγραφή πρέπει να προκαλεί την συγκέντρωση της προσοχής και να περιέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες για τη χρήση και την ασφάλεια ενός προϊόντος.

Σκοπός της ταξινόμησης των ουσιών σε κατηγορίες είναι ο προσδιορισμός όλων των τοξικολογικών, φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών ιδιοτήτων των ουσιών και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των παρασκευασμάτων οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν κινδύνους κατά το συνήθη χειρισμό και τη χρήση τους. Μετά τον προσδιορισμό των τυχόν επικίνδυνων ιδιοτήτων, η ουσία ή το παρασκεύασμα πρέπει να επισημανθεί σύμφωνα με μια αποδεκτή διαδικασία, ώστε να υποδηλώνονται οι κίνδυνοι, με σκοπό την προστασία των χρηστών, του κοινού και του περιβάλλοντος.

Η ταξινόμηση και επισήμανση πρέπει να αναθεωρούνται, εάν είναι αναγκαίο, κάθε φορά που γίνονται γνωστές περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά στις άλλες ουσίες. Τα στοιχεία που απαιτούνται για την ταξινόμηση και επισήμανση μπορούν, εάν είναι αναγκαίο, να ληφθούν από

διάφορες πηγές π.χ. αποτελέσματα προηγούμενων δοκιμών, πληροφορίες που απαιτούνται από τους διεθνείς κανονισμούς μεταφοράς επικινδύνων ουσιών, πληροφορίες που προέρχονται από εργασίες αναφοράς και τη βιβλιογραφία ή πληροφορίες που είναι αποτέλεσμα πρακτικής εμπειρίας.

Στη διατύπωση της επιγραφής λαμβάνονται υπόψη όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι που είναι δυνατόν να προκύψουν κατά το συνήθη χειρισμό ή χρήση των επικινδύνων ουσιών ή παρασκευασμάτων, όταν αυτές είναι στη μορφή με την οποία φέρονται στην αγορά, όχι όμως αναγκαστικά και για τη μορφή με την οποία θα χρησιμοποιηθούν τελικά, π.χ. ύστερα από αραίωση. Οι πιο σοβαροί κίνδυνοι περιγράφονται με τα σύμβολα της συσκευασίας. Οι κίνδυνοι αυτοί καθώς και άλλοι που προέρχονται από άλλες επικίνδυνες ιδιότητες διασαφηνίζονται με τυποποιημένες φράσεις κινδύνου ενώ ειδικές φράσεις παρέχουν συμβουλές για τις απαραίτητες προφυλάξεις. Στην περίπτωση των ουσιών, οι πληροφορίες ολοκληρώνονται με την αναγραφή του ονόματός της ουσίας σύμφωνα με διεθνώς αναγνωρισμένη χημική ονοματολογία, κατά προτίμηση την ονομασία που χρησιμοποιείται στον ευρωπαϊκό κατάλογο των χημικών ουσιών που κυκλοφορούν στο εμπόριο (EINECS) ή στον Ευρωπαϊκό κατάλογο των γνωστοποιημένων χημικών ουσιών με το όνομα, τη διεύθυνση και τον αριθμό τηλεφώνου του εγκατεστημένου στην Κοινότητα προσώπου, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διάθεση της ουσίας στην αγορά.

Στον παρακάτω συνοπτικό πίνακα παρουσιάζονται τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τα οποία αναφέρονται στην τοξικότητα και σε άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών επικίνδυνες για τον άνθρωπο, το οικοσύστημα και την βιόσφαιρα.

<i>Σύμβολο</i>	<i>Ερμηνεία</i>
<i>E</i>	Εκρηκτικό
<i>F</i>	Πολύ εύφλεκτο
<i>T</i>	Τοξικό
<i>C</i>	Διαβρωτικό
<i>Xi</i>	Ερεθιστικό
<i>O</i>	Οξειδωτικό
<i>F+</i>	Εξαιρετικά εύφλεκτο
<i>T+</i>	Πολύ τοξικό
<i>Xn</i>	Επιβλαβές
<i>N</i>	Επικίνδυνο για το περιβάλλον

Πίνακας 2.13: Χαρακτηριστικοί συμβολισμοί ταξινόμησης τοξικότητας ουσιών.

2.7.3 Πειραματικός προσδιορισμός της τοξικότητας των υλικών

Η οικοτοξικότητα εκτιμάται συνήθως με πειράματα στα οποία χρησιμοποιούνται βακτηρίδια, άλγες, έντομα ή ψάρια τα οποία εκτίθενται σε εκπλύματα λαμβανόμενα από τις προς εξέταση ουσίες. Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων δεν επαρκούν όμως για την εκτίμηση της τοξικότητας μιας ουσίας σε μία φυσική βιοκοινότητα και για τον λόγο αυτό τα πειράματα αυτά

τείνουν να καταργηθούν.

Λόγω της σημαντικής επιρροής της τοξικότητας στον ανθρώπινο οργανισμό τα τελευταία χρόνια γίνονται πειράματα σε φυσικές κοινότητες, είτε σε μοντέλα οικοσυστημάτων τα οποία όμως είναι σύνθετα και δαπανηρά.

Στα πλαίσια αυτά έχει οριστεί η «Οριακή δοκιμασία» που διαπιστώνει το κατ' αρχήν, πόσο επικίνδυνο είναι το υλικό ως ακολούθως:

Εάν η έκθεση πέντε αρσενικών και πέντε θηλυκών πειραματοζώων σε 20 mg/l αερολύματος, ή σωματιδίων για τέσσερις ώρες (ή όταν αυτό δεν είναι δυνατό λόγω των φυσικών ή χημικών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της εκρηκτικότητας της ελεγχόμενης ουσίας, στη μέγιστη εφικτή συγκέντρωση), δεν προκαλεί θνησιμότητα σχετιζόμενη με την ουσία, μέσα σε 14 ημέρες, τότε περαιτέρω μελέτη μπορεί να μη θεωρείται απαραίτητη.

Η ταξινόμηση των ουσιών και των παρασκευασμάτων ως «λίαν τοξικά», «τοξικά» ή «επιβλαβή» πραγματοποιείται σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Προσδιορισμός τοξικότητας με τις δοκιμές LD50 ή της LC50

Η τοξικότητα της ουσίας ή του παρασκευάσματος του εμπορίου για τους ζώντες οργανισμούς μπορεί να προσδιοριστεί με την μέθοδο LD50 ή LC50. Η ταξινόμηση ως λίαν τοξικών ή επιβλαβών ουσιών πραγματοποιείται βάσει των ακόλουθων παραμέτρων ως τιμών αναφοράς.

Κατηγορία	LD50	LD50	LC50
	Κατάποση, (επίμυς)	Διείσδυση του δέρματος (ινδικά χοιρίδια ή κουνέλια)	Εισπνοή (ινδικά χοιρίδια)
	mg/kg	mg/kg	mg/l/4 ώρας
Πολύ τοξικές	<= 25	<= 50	<= 0,25
Τοξικές	> 25 - 200	> 50 - 400	> 0,25 – 1
Επιβλαβείς	>200 - 2000	> 200 - 2000	> 1 - 5

Πίνακας 2.14: Αποτελέσματα δοκιμών LD τοξικότητας.

- Προσδιορισμός τοξικότητας με την δοκιμή της σταθερής δόσης

Η τοξικότητα της ουσίας ή του παρασκευάσματος μπορεί να προσδιοριστεί με την μέθοδο της σταθερής δόσης χορηγούμενων σε ζώα από το στόμα. Η ταξινόμηση πραγματοποιείται βάσει της κρίσιμης δόσης. Κρίσιμη δόση λέγεται η προκαθορισμένη δόση 5, 50, 500 ή 2000 mg ανά Kg σωματικού βάρους, η οποία προκαλεί καταφανώς τοξικά αλλά όχι θανατηφόρα αποτελέσματα. Ο όρος "καταφανώς τοξικά" σημαίνει ότι η χορήγηση της ουσίας προκαλεί συμπτώματα τόσο σοβαρά ώστε η χορήγηση της αμέσως ανώτερης προκαθορισμένης δόσης αναμένεται ότι θα επέφερε το θάνατο.

Η δόση των 2000 mg/kg χρησιμοποιείται κυρίως ως πηγή πληροφοριών για ενδείξεις τοξικότητας που εμφανίζουν ουσίες οι οποίες έχουν χαμηλή οξεία τοξικότητα και δεν ταξινομούνται με βάση την οξεία τοξικότητα.

<i>Κατηγορία</i>	<i>Κρίσιμη δόση</i>
	(mg/Kg σωματικού βάρους)
<i>Πολύ τοξικό</i>	<5
<i>Τοξικό</i>	5
<i>Επιβλαβές</i>	50 - 500

Πίνακας 2.15: Αποτελέσματα δοκιμών τοξικότητας της μεθόδου σταθερής δόσης.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την ταξινόμηση και την επισήμανση των ουσιών είναι δυνατόν να ληφθούν:

- όσον αφορά στις ουσίες για τις οποίες απαιτούνται οι πληροφορίες από τις ανωτέρω δοκιμές που περιγράφηκαν. Η ταξινόμηση και επισήμανση πρέπει να αναθεωρούνται, εάν είναι αναγκαίο, κάθε φορά που γίνονται γνωστές περισσότερες πληροφορίες,
- όσον αφορά στις άλλες ουσίες, τα στοιχεία που απαιτούνται για την ταξινόμηση και επισήμανση μπορούν, εάν είναι αναγκαίο να ληφθούν από διάφορες πηγές π.χ. αποτελέσματα προηγούμενων δοκιμών, πληροφορίες που απαιτούνται από τους διεθνείς κανονισμούς μεταφοράς επικινδύνων ουσιών, πληροφορίες που προέρχονται από εργασίες αναφοράς και τη βιβλιογραφία ή πληροφορίες που είναι αποτέλεσμα πρακτικής εμπειρίας.

2.7.4 Έρευνα και αντιμετώπιση της τοξικότητας των ουσιών

Ορισμένες ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορους χώρους όπως στο χώρο του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου στην παλαιά χρήση του παρουσίαζαν τοξική συμπεριφορά. Αυτό δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην χρήση των χώρων που περιέχουν τέτοιου τύπου ουσίες σήμερα. Για την χρήση των χώρων αυτών είναι απαραίτητο οι χώροι να εξυγιανθούν και μετά να επαναχρησιμοποιηθούν όπως έγινε στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου.

Η χρήση τοξικών ουσιών δεν είναι βέβαιο ότι γίνεται ή έγινε (κατά το παρελθόν) σκόπιμα αλλά περισσότερο λόγω άγνοιας της συμπεριφοράς των ουσιών.

Τα περισσότερα σύγχρονα υλικά δεν έχουν δοκιμαστεί στο χρόνο σε σχέση με τον άνθρωπο. Όμως η ύπαρξή τους στην κατασκευή και η μακροχρόνια επίδρασή τους στον άνθρωπο υπάρχει το ενδεχόμενο να είναι τοξική. Για τον λόγο αυτό αναπτύσσονται σήμερα έρευνες και πειραματικές διαδικασίες στην προσπάθεια να εντοπιστεί και να ταξινομηθεί κατά κατηγορίες η τοξικότητα διαφόρων ουσιών.

