



Programme Title

**Sustainable Construction in Public and Private Works through IPP  
approach**

Acronym

**SUSCON**

Project No

**LIFE05 ENV/GR/000235**

# Report

## **Ecodesign criteria study**

Leading Partner: NTUA

29 March 2007

3rd Edition

### **Versioning and contribution history**

<b>Version</b>	<b>Description</b>	<b>Comments</b>
3	Ecodesign criteria study	3rd Edition

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	2
Χωροθέτηση και Σχεδιασμός της τοποθεσίας.....	13
Ενεργειακή Αποδοτικότητα.....	17
Προσανατολισμός του κτιρίου και σχεδιασμός της τοποθεσίας.....	17
Προσανατολισμός του κτιρίου.....	17
Σχεδιασμός της τοποθεσίας.....	18
Σχεδιασμός για χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	19
Κτιριακό – Θερμικό Κέλυφος.....	21
Θεμέλια.....	27
Μόνωση κάτω από την πλάκα της βάσης του κτιρίου.....	27
Μόνωση των θεμελίων με τη χρήση μόνιμων μονωτικών καλουπιών.....	28
Μόνωση των τοίχων του υπογείου με άκαμπτο μονωτικό υλικό.....	28
Φωτισμός.....	29
Φυσικός φωτισμός.....	29
Τεχνητός φωτισμός.....	31
Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού.....	36
Θέρμανση νερού.....	47
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	50
Ποιότητα Εσωτερικού αέρα.....	56
Έλεγχος υγρασίας.....	68
Θερμική, οπτική και ακουστική άνεση.....	69
Επάρκεια των φυσικών διαθεσίμων.....	74
Προστασία των υδατικών διαθεσίμων.....	90
References.....	99



## Εισαγωγή

Ανάμεσα στις βασικές ανάγκες του ανθρώπου είναι και η δημιουργία στέγης. Η ανάγκη αυτή προέκυψε με την εξέλιξη του ανθρώπου ώστε να προστατευτεί από τα στοιχεία της φύσης. Εντούτοις, τα κτίρια στα οποία ζουν οι άνθρωποι, εργάζονται και ψυχαγωγούνται, επιδρούν σήμερα αρνητικά με αναρίθμητους τρόπους στην υγεία των ενοίκων τους αλλά και συνολικά στο περιβάλλον. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η λειτουργία, η συντήρηση και η τελική κατεδάφιση των κτιρίων καταναλώνει τεράστια ποσά ενέργειας, νερού και πρώτων υλών, παράγει μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, ρυπαίνει και μολύνει τα υδατικά διαθέσιμα αλλά και τον εσωτερικό και εξωτερικό αέρα των κτιρίων, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα (US EPA). Ο οικολογικός σχεδιασμός των κτιρίων, ή πράσινος ή βιώσιμος ή ακόμα και περιβαλλοντικός, αποτελούν έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, οι οποίες αναπτύχθηκαν για να μετριάσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Στόχος του σχεδιασμού αυτού δεν είναι άλλος από την αποδοτικότερη αξιοποίηση της γης και τη μείωση των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον, την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αποδοτικότερη αξιοποίηση της, την ελάττωση της χρήσης των μη ανανεώσιμων φυσικών διαθεσίμων, την προστασία των διαρκώς ελαττούμενων διαθεσίμων φρέσκου νερού και την εξάλειψη των κινδύνων που απειλούν την ανθρώπινη υγεία εντός των κτιρίων. Η εφαρμογή των καλύτερων δυνατών επιλογών στην χωροθέτηση, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την κατεδάφιση ενός κτιρίου, δηλαδή σε όλο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ελάττωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από τον κατασκευαστικό τομέα τόσο τοπικά όσο και σε παγκόσμια κλίμακα.

Η συμβατική διαδικασία για ένα κατασκευαστικό σχέδιο περιλαμβάνει την αρχική σύλληψη προγράμματος, που ακολουθείται από το σχεδιασμό, την κατασκευή, και την κατοίκηση. Μια διαδικασία σχεδιασμού, η οποία απαντά και στα περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούν την κατασκευή, προσθέτει τα στοιχεία του ολοκληρωμένου σχεδίου οικοδόμησης, του σχεδιασμού και της συνεργασίας των ομάδων κατασκευής, και της ανάπτυξης οδηγιών περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Αυτά τα νέα στοιχεία

Eco_Criteria_analysis_final			Page 2 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



πρέπει να ενσωματωθούν στο πρόγραμμα από την αρχή και να πάρουν μέρος σε όλες τις φάσεις του προγράμματος έως την τελική κατοίκηση του κτηρίου.

Τα συμβατικά κτήρια συχνά αποτυγχάνουν να λάβουν υπόψη τους την αλληλεξάρτηση ανάμεσα στην χωροθέτηση της οικοδομής, τους περιορισμούς όσον αφορά την ενέργεια και τα φυσικά διαθέσιμα, και την κτιριακή λειτουργία. Τα οικολογικά κτήρια, μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης σχεδιασμού, λαμβάνουν υπόψη την αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών. Το κλίμα και ο προσανατολισμός της οικοδομής, παράγοντες σχεδιασμού όπως οι δυνατότητες φυσικού φωτισμού (daylighting), το κτιριακό κέλυφος, καθώς επίσης οι δραστηριότητες των ενοίκων, είναι όλοι οι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση (*Sustainable Building Technical Manual*).

Μια διεπιστημονική ομάδα σχεδιασμού και κατασκευής μπορεί να αναπτύξει ένα πρακτικό και λειτουργικό σχέδιο ενός κτιρίου ώστε να πληροί τους περιβαλλοντικούς αλλά και τους οικονομικούς στόχους, ενός τέτοιου σχεδιασμού. Η διεπιστημονική προσέγγιση επιτρέπει σε όλα τα συμβαλλόμενα μέρη, τοπογράφους, αρχιτέκτονες, μηχανικούς, εργολάβους, σχεδιαστές εσωτερικών χώρων, σχεδιαστές φωτισμού, ιδιοκτήτες, οικοδόμοι κλπ, να αλληλεπιδράσουν και να μοιραστούν τις εξειδικευμένες γνώσεις τους και να συντονίσουν τις προσπάθειες σχεδιασμού τους ώστε να επιτύχουν το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου, λειτουργικού κτιρίου.

Οι προϋποθέσεις ώστε ένα κτίριο να αξιολογείται ως οικολογικό ή πράσινο ή γενικότερα βιώσιμο περιλαμβάνουν διάφορους παράγοντες, οι οποίοι ανάλογα με τις τοπικές ιδιαιτερότητες να διαφέρουν. Τις πλείστες των περιπτώσεων όμως, θα πρέπει να ισχύουν κάποιες τυπικές προϋποθέσεις. Η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων ποικίλει ανάλογα με τον μελετητή και οι κατηγορίες αλληλοεξαρτώνται και αλληλεπικαλύπτονται ωστόσο αυτό είναι φυσιολογικό και πρακτικά αδύνατο να αποφευχθεί όταν ο στόχος είναι ένας ολοκληρωμένος κτιριακός σχεδιασμός. Γενικότερα οι προϋποθέσεις αυτές ή ομάδες κριτηρίων περιλαμβάνουν τη χωροθέτηση της κατασκευής και το σχεδιασμό της τοποθεσίας (**Siting – Site Design**), την ενεργειακή επάρκεια – αποδοτικότητα του κτιρίου (**Energy Efficiency**), την

Eco_Criteria_analysis_final			Page 3 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



υγιεινή και ασφάλεια των εσωτερικών χώρων (**Health and Indoor Environmental Quality**), την επάρκεια/αποδοτικότητα των φυσικών διαθεσίμων και των υλικών κατασκευής (**Resource – Materials efficiency**) και τέλος την συντήρηση των υδατικών διαθεσίμων (**Water Conservation**).

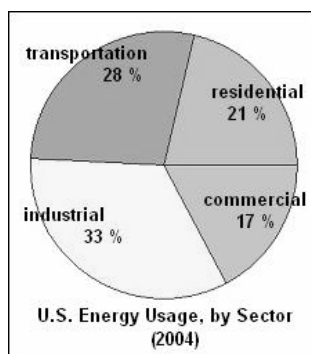
Η χωροθέτηση και ο σχεδιασμός της τοποθεσίας μιας κατασκευής αποτελούν το πρώτο στάδιο του κύκλου ζωής ενός κτιρίου. Οι συχνά καταστροφικές επιπτώσεις στα τοπικά οικοσυστήματα από τις κατασκευαστικές εργασίες διαμηνύουν την αναγκαιότητα ολοκληρωμένης μελέτης των τοπικών τοπογραφικών και υδρολογικών συνθηκών, προτού επιλεγεί και σχεδιαστεί η τοποθεσία κατασκευής. Η χρήση γης αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατασκευαστικής βιομηχανίας και γι' αυτό συνίσταται η χρήση, εάν αυτό είναι εφικτό, χώρων οι οποίοι είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν και έχουν εγκαταλειφθεί (*brown field development*). Η χρήση τέτοιων χώρων ελαττώνει και το βαθμό διατάραξης του φυσικού περιβάλλοντος αφού είναι ήδη διαταραγμένοι οι χώροι αυτοί. Σε κάθε περίπτωση, και ιδιαίτερα σε περίπτωση ανέγερσης μιας κατασκευής σε περιοχές που αποτελούν γεωργικές εκτάσεις ή φυσικά οικοσυστήματα, οι κατασκευαστικές εργασίες θα πρέπει να διαταράσσουν την τοπική βλάστηση στο μικρότερο δυνατό βαθμό. Η χωροθέτηση μιας κατασκευής χωρίς την προηγούμενη μελέτη των υδρολογικών συνθηκών της περιοχής μπορεί να επιβάλει εμπόδια στις φυσικές διαδρομές των επιφανειακών απορροών, προκαλώντας προβλήματα τόσο στο ίδιο το κτίριο όσο και στην ποιότητα των υδάτων. Επιπλέον, οι κατασκευές, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως αποτελούν ένα μωσαϊκό από διαπερατές και μη επιφάνειες. Όσο η έκταση των μη διαπερατών επιφανειών αυξάνει τόσο αυξάνεται το μέγεθος των επιφανειακών απορροών δημιουργώντας προβλήματα διάβρωσης του εδάφους και φαινόμενα πλημμύρων. Είναι άρα αναγκαία η επιστροφή των περιβάλλοντων χώρων του κτιρίου με όσο το δυνατό περισσότερες διαπερατές επιφάνειες, κάτι που μπορεί να συμβάλει και στην ανατροφοδότηση του υπόγειου υδροφόρου. Είναι σημαντικό, η επιλογή του χώρου πραγματοποίησης του σχεδίου οικοδομής αλλά και ο σχεδιασμός της να διασφαλίζουν στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη δυνατότητα πρόσβασης σε μέσα μαζικής μεταφοράς. Αυτό βέβαια εξαρτάται και από τις υπάρχουσες υποδομές της τοπικής κοινότητας. Η δυνατότητα αυτή και επομένως η μη χρήση, κατά το δυνατόν, των αυτοκινήτων δύναται να συμβάλει στη μείωση του