2.8 Ραδιενέργεια

Άλλος κίνδυνος που αρχίζει να ερευνάται στο κτήριο είναι η ύπαρξη ραδιενέργειας μέσα σε αυτό. Σήμερα είναι ευρεία η χρήση της ραδιενέργειας (ερευνητική, διαγνωστική, θεραπευτική, τεχνολογική κ.λ.π). Η εκτεταμένη χρήση της έχει επιφέρει πολλές αρνητικές επιπτώσεις στον τομέα της υγείας. Παρά τα λαμβανόμενα μέτρα από εθνικούς φορείς ελέγχου ραδιενεργών πηγών είναι αναπόφευκτη η αδυναμία πλήρους ελέγχου της αγοράς, διακίνησης, χρήσης και αποβολής τους. Η ανεξέλεγκτη αποβολή ραδιενεργών πηγών ή και αποβλήτων δημιουργεί κατά τα τελευταία δέκα χρόνια προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα και ιδιαίτερα στις χαλυβουργίες ανακύκλωσης παλαιοσιδήρου. Το πρόβλημα εντοπίζεται στην πιθανότητα ύπαρξης ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο με πιθανά επακόλουθα παρουσία ραδιενέργειας σε προϊόντα και παραπροϊόντα της βιομηχανίας. Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί ένας εντοπισμός ραδιενεργού υλικού τον Αύγουστο του 1997 από γνωστή βιομηχανία. Είναι γνωστό ότι η χώρα μας εισάγει μεγάλες ποσότητες προϊόντων χάλυβα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος, στους οποίους οι εισαγωγές καλύπτουν το 35% περίπου της εγχώριας ζήτησης. Οι χάλυβες αυτοί προέρχονται σε μικρό ποσοστό από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σε μεγαλύτερο ποσοστό από άλλες χώρες. Αν θεωρήσουμε ότι τα προϊόντα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξάγονται δια μέσω ενός υψηλού επιπέδου ποιότητας και ελέγχου, σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε το ίδιο και για τα προϊόντα άλλων τρίτων χωρών.

Η αυξανόμενη με αλματώδης ρυθμούς αποβολή ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο ανάγει το θέμα της ραδιενέργειας του χάλυβα σε ένα από τα σοβαρότερα μελλοντικά προβλήματα της χαλυβουργικής βιομηχανίας και του ελέγχου του οπλισμού του σκυροδέματος.

Ενδεχόμενη ρύπανση από ραδιενέργεια μέσα σε ένα κτήριο μπορεί να προκαλέσει η ύπαρξη ραδονίου. Το ραδόνιο παράγει φυσική ραδιενέργεια ιδιαίτερα επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό και διεισδύει στα κτήρια από υπόγειους χώρους ή εκπέμπεται στο εσωτερικό από δομικά υλικά, όπως π.χ. το τσιμέντο, που έχουν παραχθεί από πετρώματα περιέχοντα ουράνιο τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στην τοιχοποιία ή στα δάπεδα. Άλλα στοιχεία που ενδέχεται να εκπέμπουν ραδιενέργεια είναι οι γρανίτες ή τα κεραμικά.

Σε όλες τις περιπτώσεις η ρύπανση από ραδιενέργεια ελαττώνεται με καλό αερισμό του χώρου.

2.9 Παραδοσιακά υλικά

Συχνά η χρήση παραδοσιακών υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές την προβιομηχανική εποχή προωθείται ως οικολογική επιλογή. Το κριτήριο του παραδοσιακού υλικού μολονότι δεν είναι πάντα αξιόπιστο είναι όμως ως ένα βαθμό αιτιολογημένο και είναι δυνατόν να χρησιμεύσει ως ένα αλλά όχι μοναδικό κριτήριο οικολογικής επιλογής.

Οι παραδοσιακές κατασκευές περιέχουν την μελέτη γενεών μαστόρων, οι οποίοι έχουν μελετήσει και τις πρώτες ύλες (ευκολία συλλογής, μικρή ενσωματωμένη ενέργεια) αλλά και το τοπικό κλίμα (βιοκλιματική συμπεριφορά). Έτσι παρατηρώντας τις παραδοσιακές κατασκευές, έχουμε κατά κανόνα έτοιμες μελέτες που αναφέρονται στην θερμική συμπεριφορά του κτηρίου και στην οικολογική συμπεριφορά των υλικών.

Η σπατάλη ενέργειας άρχισε να πραγματοποιείται από τότε που η ενέργεια άρχισε να βρίσκεται σε αφθονία δηλαδή, μόλις τα τελευταία 50 χρόνια. Ο παραδοσιακός μάστορας, δεν είχε την πολυτέλεια της σπατάλης ενέργειας. Γι αυτό το λόγο οι κατασκευαστικές του λύσεις, ήταν απλές στην σύλληψη και οικολογικές. Εξάλλου τα παραδοσιακά υλικά δεν περιείχαν τοξικές ουσίες, αφού τα υλικά προέρχονταν από την φύση χωρίς σημαντική επεξεργασία.



Εικόνα 2.26: Κατασκευή παραδοσιακής κατοικίας

Εικόνα 2.27: Παραδοσιακή κατοικία ως απόβλητο

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε μία παραδοσιακή κατοικία που ερειπώθηκε, δεν μένει τίποτα το ενοχλητικό στο οικόπεδο να τη θυμίζει εκτός από μερικούς λαξευμένους λίθους. Οι λίθοι αυτοί είναι εύκολο να επαναχρησιμοποιηθούν στην ανακατασκευή ενός ισομεγέθους κτηρίου στον χώρο της παλαιάς οικοδομής. Μικρού όγκου κατασκευές με τοιχοποιία από φυσικούς λίθους οι οποίες ανακυκλώνουν φυσικούς λίθους παλαιών κατασκευών του χώρου, είναι οικονομικότερο και απλούστερο να κατασκευαστούν από κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το πρόβλημα είναι ότι η πύκνωση των κοινωνικών διεργασιών, οικονομικές παράμετροι, η τεχνογνωσία που έχει χαθεί, η ευκολία και η ταχύτητα των σύγχρονων κατασκευών δεν μας επιτρέπουν τέτοιου τύπου λύσεις. Για τον λόγο αυτό όταν ένας μηχανικός σήμερα επιλέγει να στοχεύσει στην οικολογική συμπεριφορά ενός κτηρίου, συνήθως προσπαθεί να ελέγξει κυρίως την θερμική συμπεριφοράς του κελύφους του κτηρίου και τη δημιουργία θερμικής άνεσης με την χρήση των φυσικών πόρων του συστήματος και κυρίως του ήλιου.

Όταν λοιπόν θέλουμε να ασχοληθούμε με τον οικολογικό σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του τόπου. Αυτό γιατί η παραδοσιακή

αρχιτεκτονική περιέχει σχεδιαστικά μηνύματα συλλογικού ασυνείδητου που εξελίχθηκαν ιστορικά. Έτσι το μοντέλο βελτιωνόταν διαρκώς κάτω από την κριτική των χρηστών. Δυστυχώς όσον αφορά στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική υπάρχουν ελάχιστες γραπτές εισηγήσεις που να τοποθετούν το σκεπτικό του σχεδιασμού των κατασκευαστών. Αυτό γιατί οι «μαστόροι» λειτουργούν κατά μεγάλο βαθμό (ακόμα και σήμερα) σε ένα μυστικιστικό πλαίσιο στο οποίο η κάθε κατασκευαστική ομάδα διατηρεί τα δικά της μυστικά που κρατάει για τον εαυτό της. Η ποιότητα της κατασκευαστικής σύνθεσης επιτυγχάνονταν μέσω του εγγενούς ανταγωνισμού ανάμεσα στις φατρίες και τις ομάδες που διεκδικούσαν τα εύσημα της βέλτιστης κατασκευής χωρίς δυστυχώς να διαδίδουν τη γνώση αυτή.

Ο αριθμός των παραδοσιακών υλικών είναι περιορισμένος και παραμένει σταθερός. Τα παραδοσιακά υλικά χρησιμοποιούνται επί μακρά χρονικά διαστήματα, ώστε οι τυχόν αρνητικές τους επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία πρέπει κατά τεκμήριο να είναι ήδη γνωστές. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι

- Δεν περιλαμβάνονται σύνθετα νέα υλικά που δεν είναι δοκιμασμένα στον χρόνο.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και επιτρέπουν την εξοικονόμηση φυσικών πόρων.
- Προέρχονται από φυσικούς πόρους που υπάρχουν σε αφθονία
- Οι εισροές ενέργειας κατά την κατεργασία τους είναι γενικά χαμηλές καθότι δεν υπήρχε ούτε η τεχνολογία ούτε η τεχνολογία των σύγχρονων μεθόδων σπατάλης ενέργειας.
- Βρίσκονται κοντά στο τόπο κατασκευής μειώνοντας την ενσωματωμένη ενέργεια για τη μεταφορά.

Το κριτήριο του παραδοσιακού υλικού δεν πρέπει να αξιοποιείται πάντα ως πειστήριο του οικολογικού υλικού. Αρκεί να αναφερθούν τα μεταβιομηχανικά παραδείγματα των "παραδοσιακών" σωλήνων νερού από μόλυβδο και των "παραδοσιακών" χρωμάτων που περιέχουν βαρέα μέταλλα. Τα παραπάνω συνιστούν κίνδυνο για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

Οι συνεχιστές της κατασκευής, οι σύγχρονοι μηχανικοί, επιδιώκοντας την επίλυση προβλημάτων με απόλυτα οικονομικά κριτήρια (εύκολη μελέτη, ισότροπα υλικά, ευκολία στην κατασκευή) σχεδιάζουν την κατασκευαστική λύση με πρότυπο ποιότητας τη βέλτιστη οικονομοτεχνική προσέγγιση. Όμως η συλλογιστική του σχεδιασμού, χωρίς την ευαισθησία που περιείχε ο σχεδιασμός και η κατασκευή των «μαστόρων» είναι εν γένει άκριτη, ανεύθυνη, χωρίς ευαισθησία και χωρίς οράματα.

Η ανακάλυψη του οικολογικού και γενικότερα του αειφόρου σχεδιασμού των κατασκευών είναι επί της ουσίας η ανακάλυψη των χαμένων οραμάτων.

Για όλους του παραπάνω λόγους, η ανάγνωση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του τόπου οφείλει να γίνει πριν τον σχεδιασμό και την κατασκευή στον τόπο αυτό.

Τα οικολογικά κριτήρια, πολλές φορές, βρίσκονται κρυμμένα μέσα της.

3 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

3.1.1 Ξύλο

Το ξύλο ιδιαίτερα στην Αμερική αποτέλεσε κατασκευαστική λύση για πολλές δεκαετίες. Υπάρχουν πολλά εναλλακτικά συστήματα δόμησης με ξύλο. Τις τελευταίες δεκαετίες όμως η αυξανόμενη τιμή του ξύλου η όχι και τόσο καλή ποιότητά του στην αγορά, οδήγησαν τους κατασκευαστές σε έναν προβληματισμό έναντι του ξύλου.

Επίσης η αυξανόμενη οικολογική ευαισθησία για την καταστροφή των δασών αποτέλεσε συμπληρωματικό κριτήριο για τη χρήση άλλων υλικών έναντι του ξύλου.



Εικόνα 3.1: Ξύλινη κατασκευή με όψη από λιθοδομή

Το ξύλο είναι ανανεώσιμο υλικό που απαιτεί πολύ μικρή επεξεργασία έτσι ώστε να φτάσει στην τελική του προς χρήση μορφή. Τα οικολογικά κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την χρήση του ξύλου είναι η προέλευση, η διαδικασία παραγωγής, ο τύπος επεξεργασίας καθώς και η ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά. Γενικά το ξύλο είναι ένα ζωντανό υλικό και εξακολουθεί να ζει ακόμη και όταν έχει ενσωματωθεί σε μία κατασκευή. Η ιδιότητά του

αυτή καθορίζει και τους περιορισμούς που επιβάλλονται στη χρήση του. Τα παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται για τη προστασία του ξύλου περιέχουν εκτός από τους οργανικούς διαλύτες βιοκτόνα συστατικά που προκαλούν βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα.

Το ξύλο είναι ανισότροπο υλικό και δημιουργεί πολλές φορές εκπλήξεις στη διάρκεια της κατασκευής.