Eco_Criteria_analysis_final			Page 4 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07

κυκλοφοριακού προβλήματος, στη μείωση της μόλυνσης του αέρα και κατ' επέκταση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μια καλομελετημένη χωροθέτηση της οικοδομής μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα εναλλακτικών μέσων μετακίνησης με θετικά αποτελέσματα τόσο στη μικροκλίμακα της τοπικής κοινότητας όσο και στην μακροκλίμακα του παγκόσμιου περιβάλλοντος. Τέλος, μια κτιριακή κατασκευή θα πρέπει να μην αλλοιώνει τον πολιτισμικό χαρακτήρα μιας τοπικής κοινότητας. Ο εξωτερικός του σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική θα πρέπει στο βαθμό που είναι αυτό δυνατό να συνάδει με το πολιτιστικό τοπίο και ύφος του χώρου στον οποίο βρίσκεται. Αυτό βέβαια μπορεί να ισχύσει περισσότερο σε ημιαστικές και ορεινές περιοχές παρά σε αστικές.

Ο τύπος και η ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά ποικίλει από χώρα σε χώρα ανάλογα με το επίπεδο του εισοδήματος, τα φυσικά διαθέσιμα και τις διαθέσιμες υποδομές για παροχή και παραγωγή ενέργειας. Στις ΗΠΑ για παράδειγμα, ο οικιακός τομέας καταναλώνει γύρω στο 21% (38% μαζί με τον εμπορικό τομέα) της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας, σύμφωνα με στοιχεία του 2004, ενώ το ποσοστό αυτό ήταν στο 42% για στην ΕΕ για το έτος 1999.

#### Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα



Πηγή : U.S. Energy Information Administration



Πηγή : UNEP Industry and Environment, Sustainable building and construction: facts and figures, 2003

Την μερίδα του λέοντος στην κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες κατέχει η θέρμανση και ψύξη του χώρου. Ενδεικτικά, στις ΗΠΑ σύμφωνα με στοιχεία του Τμήματος Ενέργειας, ο κλιματισμός καταναλώνει το 44% της συνολικής ενέργειας, η θέρμανση νερού το 13%, ο φωτισμός το 12%, η ψύξη το 8% κλπ. Τα ποσοστά αυτά



είναι βέβαια μέσες τιμές και προφανώς δεν είναι τα ίδια παντού αφού είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες αλλά και τις διαθέσιμες τεχνικές και τεχνολογίες (US Dept. of Energy, "Buildings Energy Data Book" (August 2005), sec. 1.2.3). Προς απόδειξη αυτού, παράδειγμα αποτελεί η Μεγάλη Βρετανία, όπου το ποσοστό για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων ανέρχεται στο 60%, για τη θέρμανση νερού στο 25% κλπ. (UK Department of Trade & Industry).

Εκτός από την κατανάλωση ενέργειας, αρκετά μεγάλο είναι και το ποσοστό συμμετοχής των κατοικιών στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 21 % των συνολικών εκπομπών διοξειδίου, από δραστηριότητες που σχετίζονται με την ενέργεια, στις ΗΠΑ κατά το έτος 2005 (Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2005, EIA). Στη Μεγάλη Βρετανία οι κατοικίες είναι υπεύθυνες για το 30% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σύμφωνα με στοιχεία της Επιτροπής Περιβάλλοντος του Βρετανικού Κοινοβουλίου για το έτος 2004 (United Kingdom Parliament - Environmental Audit Committee - Housing Construction- <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200405/cmselect/cmenvaud/135/13507.htm#a23>). Το έτος 2002, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, από τον οικιστικό τομέα και τις υπηρεσίες αντιπροσωπεύουν το 14% περίπου των συνολικών εκπομπών παγκοσμίως, ενώ το ποσοστό αυτό για τις χώρες που ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD) ανέρχεται στο 37%, όπως προκύπτει από στοιχεία της παγκόσμιας ενεργειακής επισκόπησης του 2004 (World Energy Outlook 2004).

*Εκπομπές CO<sub>2</sub> από δραστηριότητες που σχετίζονται με την ενέργεια (εκ. τόνοι)*

	OECD		Transition economies		Developing countries		World	
	2002	2030	2002	2030	2002	2030	2002	2030
Power sector	4 793	6 191	1 270	1 639	3 354	8 941	9 417	16 771
Industry	1 723	1 949	400	618	1 954	3 000	4 076	5 567
Transport	3 384	4 856	285	531	1 245	3 353	4 914	8 739
Residential and services	1 801	1 950	378	538	1 068	1 930	3 248	4 417
Other*	745	888	111	176	605	1 142	1 924	2 720
<b>Total</b>	<b>12 446</b>	<b>15 833</b>	<b>2 444</b>	<b>3 501</b>	<b>8 226</b>	<b>18 365</b>	<b>23 579</b>	<b>38 214</b>

Πηγή : World Energy Outlook 2004



Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι επομένως η σημαντικότερη ίσως πτυχή, τόσο περιβαλλοντικά αλλά όσο και οικονομικά, η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την κατασκευή και χρήση μιας κατοικίας. Πέραν από το γεγονός ότι η παραγωγή και χρήση ενέργειας συμβάλλει στην μόλυνση του αέρα και στην μεταβολή των παγκόσμιων κλιματικών δεδομένων, επιπλέον τα ενεργειακά κόστη αποτελούν μια από τις σημαντικότερες δαπάνες των νοικοκυριών, κυρίως αυτών χαμηλού εισοδήματος. Η ορθολογική επομένως χρήση της ενέργειας όχι μόνο βελτιώνει το περιβάλλον αλλά μπορεί να συμβάλει και στην μεγαλύτερη οικονομική ευρωστία των ιδιοκτητών ή των ενοίκων. Σε εθνικό και όχι μόνο επίπεδο, η ενεργειακή αποδοτικότητα και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν τις καλύτερες ίσως πρακτικές για την ενεργειακή αυτάρκεια και απεξάρτηση από ξένες ενεργειακές πηγές σε ασταθή σημεία του πλανήτη καθώς και για την μείωση των επιπτώσεων στην ποιότητα του αέρα (*City of Los Angeles Environmental Affairs Department*).

Στα κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης, ο σχεδιασμός για την ενεργειακή τους αποδοτικότητα ξεκινά με μια μεθοδολογική μείωση των φορτίων θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, αυτών δηλαδή που επιβάλλονται από τις κλιματικές συνθήκες και αυτών που παράγονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τον εξοπλισμό, μέσω της εκμετάλλευσης των φυσικών δυνατοτήτων του κτιρίου και του μικροκλίματος. Με όλα τα φορτία να έχουν ελαχιστοποιηθεί, τα μηχανικά συστήματα επιλέγονται με βάση τη μέγιστη απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί με τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμων. Η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, ορίζεται ως η αριστοποίηση της απόδοσης κάθε μέρους και συστήματος του κτιρίου, τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό με τα άλλα συστήματα τα οποία είναι ενεργοβόρα, όπως ο κλιματισμός, ο φωτισμός, το ζεστό νερό κλπ. Ο ολοκληρωμένος αυτός σχεδιασμός μπορεί να συνδυαστεί και με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, συμβάλλουν στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (*New York City Department of Design and Construction*).





Η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτιρίου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε όλα τα στάδια του σχεδιασμού. Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι ένας από τους ουσιαστικότερους παράγοντες στην ενεργειακή αποδοτικότητα του, ώστε να έχει τη δυνατότητα για μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και για σκοπούς θέρμανσης αλλά και φωτισμού. Επιπλέον, σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό του κτιρίου, είναι και ο σχεδιασμός των εσωτερικών του χώρων οι οποίοι θα πρέπει να ευνοούν την αξιοποίηση μη συμβατικών τεχνικών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Η καλή μόνωση του κτιρίου καθώς και η χρήση τεχνικών φυσικού εξαερισμού μπορούν να μειώσουν σημαντικά το φορτίο των μηχανικών συστημάτων κλιματισμού και θέρμανσης, μειώνοντας έτσι τις απαιτήσεις σε συμβατικά καύσιμα.

Πέραν από την ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτιρίου, εξίσου σημαντική είναι η υγιεινή, η ασφάλεια και η ποιότητα των εσωτερικών χώρων. Η αμερικάνικη υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος αναφέρει ότι ο αέρας στα καινούρια κτίρια μπορεί να είναι μέχρι και δέκα φορές πιο μολυσμένος σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο. Ως αποτέλεσμα, έως και το 15% των αμερικανών μπορεί να είναι αλλεργικοί στο ίδιο τους το σπίτι, και σίγουρα αυτό δεν ισχύει μόνο για τους αμερικανούς. Σύμφωνα επίσης με το *New England Journal of Medicine*, το 40% των παιδιών που γεννιούνται σήμερα θα αναπτύξουν ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, εν μέρει λόγω των χημικών στα σπίτια τους. Αποτελεί μια αθόρυβη κρίση, για την οποία μόλις πρόσφατα έχει λάβει γνώση το ευρύ κοινό. Πολλά προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ενοίκων. Για παράδειγμα, προϊόντα όπως ερμάρια, ράφια και έπιπλα γενικότερα φτιάχνονται από μοριοσανίδες οι οποίες συγκολλούνται μεταξύ τους με κόλλες, που έχουν ως βάση τους την φορμαλδεΐδη. Η φορμαλδεΐδη, ύποπτη για καρκινογενέσεις, απελευθερώνεται στο σπίτι για χρόνια αφότου έχει εγκατασταθεί το εν λόγω περιέχον προϊόν. Τα χρώματα και τα βερνίκια επίσης περιέχουν χημικά τα οποία είναι επικίνδυνα για την υγεία. Η μυρωδιά του «καινούριου σπιτιού» είναι στην ουσία η μυρωδιά από τις αναδύμενες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και αποτελεί ένα σημάδι που μαρτυρεί την ύπαρξη επικίνδυνων χημικών στο εσωτερικό περιβάλλον. Τα VOCs ως γνωστό συμβάλουν



και στην δημιουργία του φαινομένου του αστικού νέφους, το οποίο παρατηρείται σε πάρα πολλές μεγαλουπόλεις.