Από τις αρχές του 20ου αιώνα γινόντουσαν έρευνες για την αντικατάσταση του ξύλου. Ο Johann Alex Eriksson προσπαθώντας να αντικαταστήσει το ξύλο με ένα ισότροπο υλικό με τα ίδια χαρακτηριστικά (καλή θερμική συμπεριφορά, μονολιθική κατασκευή, εύκολο στην χρήση) και χωρίς τα μειονεκτήματα, (αντοχή σε πυρκαγιά και οργανική αποσύνθεση) εφηύρε το 1924 το πρώτο ελαφροσκυρόδεμα το οποίο δεν βιοδιασπάται τόσο εύκολα όσο το ξύλο. Η οργανική αποσύνθεση του ξύλου χαρακτηρίζει το ξύλο σαν "οικολογικό" δομικό υλικό. Ο Eriksson δεν στόχευσε στην ιδιότητα αυτή. Εξάλλου η οικολογία είναι μια έννοια που άρχισε να μορφοποιείται συγχρόνως με την ανακάλυψη του Eriksson το πρώτο τέταρτο του εικοστού αιώνα.

Το μείζον πρόβλημα που προκύπτει κατά τη συλλογή του ξύλου είναι ότι η διαχείριση των δασών με κριτήριο τη μεγιστοποίηση του όγκου του ξύλου που είναι δυνατόν να λαμβάνεται σε σταθερή βάση έχει αλλοιώσει τα δασικά οικοσυστήματα. Ιδιαίτερα καταστροφικά είναι τα αποτελέσματα της μεγιστοποίησης της παραγωγής στα τροπικά δάση, όπου τεράστιες εκτάσεις αποψιλώνονται κάθε χρόνο για να ικανοποιηθεί η ζήτηση τροπικής ξυλείας στις βιομηχανικές χώρες. Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της πίεσης των οικολογικών οργανώσεων και του κοινού γίνεται αντιστροφή των τάσεων αυτών και εφαρμόζονται διαχειριστικές μέθοδοι συμβατές με την κοινά αποδεκτή αρχή της αειφορείας. Για το σκοπό αυτό ένα σύνολο οικολογικών οργανώσεων, δασολόγων, καταναλωτών κ.α. δημιούργησαν τον οργανισμό Forest Stewardship Council (FSC) που συντάξε κριτήρια για την αειφόρο διαχείριση των δασών στην τροπική, την εύκρατη και τη ψυχρή ζώνη.

Η πιστοποίηση με το FSC δεν αφορά στην ποιότητα του ίδιου του ξύλου. Παρέχει όμως εγγύηση στον καταναλωτή ότι τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιεί προέρχονται από δάση των οποίων η διαχείριση δεν έρχεται σε αντίθεση με τα κριτήρια για την αειφόρο διαχείριση των δασών.

3.1.2 Λίθοι

Οι δομικοί λίθοι ταξινομούνται σε τρεις κυρίως κατηγορίες.

- Πυριγενή πετρώματα (γρανίτες) είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά και σκληρά.
- Ιζηματογενή πετρώματα (ασβεστόλιθοι) λιγότερο ανθεκτικά από τα πυριγενή πετρώματα.
- Μεταμορφωσιγενή πετρώματα (μάρμαρο) είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά αλλά λιγότερο των πυριγενών

Οι λίθοι έχουν πολλές και διαφορετικές εφαρμογές στην κατασκευή και χρησιμοποιούνται σαν φέροντες οργανισμοί αλλά και ως δάπεδα ή διακοσμητικά στοιχεία.

Οι λίθοι συνδέονται στενά με την έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής εφ' όσον και λόγω της μεγάλης τους θερμικής μάζας συμπεριφέρονται σαν θερμική αποθήκη στο κτήριο. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για κτήρια που βρίσκονται σε ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς η θερμική μάζα του κτηρίου ισορροπεί τις ακραίες εναλλαγές της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Η οικολογική επιβάρυνση που προκύπτει κατά τη χρήση των λίθων είναι η μεγάλη ενεργειακή απαίτηση της μεταφορά τους, καθώς επίσης και η ανεπανόρθωτη καταστροφή του τοπίου στο τόπο εξόρυξης τους. Η εντατική εκμετάλλευση ενός τοπίου για εξόρυξη λίθων, αφήνει συνήθως ένα τοπίο γυμνό χωρίς καμία δυνατότητα να επανενταχθεί στην αρχική του κατάσταση.

3.1.3 Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από αδρανή (σκύρα και άμμο), τσιμέντο και νερό. Μία ενδεικτική αναλογία είναι (53+26), 14, 7 %. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με το σκυρόδεμα εντοπίζονται κυρίως στα προβλήματα που συνεπάγεται η εξόρυξη των πρώτων υλών και η παραγωγή του τσιμέντου.

Το τσιμέντο είναι η κύρια συνιστώσα για την παρασκευή σκυροδέματος. Τα αδρανή υλικά για να παραχθεί το τσιμέντο αναμειγνύονται σε κλιβάνους που θερμαίνονται μέχρι 1500°C. Απαιτούνται 1200 με 1500 κιλά αδρανή για να παραχθεί ένας τόνος τσιμέντου και έξι εκατομμύρια Btu ενέργεια (5-6 MJ/Kg) ανάλογα με τη μέθοδο και το καύσιμο που χρησιμοποιείται.

Επειδή γενικά οι εγκαταστάσεις παραγωγής είναι μακριά από την κατασκευή, η μεταφορά του σκυροδέματος απαιτεί και αυτή μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Τα προκατασκευασμένα στοιχεία είναι μάλλον τα πλέον οικολογικά για τους εξής λόγους

- Αξιοποιείται όλο το υλικό (μείωση του χαμένου υλικού) αφού το υλικό χυτεύεται με ακρίβεια σε καλούπια σε σχέση με τον ξυλότυπο της οικοδομής
- Δεν είναι απαραίτητη η κοπή ξύλου για την κατασκευή ξυλοτύπων.
- Είναι ευκολότερη η παραγωγή του δομικού στοιχείου και το υλικό περιέχει λιγότερη ενσωματωμένη ενέργεια (περίπου 4 MJ/Kg)

Άλλο πρόβλημα στο σκυρόδεμα είναι η χρήση προσθέτων όπως π.χ. αμιάντου (αμιαντοτσιμέντο) για το οποίο σήμερα υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι είναι καρκινογόνο. Αιτία είναι οι ίνες του αμιάντου που επικάθονται στους πνεύμονες ή και στο πεπτικό σύστημα.

Όσον αφορά στο οπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχει επίσης και ο κίνδυνος από τον οπλισμό σε περίπτωση που έχει εκτεθεί σε ραδιενέργεια.

Σημαντικό πρόβλημα επίσης στο σκυρόδεμα είναι ότι υπάρχουν τεράστιες ποσότητες σκυροδέματος που δεν ανακυκλώνονται. Έχει υπολογιστεί ότι σχεδόν 50.000.000 τόνοι από σκυρόδεμα αποβάλλονται στις χωματερές κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ελάχιστο από το σκυρόδεμα αυτό επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται.

Το κόστος αυτών των αποβλήτων είναι τεράστιο και για το λόγο αυτό υπάρχουν σε εξέλιξη έρευνες για την προσπάθεια επανάχρησης του σκυροδέματος. Μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί εργαστηριακά (χωρίς να εφαρμοστεί στη βιομηχανία) ότι είναι δυνατός ο διαχωρισμός του οπλισμού από το σκυρόδεμα, αλλά είναι μία οικονομικά ασύμφορη διαδικασία. Για το λόγο αυτό τα ανακυκλούμενα σκυροδέματα χρησιμοποιούνται συνήθως σαν αδρανή για εξυγίανση οδοστρωμάτων, εδαφών κ.α.

3.1.4 Τοιχοποιία



Εικόνα 3.2: Τοιχοποιία με δομικά στοιχεία από άχυρο

Η παραγωγή κεραμικών τούβλων, από τα οποία συνήθως γίνεται η τοιχοποιία είναι μία διαδικασία που απορροφά αρκετή ενέργεια αφού χρειάζεται το υλικό να θερμανθεί στους 1000-1500 °C για αρκετές ώρες. Η παραγωγή των τούβλων απαιτεί ενέργεια της τάξης των 2MJ/Kg εκ των οποίων το κύριο μέρος καταναλώνεται στην όπτηση των υλικών. Το περιβαλλοντολογικό κόστος της κατασκευής δεν είναι ανώδυνο καθότι με την όπτηση απελευθερώνονται οργανικά υπολείμματα και θεικές ενώσεις που

περιέχονται στην άργιλο, όπως το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του άνθρακα, στην ατμόσφαιρα. Η ανάμειξη της άργιλου με άσβεστο πριν την όπτηση μειώνει τις εκπομπές αυτές. Τα κεραμικά τούβλα αντικαθίστανται συνήθως με αερικά σκυροδέματα τα οποία όμως χρησιμοποιούν διάφορα πρόσθετα για να επιτύχουν τις επιδιωκόμενες ιδιότητές τους. Επειδή η εφαρμογή των υλικών αυτών είναι πρόσφατη δεν έχουν πιστοποιηθεί ακόμη για την τοξικότητά τους.

Σήμερα στις ΗΠΑ παράγονται δομικά στοιχεία τοιχοποιίας από άχυρο. Τα στοιχεία αυτά είναι ελεγχόμενα εύκολα και επειδή είναι ελαφριά μπορεί να τα χειριστεί και ο πλέον ανειδίκευτος χρήστης. Εξάλλου με την ένταξη του άχυρου στην κατασκευή αποφεύγεται η καύση του που συνηθίζεται σε πολλές χώρες του κόσμου και μολύνει ιδιαίτερα την ατμόσφαιρα με μονοξείδιο του άνθρακα. Κύριο μειονέκτημα των στοιχείων αυτών είναι ότι έχουν μικρή αντοχή στο χρόνο και στην πυρκαγιά. Η στοιβαξη όμως των άχυρων είναι τέτοια ώστε να προκύπτει ένα στοιχείο με πυκνότητα $0,08 \text{ ton/m}^3$ με ελάχιστα διάκενα. Λόγω των μικρών διάκενων δεν υπάρχει το απαιτούμενο οξυγόνο στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου και το δομικό στοιχείο είναι ανθεκτικότερο από το ξύλο στη πυρκαγιά. Τα δομικά στοιχεία αυτά έχουν πολύ καλή θερμική συμπεριφορά.

3.1.5 Χρώματα-βαφές

Τα χρώματα και οι βαφές ταξινομούνται με βάση τη σύνθεσή τους και τις ουσίες που περιέχουν. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι.:

- συνδετικές ουσίες
- διαλύτες
- διογκωτικά
- πρόσθετα (χρωστικές, στεγανωτικά, στιλβωτικά, αντι αφρώδη)

Σημαντικότερο πρόβλημα των χρωμάτων είναι η απελευθέρωση (κατά τη διάρκεια εργασιών βαφής αλλά και μετά τη ξήρανση και σκλήρυνση τους) οργανικών ενώσεων (αρωματικών υδρογονανθράκων). Αυξημένη συγκέντρωση αυτών των ενώσεων σε ένα κτήριο μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας στους χρήστες. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες εκπέμπονται και κατά τη διάρκεια των εργασιών καθώς και μερικές εβδομάδες μετά το πέρας των εργασιών. Μπορεί να συνεχίσουν να εκπέμπονται και μετά από τέσσερα έως επτά χρόνια κατά τον πολυμερισμό και τη γήρανση του διαλύτη στον οποίο συνήθως περιέχονται. Για το λόγο αυτό ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια της οικολογικής συμπεριφοράς των χρωμάτων καθώς επίσης και των βερνικιών είναι να είναι υδατοδιαλυτά. Τα υδατοδιαλυτά βερνίκια που έχουν εφαρμοσθεί μέχρι σήμερα, δεν προστατεύουν ιδιαίτερα το ξύλο και διαποτίζονται από το νερό. Για την αδιαβροχοποίηση της προσβαλλόμενης επιφάνειας, μετά την επίστρωση υδατοδιαλυτών βερνικιών, η επιφάνεια επιστρώνεται με διάλυμα φυσικού κεριού.