Ο κατασκευαστικός τομέας έχει ανταποκριθεί σ' αυτά τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα και έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικά προϊόντα τα οποία μπορούν να ελαττώσουν τα συμβατικά προβλήματα τοξικότητας των εσωτερικών χώρων. Για παράδειγμα, κόλλες χωρίς διαλυτικές ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε όλο το σπίτι για τα πατώματα εξαλείφουν τον κίνδυνο από πολλές γνωστές και ύποπτες καρκινογόνες ουσίες, και επιπλέον κολλούν και καλύτερα. Επίσης, χρώματα, βερνίκια και καθαριστικά στα οποία έχει περιοριστεί η περιεκτικότητα σε πτητικά οργανικά ή ακόμα δεν περιέχουν καθόλου, είναι πλέον ευρέως διαθέσιμα. Τα προϊόντα αυτά είναι συγκρίσιμα σε κόστος με τα συμβατικά και συμβάλουν στη δημιουργία πιο υγιών χώρων στον τόπο διαβίωσης.

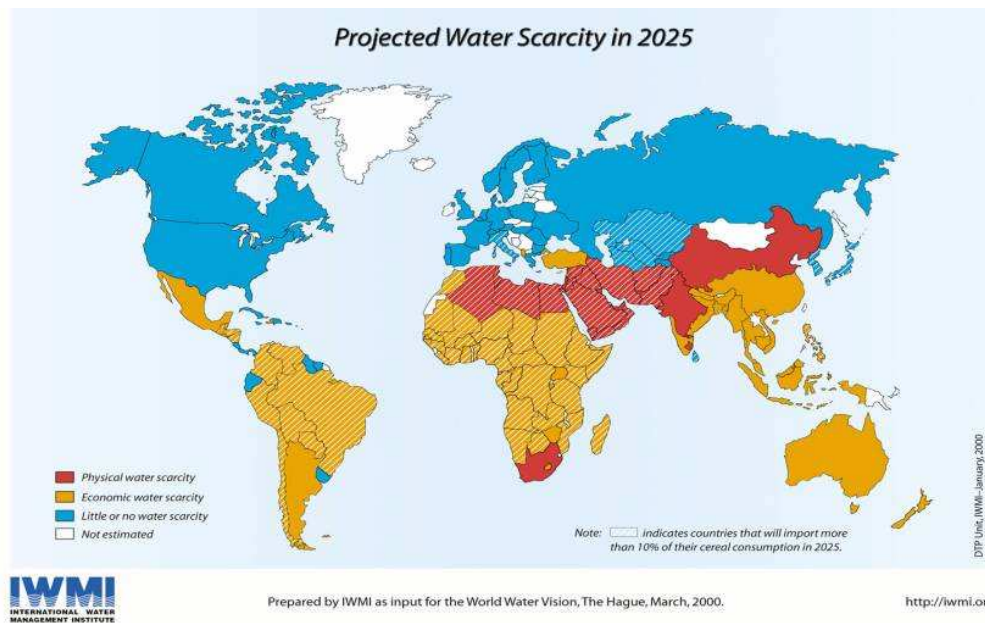
Οι ρυθμοί με τους οποίους καταναλώνονται τα φυσικά διαθέσιμα από τον κατασκευαστικό τομέα είναι εξαιρετικά υψηλοί. Τα δέντρα και το νερό είναι δύο φυσικά διαθέσιμα τα οποία βρίσκονται κάτω από διαρκή πίεση λόγω των συμβατικών κατασκευαστικών πρακτικών. Ένα παράδειγμα που μαρτυρεί την πίεση στην οποία υποβάλλεται η φύση και τα διαθέσιμα, είναι η μεταβολή του μέσου όρου διαμέτρου των δέντρων τα οποία υλοτομούνται από τα εθνικά δάση των ΗΠΑ, από 24 ίντσες σε 13 τα τελευταία 20 χρόνια. Ως αποτέλεσμα είναι η μείωση των δασών αυτών κατά 95%. Η προσέγγιση του οικολογικού σχεδιασμού στοχεύει στην μείωση των επιπτώσεων αυτών με την πιο αποδοτική χρήση των διαθέσιμων. Ένας τρόπος με τον οποίο η βιομηχανία υλοτομίας έχει προσπαθήσει να βελτιώσει την αποδοτικότητα της χρήσης ξυλείας ήταν να αναπτύξει καινοτόμα, βιομηχανικά προϊόντα τα οποία αξιοποιούν δέντρα από φάρμες ταχείας ανάπτυξης ως εναλλακτική και συμπληρωματική λύση για την προστασία των ήδη υπέρ-υλοτομημένων παλαιών δασών. Αυτά τα προϊόντα είναι δυνατότερα, πιο ίσια και ελαφριά (κάποια χρησιμοποιούν μόλις 50% ξύλινων ινών για να πετύχουν την ίδια δομική λειτουργία όπως η στερεή πριονισμένη ξυλεία). Οι φάρμες δέντρων ταχείας ανάπτυξης αποτελούν ένα παράδειγμα ενός φυσικού διαθέσιμου το οποίο μπορεί να ανανεώσει τον εαυτό του σε ένα χρονικό διάστημα μικρότερο της διάρκειας ζωής μας. Άλλη μια



καινοτόμα απάντηση στη μείωση των φυσικών διαθεσίμων είναι η χρήση οικοδομικών υλικών που περιέχουν ανακυκλωμένα υλικά, η οποία έχει προκύψει κυρίως από τη συσσώρευση ανακυκλωμένων υλικών αλλά και την μείωση των πρωτογενών διαθεσίμων. Τα οικοδομικά υλικά αποτελούν ίσως την ιδανική εφαρμογή για τους τόνους των ανακλωμένων απορριμμάτων που έχουν συσσωρευτεί. Η ανακύκλωση όχι μόνο εκτρέπει την απόρριψη των σκουπιδιών στους χώρους υγειονομικής ταφής αλλά επιπλέον τα υλικά που κατασκευάζονται από ανακυκλωμένα υλικά είναι και υψηλότερης ποιότητας και αντοχής από τα συμβατικά υλικά (City of Los Angeles Environmental Affairs Department).