Οι υδρογονάνθρακες τους οποίους προσπαθούμε να αποφύγουμε με τα υδατοδιαλυτά βερνίκια και χρώματα είναι πολύ επιβλαβείς. Συμβάλλουν στη γενική ατμοσφαιρική ρύπανση και αντιδρώντας με οξείδια του αζώτου παράγουν νέφος.

Οι χρωστικές ουσίες των χρωμάτων είναι πιθανόν να περιέχουν βαρέα μέταλλα. Στην περίπτωση όπου η περιεκτικότητα των χρωμάτων σε μόλυβδο ξεπερνά το 0,15% του βάρους τους είναι υποχρεωτική η αναγραφή της σχετικής επισήμανσης στη συσκευασία. Παράλληλα τα χρώματα δεν πρέπει να περιέχουν αρσενικό σε συγκέντρωση μεγαλύτερη 0,3% και κάδμιο άνω του 0,01%.

Κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση των βαφών είναι ο διαλύτης τους. Ο χαρακτήρας ενός χρώματος ως υδατοδιαλυτού είναι το σημαντικότερο κριτήριο έτσι ώστε το χρώμα να χαρακτηριστεί οικολογικό.

Κυριότεροι εμπορικοί τύποι των χρωμάτων είναι:

- Ακρυλικές βαφές. (υδατοδιαλυτές) Οι βαφές του τύπου αυτού περιέχουν ακρυλικές ρητίνες ως συνδετικό υλικό. Η περιεκτικότητα οργανικών διαλυτών στις ακρυλικές βαφές είναι περιορισμένη (10% της αντίστοιχης των συμβατικών χρωμάτων) ενώ ως διαλυτικό

χρησιμοποιείται το νερό. Μειονεκτήματά τους είναι ότι περιέχουν επιβλαβή συστατικά (αντιδιαβρωτικές ουσίες) και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά την παρασκευή τους.

- Φυσικά χρώματα. (μη υδατοδιαλυτά) Το πλεονέκτημα των φυσικών χρωμάτων συνίσταται στη χρήση συστατικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τύπους χρωμάτων που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο σαν βάση.
- Βραστές βαφές. (υδατοδιαλυτές) Οι βαφές αυτού του τύπου είναι φυσικές και παράγονται με μακράς διάρκειας βρασμό φυτικών προϊόντων. Είναι ελάχιστα τοξικές και χρησιμοποιούνται κυρίως στις Σκανδιναβικές χώρες. Μειονέκτημά τους είναι ότι δεν χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό κέλυφος.
- Βαφές Alkyd. (μη υδατοδιαλυτές) Όλα τα συμβατικά χρώματα ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Περιέχουν alkyd ως συνδετικό προϊόν και αρωματικούς υδρογονάνθρακες ως διαλυτικό.

3.1.6 Πλαστικά υλικά

Τα συνθετικά υλικά που κατασκευάζονται με βάση το πετρέλαιο, καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα υλικών και είναι ευρύτερα γνωστά ως πλαστικά. Εκτιμάται ότι το 4% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνθετικών υλικών. Οι βιομηχανικές διεργασίες ξεκινούν για την παραγωγή απαραίτητων πρώτων υλών όπως το αιθυλαίνιο, το στυρένιο, το βενζόλιο και το προπυλένιο. Οι διαδικασίες αυτές απαιτούν σημαντικά ποσά ενέργειας ενώ προκαλούν εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων. Από τις διαδικασίες αυτές παράγονται επιβλαβή απόβλητα.

Το σημαντικότερο πρόβλημα των πλαστικών συνδέεται με την διαδικασία βιοδιάσπασής τους. Δεδομένου ότι τα υλικά αυτά διασπώνται δύσκολα προκαλούν μακράς διάρκειας ρύπανση στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Η καύση των υλικών αυτών οδηγεί στην απελευθέρωση ιδιαίτερα επιβλαβών ουσιών που ποικίλουν ανάλογα με το είδος του υλικού και την ποιότητα καύσης.

Τα πλαστικά διαχωρίζονται στα θερμοπλαστικά και τα θερμοσυνθετικά.

Τα θερμοπλαστικά είναι δυνατό να ανακυκλωθούν. Συνήθη θερμοπλαστικά είναι η σελοουλόζη, το PVC το πολυστυρένιο, τα πολυακρυλικά και οι ρητίνες. Τα θερμοσυνθετικά πλαστικά (όπως το fiberglass) δεν είναι δυνατό να ανακυκλωθούν και χρησιμοποιούνται μόνο μία φορά.

Τα κυρίως χρησιμοποιούμενα πλαστικά είναι:

- Πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο, πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σωλήνων κ.λ.π. Είναι θερμοπλαστικά και ανακυκλώσιμα. Παρασκευάζονται με διεργασίες πολυμερισμού. Οι εκπομπές κατά την παραγωγή τους είναι σχετικά περιορισμένες και δεν προκαλούν ρύπανση κατά τη χρήση τους.
- Ασφαλτικά υλικά. Τα συνθετικά ασφαλτικά (μονωτικά) υλικά προέρχονται από ειδικούς τύπους πετρελαίου. Περιέχουν ελάχιστη ποσότητα αρωματικών υδρογονανθράκων. Προκαλούν ρύπανση που οφείλεται στην έκλυση μακρομοριακών υδρογονανθράκων.
- EPDM (καουτσούκ ελαστομερή) Τα συνθετικά υλικά γνωστά ως EPDM είναι πολυμερή υλικά που παράγονται με βάση το μονομερές αιθυλένιο. Η ρύπανση που προκαλείται κατά την παραγωγή είναι ελάχιστη. Είναι ανακυκλώσιμο υλικό όμως η επεξεργασία του είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος.
- Πολυουρεθάνη. Παρασκευάζεται από πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Είναι προϊόν πολυμερισμού και προσθήκης αλκοολών και ισοκυανικών ενώσεων που είναι επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία. Τα προϊόντα πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται ως μονωτικά

στεγανοποιητικά, βερνίκια και κόλλες. Η έκλυση τοξικών ισοκυανικών ενώσεων από την πολυουρεθάνη προκαλεί σημαντική ρύπανση. Κατά την καύση της παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα και υδροκυάνιο (ισχυρά δηλητήρια). Η διάθεση των προϊόντων της πολυουρεθάνης προκαλεί σημαντικό περιβαλλοντολογικό πρόβλημα όπως και ρύπανση στο νερό.

- EPS (διογκωμένη ή διηλασμένη πολυστερίνη). Η παραγωγή των προϊόντων αυτών προκαλεί εκπομπή βενζολίου και στυρενίου. Γενικά τα προϊόντα από πολυστερίνη δεν είναι ανακυκλώσιμα αν έχει χρησιμοποιηθεί αμμώνιο σαν καταλύτης.
- Πολυβινυλοχλωρίδιο-PVC. Το πολυβινυλοχλωρίδιο είναι ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα πλαστικά υλικά. Είναι θερμοπλαστικό και παράγεται με βάση το πετρέλαιο και το χλώριο. Υπολογίζεται ότι μόνο στη Γερμανία το 25% του διαθέσιμου χλωρίου καταναλώνεται για την παρασκευή PVC. Κατά την παραγωγή του διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες βιχλωριδίου, υδραργύρου και διοξινών. Λόγω της σχετικά χαμηλής περιεκτικότητάς του σε πετρέλαιο η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή PVC είναι σχετικά χαμηλή (66 MJ/kg). Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε χλώριο η καύση του παράγει ιδιαίτερα επιβλαβή συστατικά όπως οι διοξίνες το χλωροβενζόλιο τα φουράνια κ.λ.π. Κατά τη διάρκεια της χρήσης του εκπέμπονται αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, αλκυλοφαινόλη, ακυκλικοί και αρωματικοί εστέρες του ανθρακικού οξέος κ.α.. Το PVC είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Τα τελευταία χρόνια λόγω των προβλημάτων ρύπανσης που προκαλεί κατά την παραγωγή και τη διάθεσή του, καταβάλλεται προσπάθεια για την αντικατάστασή του. Ως εναλλακτικά υλικά έχουν προταθεί το ξύλο, τα κεραμικά, το πολυαιθυλαίνιο και το πολυπροπυλένιο.
- Φορμαλδεΰδη Τα συνθετικά πλαστικά προϊόντα από φορμαλδεΰδη είναι γνωστά σαν θερμοσυνθετικά πλαστικά. Η κύρια χρήση τους στο κτήριο είναι σαν συγκολλητικές ουσίες, χρώματα, βερνίκια και επαλείψεις επιφανειών. Μολονότι οι φορμαλδεΰδες χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες έχουν αρκετά μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια 87MJ/kg. Το σημαντικότερο όμως μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι ότι εκπέμπουν για πολλά χρόνια αρωματικούς υδρογονάνθρακες μέσα στο κτήριο. Για το λόγο αυτό είναι απαγορευτική η χρήση τους μέσα στο εσωτερικό του κτηρίου.

3.1.7 Μέταλλα

Προσπάθεια γίνεται να ενσωματωθούν τα μέταλλα στις διάφορες κατασκευές κυρίως αντικαθιστώντας το ξύλο για τους εξής λόγους:

- Είναι μακροσκοπικά ισότροπα σε αντίθεση με το ξύλο
- Έχουν μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές από το ξύλο.
- Διαμορφώνονται σε οποιαδήποτε διατομή
- Ανακυκλώνονται

Ενδεικτικά περιγράφεται η οικολογική συμπεριφορά ορισμένων από τα συνήθη χρησιμοποιούμενα μέταλλα:

- Αλουμίνιο. Το σημαντικότερο πρόβλημα του αλουμινίου έχει σχέση με την εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η παραγωγή του από το βωξίτη. Η εξόρυξη και η κατεργασία του βωξίτη προκαλούν τοπική ρύπανση του αέρα και των νερών και αλλοίωση του τοπίου. Το αλουμίνιο είναι ανακυκλώσιμο υλικό αλλά η διεργασία ανακύκλωσής του είναι ενεργοβόρα.

- **Χάλυβας.** Η παραγωγή χάλυβα δημιουργεί σημαντική ρύπανση. Συγκριτικά με άλλα μέταλλα, η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή χάλυβα είναι μικρή. Για την αποφυγή διάβρωσης του χάλυβα συνήθως επιλέγεται επιφανειακή επεξεργασία με κράματα νικελίου και χρωμίου (κράματα βαρέων μετάλλων) ώστε να παραχθεί ανοξείδωτος χάλυβας. Τα κράματα αυτά εκπέμπουν



Εικόνα 3.3: Κατασκευή με μεταλλικό φέροντα οργανισμό

- βαρέα μέταλλα κατά τη φάση παραγωγής. Κράμα του χάλυβα, ο ελαφρύς χάλυβας, έχει εφαρμοσθεί για την αντικατάσταση του οικοδομικού ξύλου. Ο χαλύβδινος σκελετός προσφέρεται για γρήγορη κατασκευή καθώς επίσης και για λύσεις μεγάλης αντοχής. Υπάρχει πλέον ευρεία εφαρμογή στο εξωτερικό τέτοιου τύπου κατασκευαστικών λύσεων οι οποίες αντιστοιχούν μορφολογικά σε ξύλινες κατασκευές. Τα μέταλλα όμως παρουσιάζουν άλλα προβλήματα σε σχέση με το ξύλο. Ο χάλυβας έχει 400 φορές μεγαλύτερη θερμοαγωγιμότητα από το ξύλο. Για το λόγο αυτό στην κατασκευή προκαλούνται πολλές θερμικές γέφυρες. Αυτό γεννά σειρά προβλημάτων όπως είναι η απαίτηση σημαντικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτηρίου. Πολλές φορές επιλέγεται ο χάλυβας αντί της ξύλινης κατασκευής εξαιτίας της μεγάλης ικανότητάς του να ανακυκλώνεται. Ο χάλυβας όμως περιέχει μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής και μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια ανακύκλωσης ενώ παράλληλα δημιουργεί μεγάλη μόλυνση κατά τη διάρκεια παραγωγής του. Η βιομηχανία χάλυβα στις ΗΠΑ τη δεκαετία του 1980 ήταν υπεύθυνη για το 28% του συνολικά εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα και το 95% του συνολικά εκπεμπόμενου οξειδίου του θείου υπεύθυνου για την όξινη βροχή.
- **Ψευδάργυρος.** Η εξόρυξη ψευδαργύρου προκαλεί εκπομπές καδμίου που είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο ψευδάργυρος δεν είναι τοξικός, αντίθετα είναι αναγκαίος με τη μορφή ιχνοστοιχείων για τον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι ανακυκλώσιμο υλικό όμως το κόστος ανακύκλωσής του είναι πολύ υψηλό και η ανακύκλωση είναι προς το παρόν ασύμφορη.
 - **Μόλυβδος.** Ο μόλυβδος έχει τοξική επίδραση στους βιολογικούς οργανισμούς και η παραγωγή του είναι ενεργοβόρος. Όταν απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό προκαλεί αναιμία και άλλα προβλήματα όπως π.χ. στα οστά. Η χρήση του πρέπει να αποφεύγεται ιδιαίτερα στην περίπτωση χρωμάτων.
 - **Χαλκός.** Άλατα χαλκού που εισέρχονται μέσω του δικτύου ύδρευσης στο πεπτικό σύστημα μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, ανωμαλίες ακόμη και φλεγμονές. Ο χαλκός είναι ανακυκλώσιμο υλικό και το κόστος για την ανακύκλωσή του είναι χαμηλό.

3.1.8 Γύψος

Σημαντικό πρόβλημα παρουσιάζει λόγω της ρύπανσης και της αλλοίωσης που προκαλείται στη φύση κατά την εξόρυξή της. Η γύψος δεν είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Υποκατάστατο του φυσικού γύψου αποτελεί ο βιομηχανικός γύψος ο οποίος περιέχει λιγότερα βαρέα μέταλλα ή και ραδιενεργά στοιχεία από το φυσικό. Εν τούτοις μια ποικιλία βιομηχανικού γύψου ο

λεγόμενος φωσφορικός γύψος ενδέχεται να περιέχει πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή και ραδιενεργών στοιχείων και δεν προτείνεται η χρησιμοποίησή του σε οικοδομικές εργασίες.

3.1.9 Γυαλί

Το γυαλί παράγεται από χαλαζιακή άμμο που βρίσκεται άφθονη στη φύση. Βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (70%) το οξείδιο του ασβεστίου (14%) και το οξείδιο του νατρίου. Τα συστατικά αυτά δεν θεωρούνται σπάνια ή ρυπογόνα. Το σημαντικότερο περιβαλλοντολογικό πρόβλημα του γυαλιού είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του καθώς επίσης και η μεγάλη ενέργεια που συνήθως απαιτείται για τη μεταφορά του. Έχει υπολογιστεί ότι για ένα τόνο γυαλί παράγεται περίπου ένας τόνος CO₂ ενώ παράγεται ένας επιπλέον τόνος CO₂ για τη μεταφορά του λόγω του ότι ο τόπος παραγωγής του βρίσκεται συνήθως μακριά από τον τόπο χρήσης του. Το γυαλί είναι εξαιρετικά ανακυκλώσιμο υλικό αλλά η ανακύκλωσή του οδηγεί σε δεύτερης ποιότητας υλικό.

3.1.10 Νέα υλικά

Σήμερα αναπτύσσεται πλήθος νέων υλικών με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Τα υλικά αυτά συμβάλουν με διαφορετικό τρόπο στις λειτουργίες του κτηρίου.

Σαν παράδειγμα αναφέρονται:

Νέο είδος επιχρίσματος τοιχοποιίας που λειτουργεί ως «κλιματιστικό» σύστημα. Το επίχρισμα, περιέχει πλαστικά σφαιρίδια γεμάτα με μίγμα ρητίνης παραφίνης. Οι ρητίνες αυτές λιώνουν όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 24 °C έτσι ώστε η μετάβαση από την στερεά στην υγρή κατάσταση να απορροφά θερμότητα και να ψύχει με αυτό τον τρόπο τον εσωτερικό αέρα του κτηρίου. Η ενσωμάτωση τέτοιων μικροσφαιριδίων κατά 10-25% σε ένα κοινό επίχρισμα αρκεί για να δροσίσει μία κατοικία στις μεγάλες θερμοκρασίες του θέρους. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, η επιστροφή με ένα τέτοιο υλικό, εξασφαλίζει δροσιά ανάλογη με εκείνη που θα είχε ένα κτήριο αν τα τούβλα στους τοίχους είχαν πολλαπλάσια μεγαλύτερο πάχος.

Νέες βαφές αναπτύσσονται για τα εξωτερικά κελύφη των κτηρίων. Οι νέες βαφές απορροφούν τα καυσαέρια λειτουργώντας κατασταλτικά στην ανάπτυξη νέφους και ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Η βαφές αυτές περιέχουν πολυμερές πυριτίου, σφαιρικά νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου καθώς και ανθρακικό ασβέστιο με διάμετρο 30 νανόμετρα. Η βάση της βαφής είναι αρκετά πορώδης για να επιτρέπει την διάχυση των οξειδίων του αζώτου (που προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα και συμμετέχουν στην ανάπτυξη νέφους) μέσα στην βαφή και την συνένωσή τους με τα σωματίδια του τιτανίου. Τα σωματίδια αυτά απορροφούν την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία και τη χρησιμοποιούν για να μετατρέψουν τα οξείδια του αζώτου σε νιτρικό οξύ. Το οξύ στην συνέχεια θα αποβληθεί από την βροχή είτε θα αδρανοποιηθεί από τα σωματίδια αλκαλικού ασβεστίου παράγοντας ποσότητες «ακίνδυνου» διοξειδίου του άνθρακα, νερού και νιτρικού οξέως, που επίσης θα απομακρυνθούν από την βροχή. Κατ' εκτίμηση, μετά από πέντε χρόνια, οι ποσότητες του ανθρακικού άλατος θα έχουν εξαντληθεί. Όταν οι ποσότητες του ανθρακικού άλατος έχουν εξαντληθεί το διοξείδιο τιτανίου θα συνεχίσει να διαλύει τα οξείδια του αζώτου με αποτέλεσμα όμως επιπτώσεις στο χρώμα της βαφής από το οξύ που θα παράγεται από την όλη χημική διαδικασία.

Υπάρχουν πολλές παράμετροι για να ελεγχθεί ένα νέο υλικό και να πιστοποιηθεί η οικολογική συμπεριφορά του. Στα υλικά που αναφέρθηκαν διαπιστώθηκαν ιδιότητες που συμβάλουν στην οικολογική συμπεριφορά της κατασκευής όμως οι έρευνες δεν αναφέρονται σε άλλες ιδιότητες όπως η τοξικότητά τους, ο χρόνος ζωής τους, ή η ικανότητα βιοδιάσπασής τους κ.λ.π.

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

4.1 Οικολογική προτίμηση

Η συνηθέστερη μέθοδος που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια για την αξιολόγηση των δομικών υλικών με οικολογικά κριτήρια είναι η "οικολογική προτίμηση". Η "οικολογική προτίμηση" χρησιμοποιείται στην Ολλανδία από το 1991 για την ταχεία ενημέρωση του κοινού και των κατασκευαστών σχετικά με τα δομικά υλικά που κρίνονται φιλικά προς το περιβάλλον με βάση ένα ή περισσότερα οικολογικά κριτήρια.

Η οικολογική προτίμηση βασίζεται σε ένα συχνά ενημερωμένο εγχειρίδιο που περιλαμβάνει συγκριτικούς πίνακες που επιτρέπουν την κατάταξη των δομικών υλικών. Η μέθοδος της οικολογικής προτίμησης δεν είναι τόσο αυστηρή όσο θα ήταν η υποβολή όλων των δομικών προϊόντων σε πλήρη ανάλυση του κύκλου ζωής. Είναι όμως εύκολη στη χρήση γιατί διευκολύνει τον μελετητή ή τον καταναλωτή να επιλέξει το δομικό υλικό για τη χρήση που επιθυμεί ελαχιστοποιώντας τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η μέθοδος της οικολογικής προτίμησης εφαρμόζεται και στη Μ. Βρετανία. Σε πρόσφατη έκδοση του Green Building Handbook 1999 η αξιολόγηση των προϊόντων γίνεται με βάση την πολυκριτηριακή ανάλυση. Με άλλα λόγια η περιβαλλοντολογική συμπεριφορά των υλικών αναλύεται σε συνιστώσες οι οποίες έχουν διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Έτσι ο χρήστης έχει τόσο τη συγκεντρωμένη βαθμολογία όσο και στοιχεία για την περιβαλλοντική επίπτωση των υλικών σε επί μέρους αποδέκτες (έδαφος, ατμόσφαιρα, νερό) ή περιοχές ενδιαφέροντος (υγεία, ενεργειακή κατανάλωση κ.α.).

Υπάρχει όμως η ανάγκη της εύκολης αναγνώρισης από τον χρήστη για την άμεση επιλογή ενός υλικού. Για το λόγο αυτό έχουν καθιερωθεί διάφορα "οικολογικά σήματα" που πιστοποιούν τον οικολογικό χαρακτήρα των προϊόντων.

Επιπτώσεις	Στάδια Κύκλου Ζωής				
	Εξόρυξη πρώτων υλών	Παραγωγή	Διανομή	Χρήση	Διάθεση
Ρύπανση εδάφους					
Ρύπανση νερού					
Ρύπανση αέρα					
Κατανάλωση ενέργειας					
Κατανάλωση φυσικών πόρων - οικοσυστήματα					
Απόβλητα					

Πίνακας 4.1: Κριτήρια οικολογικής αξιολόγησης ενός υλικού

Στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης η χορήγηση Ευρωπαϊκού οικολογικού σήματος θεσπίστηκε από τον κανονισμό ΕΟΚ /880.92. Στην οδηγία της ΕΟΚ /880.92 προτείνεται ο παραπάνω πίνακας για την αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς ενός υλικού.

Για τη διευκόλυνση των καταναλωτών θετικό αποτέλεσμα θα είχε η πιστοποίηση από ένα εθνικό ή διεθνώς αποδεκτό οικολογικό σήμα. Το σήμα αυτό θα αποτελούσε εγγύηση για τον καταναλωτή ότι το προϊόν που χρησιμοποιεί στην κατασκευή έχει συνολικά τις λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους σε σύγκριση με άλλα προϊόντα που επιτελούν την ίδια λειτουργία. Ο "γαλάζιος άγγελος" είναι από τα περισσότερο έγκριτα οικολογικά σήματα και χορηγείται στη Γερμανία σε πιστοποιημένα οικολογικά προϊόντα. Προϊόντα με την πιστοποίηση αυτή κυκλοφορούν και στην Ελλάδα.

4.2 Ανάλυση του κύκλου ζωής

Η ανάλυση του κύκλου ζωής είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, δραστηριότητα ή διεργασία προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Με την ανάλυση του κύκλου ζωής εκτιμώνται οι επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων κατά την παραγωγή χρήση και αποβολή ενός υλικού. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας δηλαδή:

- εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών,
- κατασκευή,
- μεταφορά και διανομή,
- χρήση,
- επαναχρησιμοποίηση,
- συντήρηση,
- ανακύκλωση και τελική αποβολή.

Πρόκειται δηλαδή για ένα εργαλείο περιβαλλοντολογικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της αποβολής των αποβλήτων στο περιβάλλον όπως και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ως εργαλείο αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια. Στην Ευρώπη η ανάπτυξή της συνδυάστηκε με την εξάπλωση του οικολογικού σήματος (Κανονισμός ΕΟΚ 880/92) και σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της Α.Κ.Ζ. μέσω της ένταξής της στη σειρά προτύπων ISO 14040.