Ο συνολικός όγκος νερού στον πλανήτη είναι περίπου  $1400 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  από τα οποία μόλις το **2,5%**, δηλαδή περίπου  $35 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ , είναι γλυκό νερό. Οι μεγαλύτερες ποσότητες γλυκού νερού υφίστανται υπό μορφή μόνιμου πάγου ή χιονιού, εγκλωβισμένες στην Ανταρκτική και την Γροιλανδία, ή σε υπόγειες υδροφόρες λεκάνες σε μεγάλο βάθος. Οι κύριες πηγές νερού για χρήση από τον άνθρωπο είναι οι λίμνες, τα ποτάμια, η υγρασία του εδάφους και οι σχετικά επιφανειακές υδροφόρες λεκάνες. Το ποσοστό του νερού από αυτές τις πηγές το οποίο είναι προσβάσιμο στον άνθρωπο και κατάλληλο για χρήση είναι περίπου  $200\,000 \text{ km}^3$ . Η ποσότητα αυτή αντιπροσωπεύει μόλις το **1%** της συνολικής ποσότητας γλυκού νερού και μόλις το **0,01%** του νερού που υπάρχει στη Γη (Global Environment Outlook 3).

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Διεθνούς Ινστιτούτου Διαχείρισης Νερού, το 2025 θα παρατηρηθεί έντονη ανεπάρκεια νερού κυρίως στις φτωχότερες χώρες του πλανήτη στο νότιο ημισφαίριο, σε αντίθεση με τον ανεπτυγμένο βορρά ο οποίος δεν θα αντιμετωπίσει σοβαρά προβλήματα λόγω καλύτερων υποδομών και ευνοϊκότερων συνθηκών πρόσβασης σε υδατικούς πόρους.



Ένα σημαντικό κομμάτι των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κατασκευαστικού τομέα είναι η κατασπατάληση και η μόλυνση των υδατικών πόρων. Κάθε οικοδομή βρίσκεται σε μια υδρολογική λεκάνη και οποιαδήποτε ανθρωπογενής δραστηριότητα πραγματοποιείται έχει επιπτώσεις στην κατάσταση του υπόγειου υδροφόρου. Ιζήματα από διαταραχές του εδάφους, διαρροές πετρελαίου και λιπάσματα μολύνουν τις επιφανειακές απορροές και τον υπόγειο υδροφόρο, οι εκτεταμένες επιφανειακές απορροές επιδεινώνουν τις πλημμύρες και τη διάβρωση του εδάφους, και η εκτροπή του βρόχινου νερού από τις φυσικές του διαδρομές έχει ως αποτέλεσμα να ξηραίνονται τα ρέματα και οι υγροβιότοποι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η προστασία της υδρολογικής λεκάνης θα πρέπει να αποτελεί παράμετρο τόσο κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της κατασκευής. Ο καθαρισμός του εδάφους με την κοπή δέντρων κλπ καθώς και η μετακίνηση χωμάτων αυξάνει το ρυθμό διάβρωσης κατά 40,000 φορές σε σχέση με τοποθεσίες οι οποίες δεν έχουν διαταραχθεί. Μετά την κατασκευή, κάθε κτιριακή κατασκευή είναι πρακτικά είναι μωσαϊκό από οροφές, επιστρωμένες επιφάνειες και διαπερατές εδαφικές επιφάνειες. Κάθε μη διαπερατή επιφάνεια εκτρέπει το νερό της βροχής από το φυσικό της μονοπάτι, όπως είναι οι πόροι του εδάφους, τα φυτά και ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, και το κατευθύνει σε επιφανειακά κανάλια. Τότε το νερό απορρέει υπό μορφή πλημμύρων, διαβρώνοντας το έδαφος στο πέρασμα του. Μαζί του το νερό αυτό συμπαρασύρει



λάδια από αυτοκίνητα, χώρους στάθμευσης, συνεργεία συντήρησης και αποθήκες, άλατα που ρίχνονται στους δρόμους για τη δημιουργία παγετού, μέταλλα από κατασκευές και βιομηχανικά υλικά, φυτοκτόνα, εντομοκτόνα και θρεπτικά από γεωργικές εκτάσεις. Οι ουσίες αυτές μπορούν να καταστρέψουν τους υδρόβιους οργανισμούς καθώς και να μολύνουν τα αποθέματα φρέσκου νερού. Σε μια προστατευμένη λεκάνη, το έδαφος απορροφά το νερό της βροχής και το καθιστά μέρος του οικοσυστήματος. Αυτό φιλτράρεται μέσα από το πορώδες έδαφος, ανατροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφόρο και αναδύεται καθαρό από τα ρέματα (*Sustainable Building Technical Manual*).