Σύμφωνα με τον ορισμό της μεθόδου της Α.Κ.Ζ που δόθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, για την εφαρμογή της στην περίπτωση ενός κτηρίου απαιτείται ο προσδιορισμός των στοιχείων κατανάλωσης μάζας και ενέργειας για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του, από την κατασκευή ως την κατεδάφισή του. Προκειμένου δε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί αυτός ο προσδιορισμός απαιτείται η εκτίμηση των στοιχείων για το σύνολο των εργασιών που διεξάγονται καθώς και για το σύνολο των δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται.

Για την αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς ενός υλικού υπάρχει σχετική διεθνής βιβλιογραφία, για την ενσωματωμένη ενέργεια, την ικανότητα ανακύκλωσης, καθώς επίσης και για διάφορες άλλες παραμέτρους που αφορούν σε οικολογικά κριτήρια επιλογής των υλικών. Στην ουσία όμως απαραίτητο είναι να υπάρξει αξιολόγηση των υλικών που χρησιμοποιούνται και στην Ελλάδα του 21^{ου} αιώνα.

Η έλλειψη μιας τέτοιας βάσης δεδομένων για την Ελλάδα καθιστά υποχρεωτική την προσφυγή σε βάσεις δεδομένων άλλων, κατά προτίμηση ευρωπαϊκών χωρών. Στην περίπτωση αυτή τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή ποιοτικών συμπερασμάτων και τη συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών δομικών υλικών, όχι όμως απαραίτητα για την εξαγωγή απόλυτων μεγεθών.

Συγκριτική αξιολόγηση δύο θερμομονωτικών υλικών

Στην ευρωπαϊκή αγορά θερμομονωτικών υλικών κυριαρχούν δύο ομάδες υλικών:

- τα ινώδη (υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας)
- η εξηλασμένη πολυστερίνη, καλύπτοντας αθροιστικά περίπου το 85% της συνολικής ζήτησης.

Αν θελήσει κανείς να συγκρίνει, με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής τα δύο αυτά υλικά, επιλέγοντας τις σκληρές πλάκες υαλοβάμβακα από τα ινώδη και τις πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης ξυλοτύπων, τότε πρέπει κατ' αρχήν να αναγάγει τα δύο υλικά σε συγκρίσιμη βάση. Εφαρμόζοντας τον Κανονισμό Θερμομόνωσης προκύπτει ότι για την επίτευξη του επιθυμητού συντελεστή θερμοπερατότητας απαιτείται κατά μέσο όρο ένα πάχος υλικού 5 εκ.

Αρχικά πρέπει κανείς να προσδιορίσει την απαιτούμενη μάζα υλικού, αφού κατά τη μελέτη της Α.Κ.Ζ. η μονάδα αναφοράς θα είναι η μάζα ανά τετραγωνικό μέτρο θερμομονωμένης επιφάνειας.

Στη συνέχεια πρέπει να προσδιοριστεί η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή των θερμομονωτικών υλικών. Η παραγωγή της θερμοπλαστικής πολυστυρόλης, που αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι μία ενεργοβόρα διαδικασία. Σημειώνεται ότι ανά χιλιόγραμμο παραγόμενου υλικού η εξηλασμένη πολυστερίνη απαιτεί περίπου πέντε φορές περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τον υαλοβάμβακα. Ωστόσο, από την αναγωγή των μεγεθών αυτών στη μονάδα της επιφάνειας, που είναι τελικά και το κρίσιμο μέγεθος καθώς αφορά στην εφαρμογή τους στο κτίριο, προκύπτει ότι η διαφορά τους μειώνεται περίπου στο μισό, εξαιτίας του πολύ μικρότερου ειδικού βάρους της εξηλασμένης πολυστερίνης. Συγκεκριμένα, για την παραγωγή του υαλοβάμβακα απαιτούνται 19,3 kWh/m² (d=5 εκ.), ενώ για την εξηλασμένη πολυστερίνη 36,1 kWh/m² (d=5 εκ.).

Αν τώρα θελήσει κανείς να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο του κύκλου ζωής, αυτό της χρήσης του κτιρίου, τότε πρέπει να υπολογίσει την κατανάλωση ενέργειας που συνεπάγονται οι απώλειες θερμότητας μέσα από το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο που θερμομονώνεται. Υιοθετώντας για την περίπτωση την παραδοχή ότι τα θερμομονωτικά υλικά εφαρμόζονται σε ένα τοίχιο σκυροδέματος και επειδή έχουν τον ίδιο συντελεστή λ, τότε για την περιοχή της Βορείου Ελλάδος οι ετήσιες απώλειες ανά τετραγωνικό μέτρο ανέρχονται σε 25,2 kWh περίπου. Στη συμβατική διάρκεια ζωής του κτιρίου, που είναι 50 χρόνια, οι συνολικές απώλειες ανέρχονται σε 1.260 kWh/m² και για τα δύο υλικά.

Τέλος, η αποβολή και η ανακύκλωση των δύο υλικών απαιτεί αμελητέα κατανάλωση ενέργειας. Η συνολική εικόνα που προκύπτει από το ενεργειακό ισοζύγιο των δύο υλικών, είναι περίπου ίδια, αφού η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή τους είναι πολύ μικρή σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρήση.

Συγκριτική αξιολόγηση δύο συστημάτων θέρμανσης

Αν θελήσει κανείς να αξιολογήσει με τη μέθοδο της Α.Κ.Ζ. δύο εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης, τότε θα πρέπει πάλι να εξετάσει τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Επειδή στην περίπτωση των συστημάτων θέρμανσης η αναγωγή σε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας μάλλον περιπλέκει παρά απλοποιεί τη λειτουργία του μοντέλου, θα αξιολογηθούν δύο συστήματα που μπορούν να θερμάνουν μια μονοκατοικία με εμβαδόν 150 m², με ημιυπόγειο και έναν όροφο, στην περιοχή της Βορείου Ελλάδος. Το κτήριο είναι ισχυρά θερμομονωμένο κι έχει μια ανηγμένη ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 70 kWh/m².

Τα υπό εξέταση συστήματα είναι:

- Ένα συμβατικό σύστημα καυστήρα - λέβητα, με χρησιμοποιούμενο καύσιμο το φυσικό αέριο.
- Ένα σύστημα επίπεδων ηλιακών συλλεκτών επιφάνειας 48 m² που σε συνδυασμό με ένα δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού, μπορεί να καλύψει εξ ολοκλήρου τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση.

Και τα δύο συστήματα εκτιμάται ότι θα έχουν μία διάρκεια ζωής 20 ετών. Το γεγονός ότι η λύση των ηλιακών συλλεκτών για καθολική κάλυψη του φορτίου θέρμανσης είναι οικονομικά ασύμφορη έχει τεκμηριωθεί από σειρά μελετών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει να εξετάσει κανείς κατά πόσο αυτή η λύση είναι ενεργειακά σκόπιμη. Την απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνει η ανάλυση κύκλου ζωής μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου.

Η κατασκευή του συμβατικού συστήματος θέρμανσης συνεπάγεται μία αμελητέα κατανάλωση ενέργειας, της τάξης των 3.000 kWh, όπως και η αποβολή του στο τέλος της εικοσαετίας, που προκαλεί μία κατανάλωση της τάξης των 1.200 kWh.

Αντίθετα η κατασκευή του ηλιακού συστήματος, βασίζεται σε μία ενεργοβόρα διαδικασία που απαιτεί 163.500 kWh. Η αποβολή του απαιτεί επίσης τη σημαντική κατανάλωση των 7.000 kWh, καθώς πρόκειται για ένα βαρύ κι ογκώδες σύστημα, ενώ ακόμη απαιτείται ο διαχωρισμός στοιχείων αλουμινίου, γυαλιού, ελαστικού κ.λ.π.

Παρατηρώντας την αθροιστική κατανάλωση ενέργειας, γίνεται φανερό ότι η σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τη χρήση του ηλιακού συστήματος κατά τη διάρκεια της χρήσης του δεν μπορεί να αντισταθμίσει την αρχική κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του.

4.3 Πολυκριτηριακή ανάλυση

4.3.1 Γενικά

Η πολυκριτηριακή ανάλυση, είναι κλάδος της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας. Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι μια ποσοτικά –ποιοτική- μέθοδος αξιολόγησης πολλαπλών και κατά κανόνα, αντικρουόμενων κριτηρίων κατά τη λήψη μίας απόφασης. Η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει ευρέως εφαρμοστεί σε προβλήματα διαχείρισης υδατικών συστημάτων, τα οποία εξυπηρετούν περισσότερες από μία χρήσεις νερού. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια, με τη θεώρηση και της περιβαλλοντολογικής-οικολογικής συνιστώσας, η ανάγκη επιλογής, όσο το δυνατόν βέλτιστης, πολιτικής απόφασης έχει καταστήσει την πολυκριτηριακή ανάλυση βασικό εργαλείο υποστήριξης της λήψης αποφάσεων.

Η πολύκριτηριακή ανάλυση προϋποθέτει αφενός

- τη διατύπωση όλων των κριτηρίων που σχετίζονται με τη λήψη της απόφασης με ποσοτικούς όρους και αφετέρου
- την ενσωμάτωση τους σε μια ενιαία αριθμητική έκφραση, η οποία είναι γνωστή ως συνάρτηση χρησιμότητας.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι δύσκολο να υλοποιηθεί όταν τα κριτήρια είναι υποκειμενικά ή δεν μπορούν παρά να βαθμονομηθούν με ποιοτικούς όρους (π.χ., η τοξικότητα των υλικών). Για το λόγο αυτό, γενικά χρησιμοποιούνται κλίμακες με μικρό αριθμητικό εύρος.

Η δεύτερη προϋπόθεση ενέχει τον κίνδυνο υποτίμησης ή υπερτίμησης ορισμένων κριτηρίων σε σχέση με τα υπόλοιπα, με αποτέλεσμα τη διατύπωση μεροληπτικών συναρτήσεων χρησιμότητας. Εξάλλου μπορεί να διατυπωθούν διαφορετικές συναρτήσεις χρησιμότητας για το ίδιο πρόβλημα και με διαφορετικές εκφράσεις για κάθε διαφορετική εφαρμογή.

Παρ όλο που έχει προταθεί ένα μεγάλο πλήθος τεχνικών αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων, η εξάλειψη της μεροληψίας κατά την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης δεν μπορεί να επιτευχθεί. Εξάλλου σε όλους τους αλγόριθμους και τα προσομοιώματα η Μυστικιστική Αριθμητική της Φύσης προκύπτει μέσα από την προσπάθεια αποκωδικοποίησης της. Οι απλοποιημένες παραδοχές, που πάντα και παντού αναπτύσσονται είναι αδιάψευστος μάρτυρας του συλλογισμού που αναφέρθηκε. Για τον λόγο αυτό νοητικές δράσεις όπως η αντίληψη και το ένστικτο που έχουν την δύναμη να την εντοπίσουν, οφείλουν να αναβαθμιστούν. Όμως, ανεξάρτητα από τα παραπάνω, είναι χρέος του Μηχανικού να δίνει μάχες για την αποκωδικοποίηση των στοιχείων που μας περιβάλλουν αποδεχόμενος σφάλματα που εκτιμάται ότι δεν αλλοιώνουν το αποτέλεσμα.

Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι αδιαμφισβήτητη (ποσοτικοποιεί το πρόβλημα και οδηγεί σε λήψη αποφάσεων) μολονότι δεν είναι απολύτως αντικειμενική. Μέχρι σήμερα όμως είναι το μοναδικό νοητικό εργαλείο για να αντιμετωπίσουμε τέτοιου τύπου σύνθετα (πολυκριτηριακά) προβλήματα αποκτώντας ποσοτική (ίσως καλλίτερα ποιοτική) εικόνα.

Στην ουσία λοιπόν η πολύκριτηριακή ανάλυση εκφράζει την αντίληψη του μελετητή επάνω στο πρόβλημα ερμηνεύοντας την λύση ποσοτικά, χωρίς απαραίτητα η λύση που παρουσιάζεται να είναι μονοσήμαντη. Όμως είναι βέβαιο ότι ο κριτικός λόγος, όσο αυτός υπάρχει, παραμένει λόγος. Στην προκειμένη περίπτωση προσποιούμαστε ότι ο λόγος έχει και μαθηματική αντικειμενικότητα. Εξ αυτού συνεπάγεται ότι: ώσπου να βρεθεί ο «ακριβοδίκαιος ζυγός του Αριστοφάνη» η αντικειμενική κριτική θα παραμένει φάντασμα.

4.3.2 Κριτήρια

Την οικολογική δόμηση την επηρεάζουν και παράμετροι όπως η χωροθέτηση ενός κτηρίου ο αερισμός του και γενικότερα η θέση του στο περιβάλλον. Σύμφωνα λοιπόν με αυτά που έχουν ειπωθεί η οικολογική συμπεριφορά ενός κτηρίου αξιολογείται λαμβάνοντας υπ όψιν:

- Το περιβάλλον του
- Τη χρήση υλικών που παράγονται κοντά στον τόπο κατασκευής
- Το σχεδιασμό της κατασκευής η οποία πρέπει να εξυπηρετεί τις ανάγκες των χρηστών (να μην είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη)
- Την οικονομική βιωσιμότητα ης κατασκευής.
- Τη σωστή χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας

Όσον αφορά στα υλικά, τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη καθορίζονται μέσα από την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής ενός υλικού (Life Circle Analysis). Τα κυριότερα κριτήρια για την αξιολόγηση ενός οικολογικού υλικού είναι :

- Επιρροή του υλικού στο περιβάλλον εξαιτίας εξόρυξης-συλλογής
- Σχέση μεταξύ της επιρροής εξόρυξης-συλλογής με την παραγωγή του υλικού.
- Σχέση μεταξύ του μεγέθους των πόρων που χρησιμοποιούνται (εξόρυξη-συλλογή) με την ικανότητα ανανέωσής τους.
- Η μόλυνση του περιβάλλοντος σε σχέση με την παραγωγή και την κατασκευή
- Η ενσωματωμένη ενέργεια του υλικού
 - Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του υλικού
 - Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά στην κατασκευή
 - Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κατασκευή στην οικοδομή
- Η απώλειες του υλικού κατά τη συσκευασία-μεταφορά
- Η απαιτούμενη συντήρηση κατά τη διάρκεια ζωής ενός υλικού
- Το περιβαλλοντολογικό κόστος κατά τη διάρκεια ζωής-τοξικότητα
- Το περιβαλλοντολογικό κόστος κατά τη διάρκεια ζωής -λειτουργία του υλικού στην κατασκευή
- Ο χρόνος ζωής ενός υλικού.
- Οι επιπτώσεις κατά τη διάρκεια της πλήρους λύσεώς τους στο πέρας του κύκλου ζωής.
- Η ικανότητα ανακύκλωσης των υλικών.
- Η ικανότητα βιοδιάσπασης των υλικών.

Επειδή το θέμα των οικολογικών υλικών είναι ευρύ και απασχολεί ιδιαίτερα τη σύγχρονη κοινωνία, για τη συστηματικότερη αντιμετώπιση των παραμέτρων που πρέπει να εξεταστούν αναπτύσσεται σήμερα μια νέα επιστήμη η οποία ονομάζεται «Επιστήμη Ζωής-Χρόνου-Μηχανικού». Η επιστήμη αυτή αναλύει τις σχέσεις των υλικών με βάση τον κύκλο ζωής τους αλλά και την ίδια την κατασκευή εν το σύνολό της με βάση τα στάδια του κύκλου ζωής της.

Τέλος αξίζει να παρατηρηθεί ότι το θέμα της οικολογικής δόμησης γενικά και ιδιαίτερα το θέμα των οικολογικών υλικών, σίγουρα δεν είναι λυμένο. Για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει ακόμα ένας αδιαμφισβήτητος και συγκεκριμένος αλγόριθμος που να το υποστηρίζει.

4.4 Εφαρμογή

Στην παρακάτω εφαρμογή θα γίνει παρουσίαση της πολυκριτηριακής ανάλυσης στα υλικά αλουμίνιο και ξύλο. Η εφαρμογή θα γίνει εκφράζοντας γενικές παραμέτρους της συμπεριφοράς των υλικών.

Στην ανάλυση εκτιμώνται ποιοτικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού (α_i) κατά τα στάδια του κύκλου ζωής του. Όπως αναφέρθηκε στη θεωρία, δεν μπορεί να οριστεί μονοσήμαντα και ποσοτικά η οικολογική συμπεριφορά ενός υλικού, παρά μόνο ποιοτικά. Για τον λόγο αυτό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού εκφράζονται σε μία κλίμακα από -2 έως +2. Όπου για την τιμή -2 έχουμε μεγάλο περιβαλλοντολογικό κόστος ενώ για την τιμή +2 δεν υπάρχει περιβαλλοντολογικό κόστος.

Η κλίμακα είναι μικρού εύρους. Τέτοιου τύπου κλίμακες είναι περισσότερο κατάλληλες για να ποσοτικοποιήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυξάνοντας το εύρος της κλίμακας, αυξάνουν και τα σφάλματα εκτίμησης των παραμέτρων.

Έμφαση δίδεται στο συντελεστή βαρύτητας των στοιχείων (β_i). Ο συντελεστής βαρύτητας κυμαίνεται από 1 έως 5 και εκτιμάται σύμφωνα με το βάρος των παραμέτρων.

Η συνάρτηση χρησιμότητας των στοιχείων έχει στόχο να προκύψει ένα εύχρηστο νούμερο που να εκφράζει ποιοτικά την οικολογική συμπεριφορά ενός υλικού.

Η συνάρτηση χρησιμότητας εκφράζεται από την σχέση: $Y \approx \sum [\beta_i * (\Sigma \alpha_i)]$

και είναι το άθροισμα των γινομένων [συντελεστής βαρύτητας x (άθροισμα αξιολόγησης των επιπτώσεων κάθε περιβαλλοντικής επίπτωσης)]

Αποτελέσματα συνάρτησης χρησιμότητας

$Y_\alpha = -59$ (για το αλουμίνιο)

$Y_\xi = -4$ (για το ξύλο)

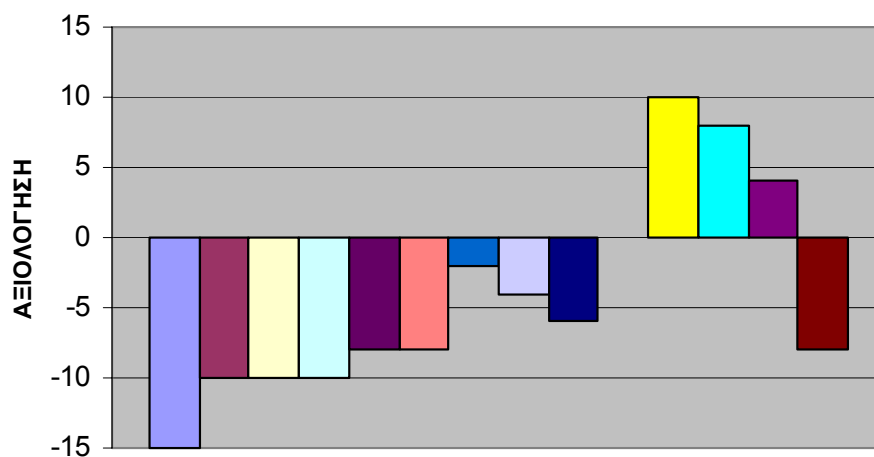
Το αποτέλεσμα της συνάρτησης χρησιμότητας που διατυπώθηκε εκφράζει ότι το ξύλο έχει καλύτερη οικολογική συμπεριφορά έναντι του αλουμινίου. Η αρνητική τιμή εκφράζει το ότι δύσκολα βρίσκονται ιδεατά οικολογικά υλικά

Η αριθμητική ανάλυση και οι γραφικές εκφράσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κάθε υλικού, ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής του, παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες και Εικόνες.

ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

		Στάδια Κύκλου Ζωής					
Συντ. βαρύτ. β_i	Επιπτώσεις (θετικές για το περιβάλλον +2) (αρνητικές για το περιβάλλον -2)	Εξόρυξη πρώτων υλών (α 1)	Παραγωγή (α 2)	Διανομή (α 3)	Χρήση (α 4)	Διάθεση (α 5)	$\beta_i * (\Sigma \alpha_i)$
5	Απόβλητα	-1				-2	-15
5	Ρύπανση εδάφους	-2					-10
5	Ρύπανση νερού	-2					-10
5	Ρύπανση αέρα	-2					-10
4	Κατανάλωση ενέργειας		-2				-8
4	Κατανάλωση φυσικών πόρων - οικοσυστήματα	-2					-8
2	Ενσωμάτωση άλλων υλικών μέσα στο παραγόμενο υλικό		-1				-2
2	Σχέση μεταξύ της επιρροής της εξόρυξης-συλλογής στο περιβάλλον σε σχέση με την παραγωγή του υλικού		-2				-4
3	Σχέση μεταξύ του μεγέθους των πόρων που χρησιμοποιούνται (εξόρυξη-συλλογή) με την ικανότητα ανανέωσής τους.	-2					-6
1	Απώλειες του υλικού κατά την συσκευασία-μεταφορά						0
2	Απαιτούμενη συντήρηση κατά την διάρκεια ζωής ενός υλικού				5		10
4	Χρόνος ζωής ενός υλικού.				2		8
2	Ικανότητα ανακύκλωσης.					2	4
4	Ικανότητα βιοδιάσπασης					-2	-8
Αποτέλεσμα της συνάρτησης χρησιμότητας							-59