Πέραν από τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορούν να προκύψουν κατά την κατασκευή λόγω των παρεμβάσεων στο φυσικό τοπίο, η λειτουργία ενός κτιρίου απαιτεί τη χρήση σημαντικών ποσοτήτων νερού, για το οποίο με τις συμβατικές έως τώρα πρακτικές λειτουργίας δεν λαμβάνεται καμία πρόνοια προστασίας του ως φυσικό διαθέσιμο περιορισμένη διαθεσιμότητας. Ενδεικτικά, το 35% του νερού που καταναλώνεται στα σπίτια στο Ηνωμένο Βασίλειο οφείλεται στη χρήση της τουαλέτας και το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 43% για μη οικιακές κατοικίες, κάτι που θα μπορούσε να μειωθεί με καζανάκια χαμηλότερης ροής. Ένα σύστημα συλλογής νερού της βροχής στη Μ.Β. θα μπορούσε να συλλέγει έως και 100 περίπου λίτρα νερό την ημέρα κάτι το οποίο θα ήταν αρκετό για 10-16 χρήσεις της τουαλέτας. Μια τυπική μπανιέρα καταναλώνει περίπου 80 λίτρα νερό, ποσότητα η οποία είναι υπερδιπλάσια σε σχέση με τα 30 λίτρα που καταναλώνει ένα ντους (*Building-in sustainability*). Η μείωση της συνολικής χρήσης νερού με συσκευές και τεχνικές οι οποίες το επιτρέπουν όπως οι περιοριστές ροής στις βρύσες, τα πλυντήρια ρούχων οριζόντιου άξονα, τα πλυντήρια πιάτων υψηλής αποδοτικότητας και τα καζανάκια χαμηλής ροής που αναφέρθηκαν προηγουμένως μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην προστασία των αποθεμάτων νερού αλλά και στη μείωση του όγκου των απόνερων (greywater). Επιπλέον υπάρχουν τεχνικές για την επαναχρησιμοποίηση των νερών αυτών για μη πόσιμες χρήσεις.



## Χωροθέτηση και σχεδιασμός της τοποθεσίας

Οι κατασκευαστικές εργασίες έχουν συχνά καταστρεπτικές συνέπειες για την τοπική οικολογία. Οι επιφανειακές απορροές των νερών της βροχής από ανεπτυγμένες περιοχές, επιδρούν έντονα στους υδάτινους αποδέκτες υποβαθμίζοντας την ποιότητα τους, δυσχεραίνουν την ναυσιπλοΐα και την αναψυχή, και παράλληλα διαταράσσουν την υδρόβια ζωή. Η εκκαθάριση του χώρου κατασκευής από τη φυσική βλάστηση και οι μετακινήσεις χώματος κατά την κατασκευή έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σημαντικών προβλημάτων διάβρωσης του εδάφους ενώ οι δραστηριότητες του κατασκευαστικού τομέα, όχι σπάνια, καταχράζονται παραγωγικές αγροτικές εκτάσεις γης και ανεκμετάλλευτες περιοχές φυσικών οικοσυστημάτων.

Η επιλογή της τοποθεσίας ανέγερσης μιας κατασκευής είναι η σημαντικότερη παράμετρος στο σχεδιασμό της τοποθεσίας αφού επηρεάζει όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένης της πρόσβασης σε μέσα μεταφοράς, τις περιοχές φυσικών οικοσυστημάτων, τη διαχείριση των επιφανειακών απορροών από τις κατακρημνίσεις, την έκταση των μη διαπερατών επιφανειών κλπ. Επιπλέον, η επιλογή της τοποθεσίας επηρεάζει έμμεσα ή άμεσα παράγοντες όπως είναι η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων που ευνοούνται από το μικροκλίμα της περιοχής κλπ. ([www.greenerbuildings.com](http://www.greenerbuildings.com)).

Η επιλογή της κατάλληλης περιοχής που θα γίνει μια κατασκευή συνεπάγεται όχι μόνο περιβαλλοντικές επιπτώσεις τοπικού χαρακτήρα, αλλά συγχρόνως κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Το πρόβλημα είναι σοβαρότερο για τις περιοχές ή τις χώρες που έχουν μεγάλη πυκνότητα αστικού πληθυσμού. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να αξιοποιούνται υπόγειες κατασκευές για χώρους στάθμευσης ή άλλες εμπορικές ή βιομηχανικές χρήσεις. Επίσης, είναι σημαντικό να προωθείται η επαναχρησιμοποίηση της γης σε περιοχές που προϋπήρχαν κατασκευές (*brown field development*) σε αντίθεση με την χρήση περιοχών που είχαν γεωργική χρήση ή ήταν φυσικά οικοσυστήματα (*green field development*), όταν αυτό βέβαια είναι εφικτό (*Γιαννακοπούλου*).

Περιοχές στις οποίες προϋπήρχαν κατασκευές (*brown field*), όπως οι εγκαταλελειμμένες, ανενεργές, ή ανεκμετάλλευτες βιομηχανικές και εμπορικές τοποθεσίες στις οποίες η επέκταση ή η αναδιαμόρφωση τους είναι πολύπλοκη λόγω μόλυνσης του χώρου από τοξικές ουσίες, αποτελούν εν δυνάμει τοποθεσίες για

ανάπτυξη κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και ανάπτυξης. Οι περιοχές αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν και να αποτελέσουν παραγωγικές οντότητες, εκτρέποντας



τον κατασκευαστικό τομέα από την εκμετάλλευση παρθένων οικοσυστημάτων. Εφόσον οι περιοχές αυτές είχαν ήδη διαταραχθεί, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι περιορισμένες έτσι παράλληλα προστατεύονται τα ευαίσθητα οικοσυστήματα που τελούν υπό διαρκή απειλή.