Πίνακας 4.2: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του αλουμινίου



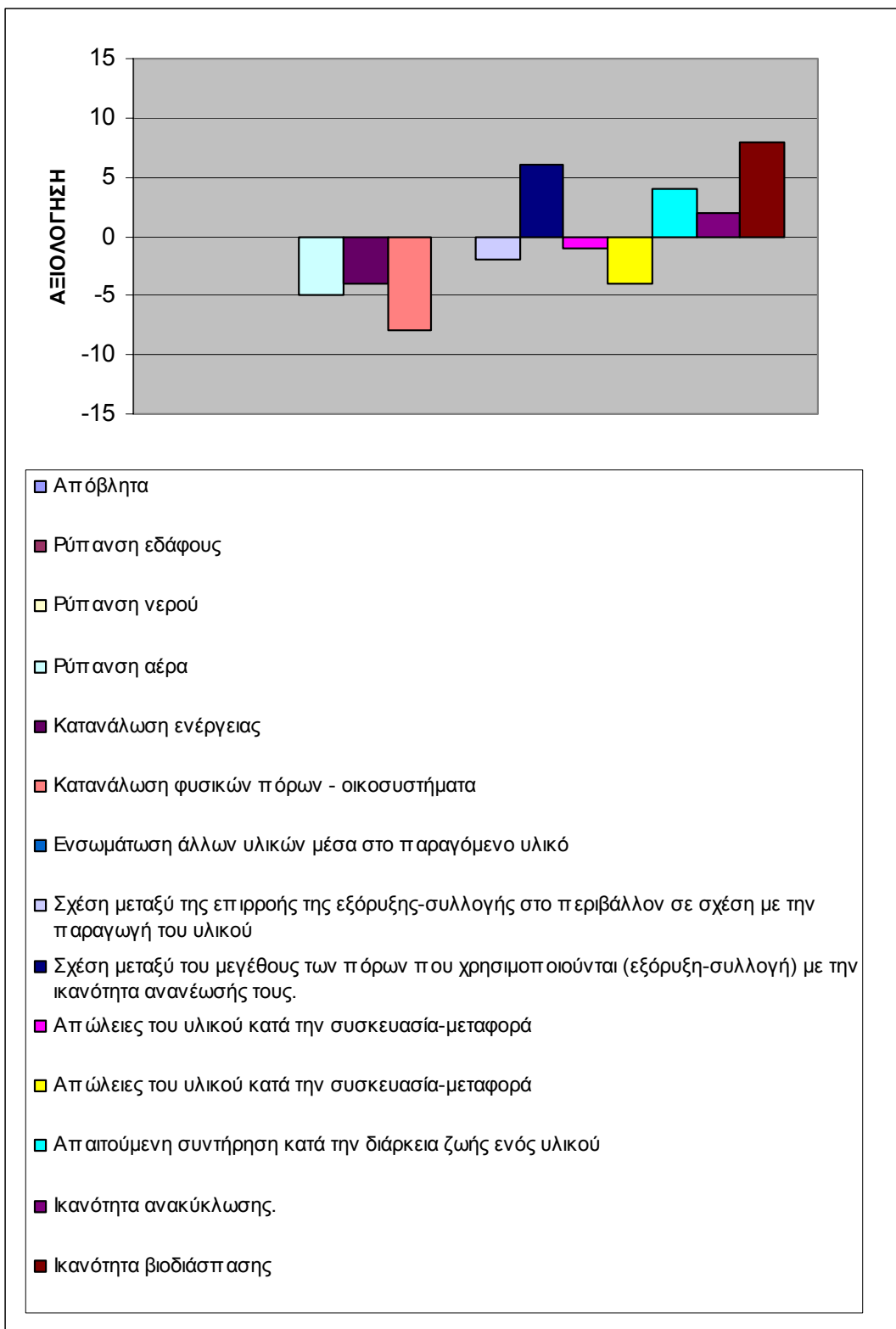
- Απόβλητα
- Ρύπανση εδάφους
- Ρύπανση νερού
- Ρύπανση αέρα
- Κατανάλωση ενέργειας
- Κατανάλωση φυσικών πόρων - οικοσυστήματα
- Ενσωμάτωση άλλων υλικών μέσα στο παραγόμενο υλικό
- Σχέση μεταξύ της επιρροής της εξόρυξης-συλλογής στο περιβάλλον σε σχέση με την παραγωγή του υλικού
- Σχέση μεταξύ του μεγέθους των πόρων που χρησιμοποιούνται (εξόρυξη-συλλογή) με την ικανότητα ανανέωσής τους.
- Απώλειες του υλικού κατά την συσκευασία-μεταφορά
- Απώλειες του υλικού κατά την συσκευασία-μεταφορά
- Απαιτούμενη συντήρηση κατά την διάρκεια ζωής ενός υλικού
- Ικανότητα ανακύκλωσης.
- Ικανότητα βιοδιάσπασης

Εικόνα 4.1: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του αλουμινίου

ΞΥΛΟ

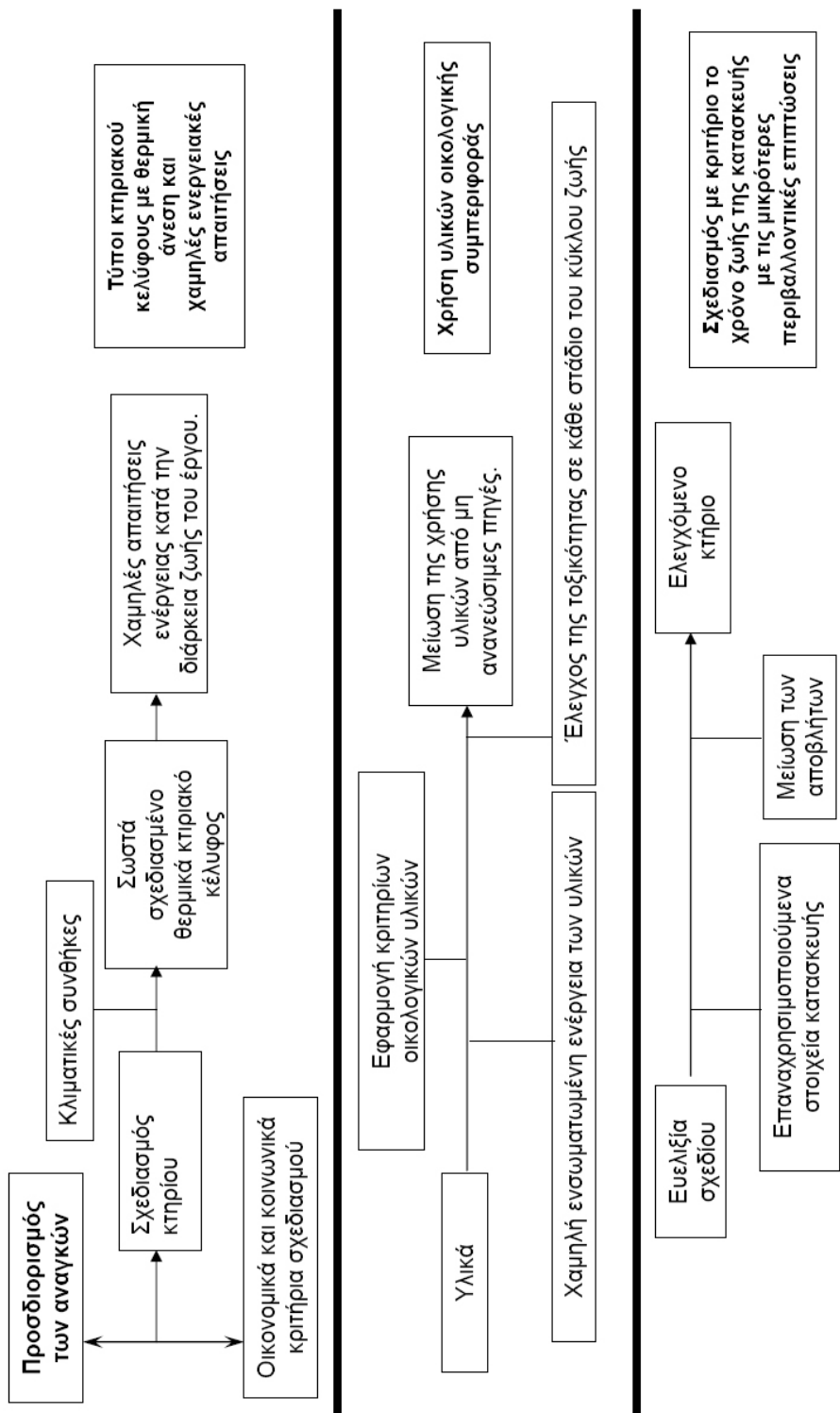
		Στάδια Κύκλου Ζωής					
Συντ. βαρύτ. β_i	Επιπτώσεις (θετικές για το περιβάλλον +2) (αρνητικές για το περιβάλλον -2)	Εξόρυξη πρώτων υλών (α 1)	Παραγωγή (α 2)	Διανομή (α 3)	Χρήση (α 4)	Διάθεση (α 5)	$\beta_i * (\Sigma \alpha_i)$
5	Απόβλητα						0
5	Ρύπανση εδάφους						0
5	Ρύπανση νερού						0
5	Ρύπανση αέρα	-1					-5
4	Κατανάλωση ενέργειας		-1				-4
4	Κατανάλωση φυσικών πόρων - οικοσυστήματα	-2					-8
2	Ενσωμάτωση άλλων υλικών μέσα στο παραγόμενο υλικό						0
2	Σχέση μεταξύ της επιρροής της εξόρυξης-συλλογής στο περιβάλλον σε σχέση με την παραγωγή του υλικού		-1				-2
3	Σχέση μεταξύ του μεγέθους των πόρων που χρησιμοποιούνται (εξόρυξη-συλλογή) με την ικανότητα ανανέωσής τους.	2					6
1	Απώλειες του υλικού κατά την συσκευασία-μεταφορά		-1				-1
2	Απαιτούμενη συντήρηση κατά την διάρκεια ζωής ενός υλικού				-2		-4
4	Χρόνος ζωής ενός υλικού.				1		4
2	Ικανότητα ανακύκλωσης.					1	2
4	Ικανότητα βιοδιάσπασης					2	8
Αποτέλεσμα της συνάρτησης χρησιμότητας							-4

Πίνακας 4.3: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του ξύλου



Εικόνα 4.2: Αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς του ξύλου

5 Παράρτημα



6 Βιβλιογραφία

- ALPHA BANK, Οικονομικό δελτίο, Σεπτέμβριος 2003, Αθήνα.
- Barnett D. L. and Browning W. D. A Primer on Sustainable Building, Rocky Mountain Institute 1996.
- Beardsley, M. C., Aesthetics from classical Greece to the present: A short history, εκδ. The Macmillan Company, New York 1976.
- Booth N.K., Basic Elements of Landscape, Architectural Design, Waveland Press. USA 1990.
- Canter D., Περιβαλλοντική Ψυχολογία, University Studio Press, Θεσ/νίκη 1988.
- Cutter Information Corp Energy Products Directory: The Sourcebook for Commercial Buildings, Cutter Information Corp. 1996.
- Environmental Building News, Vol 9., February 2001.
- Gage M., Hard Landscape in Concrete, The Architectural Press, London 1977.
- Harvey M. Rubenstein A Guide to Site Planning and Landscape Construction, John Wiley & Sons 1996.
- Hydro B. C., Design Smart: Energy Efficient Design Strategies, Iris Communications (www.oikos.com) 1995.
- Laurine M., An Introduction to Landscape Architecture, Prentice Hall, NJ 1986.
- Lawson B., Building Materials Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development, Royal Australian Institute of Architects 1996.
- Lotka, A. J., Elements of physical biology, Baltimore Williams & Wilkins Co., 1925.
- Lyle J. T., Design for Human Ecosystems: Landscape, Land Use and Natural Resources, Island Press 1999.
- McHarg I., Design With Nature, John Wiley & Sons, 1995.
- Muir R., Approaches to Landscape, Macmillan Press LTD, London 1999.
- Nobel J.B., Wright T.R., Environmental science, Upper Saddle River, N.J., 1981.
- Sustainable Building Technical Manual, Green Building Design, Construction and Operations, Public Technology Inc. 1996.
- Wilson A. and Morrill J., Consumer Guide to Energy Savings, American Council for an Energy-Efficient Economy 1998.
- Wolley T., Kimmins S., Green Building Handbook, E & F N Spon, 1999.
- Zougra A., Life Cycle analysis of buildings, the aspects of embodied energy, indoor environment quality and environmental impacts, University College Dublin, Dublin 2000.

Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων ΕΕ L 258Α/16.10.93, Παράρτημα της Οδηγίας της Επιτροπής 93/72/ΕΟΚ.

Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων ΕΕ L 383Α/29.12.1992, Παράρτημα της Οδηγίας της Επιτροπής 92/69/ΕΟΚ.

Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων τεύχος L 381 της 31.12.1994 (τόμοι Ι και ΙΙ): Παράρτημα Ι και Παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας της Επιτροπής 94/69/ΕΚ.

Καστοριάδης Κ., Ανθρωπολογία Πολιτική Φιλοσοφία, Ύψιλον/ βιβλία, Αθήνα 2001.

Ξανθόπουλος Θ., Κουτσογιάννης Δ., Κλιματική Επιδείνωση: Αντικειμενικές αδυναμίες αξιοποίησης πρόβλεψης, ΤΕΕ τεύχος 2206, Αθήνα 2002.

Οδηγία 75/324/ΕΟΚ.

Οδηγία 93/21/ΕΟΚ.

Οικολογική Δόμηση, συντ. Η. Ευθυμιόπουλος, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα 2000.

Παπαδόπουλος Α.Μ., Μπούρας Α. Δ., «Οικονομικά κτήρια»: Ανάλυση κύκλου ζωής και ενεργειακό ισοζύγιο, www.ktirio.gr

Τρικαλινός Χ., Μοριακή Φυσική, Θερμοδυναμική, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 1996.

Χατζημπίρος Κ., Ανδρεαδάκης Α., Οικολογία για Μηχανικούς, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Αθήνα 2000.

Χατζημπίρος Κ., κ.α., Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Γ' έκδοση, ΕΜΠ, 2000.