Η αξιοποίηση τέτοιων χώρων για την ανέγερση κτιρίων δίνει επιπλέον τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι ήδη υπάρχουσες υποδομές των μέσων μεταφοράς. Η χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς συμβάλει στη μείωση της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων και συνεπώς των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης των ενοίκων του κτιρίου σε εναλλακτικά μέσα μεταφοράς, ειδικότερα στην περίπτωση εμπορικών κτιρίων.

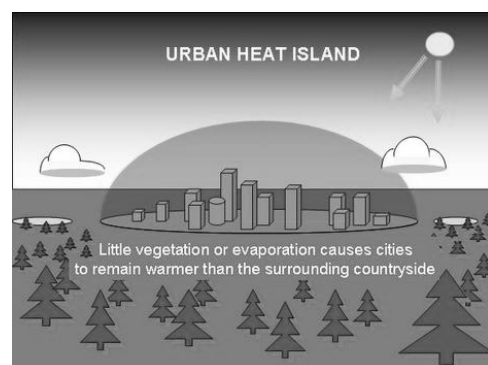
Η χρήση μιας περιοχής στην οποία υπάρχουν ήδη άλλες εγκαταστάσεις, δίνει τη δυνατότητα είτε της αναδιαμόρφωσης των ίδιων των εγκαταστάσεων αν αυτό είναι εφικτό και επιθυμητό είτε, το σημαντικότερο, της αποσυναρμολόγησης και αποσύνθεσης τους με την προοπτική της ανάκτησης υλικών, επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης τους, συμβάλλοντας και στη διατήρηση της επάρκειας των φυσικών διαθεσίμων. Επομένως, έμμεσα αυτό μειώνει και την καταστροφή και διατάραξη φυσικών οικοσυστημάτων από την υλοτομία και λατομεία για την απόκτηση νέων πρώτων υλών.

Είναι εξαιρετικής σημασίας, όταν χωροθετείται μια κατασκευή να έχουν προηγουμένως μελετηθεί οι υδρολογικές συνθήκες της περιοχής και η κατασκευή να μην ανακόπτει ή να εκτρέπει τη φυσική ροή των επιφανειακών απορροών ώστε να μη διαταράσσονται τα οικοσυστήματα και να δημιουργούνται προβλήματα στις κατασκευές. Η διάβρωση που μπορούν να προκαλέσουν οι εκκαθαρίσεις και γενικά οι παρεμβάσεις στο φυσικό τοπίο μπορούν να έχουν απρόβλεπτες συνέπειες σε περιπτώσεις ακραίων και μη καιρικών φαινομένων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ακόμα

και τα ηπιότερα φαινόμενα κατακρήμνισης μπορούν να εξελιχτούν σε καταστροφικές πλημμύρες.

Ο έλεγχος των επιφανειακών απορροών και διαχείριση του νερού από τις υδατοπτώσεις αφορά και το είδος των επιφανειών με τις οποίες καλύπτεται μια κατασκευή, και ειδικότερα με το κατά πόσο αυτές είναι διαπερατές ή όχι. Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχει κάλυψη της έκτασης με όσο το δυνατό λιγότερες μη διαπερατές επιφάνειες ώστε να τροφοδοτείται και να ανανεώνεται ο υδροφόρος ορίζοντας και να μη δημιουργούνται έντονα φαινόμενα επιφανειακών απορροών τα οποία μπορεί να είναι καταστροφικά. Χώροι στάθμευσης, διάδρομοι κλπ θα πρέπει να καλυφθούν με διαπερατά υλικά ώστε να μειωθούν οι επιφανειακές απορροές και να ενισχυθεί η τροφοδότηση του υδροφόρου ορίζοντα. Σ' αυτό βέβαια μπορεί να συμβάλει και ο σχεδιασμός της οροφής του κτιρίου, που είναι αναπόφευκτα μια μη διαπερατή επιφάνεια, καθώς και η αξιοποίηση άλλων συστημάτων συλλογής νερού. Μέσα από τον κατάλληλο σχεδιασμό μπορεί να το βρόχινο νερό να εκτραπεί από την είσοδο του στα συστήματα υπονόμων και να διοχετευτεί σε φυσικά οικοσυστήματα ή να αξιοποιηθεί για σκοπούς άρδευσης ή άλλες μη πόσιμες εφαρμογές, συμβάλλοντας τόσο στην μείωση των προβλημάτων διάβρωσης του εδάφους και ρύπανσης των υδάτινων αποδέκτων από τις επιφανειακές απορροές, όσο και στην προστασία και ανανέωση των πολύτιμων υδατικών διαθεσίμων φρέσκου νερού.

Μια άλλη παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι και διατήρηση της φυσικής βλάστησης. Η τοποθέτηση των κτιριακών εγκαταστάσεων θα πρέπει να πραγματοποιείται με την ελάχιστη διατάραξη της φυσικής βλάστησης η οποία συμβάλει στη συγκράτηση των χωμάτινων μαζών και επομένως περιορίζει τη διάβρωση του εδάφους. Η βλάστηση η οποία αναγκαστικά πρέπει να αφαιρεθεί δε θα πρέπει να καταστρέφεται αλλά να φυλάσσεται για την αποκατάσταση της μετά το πέρας των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων ή τη μεταφύτευση της σε άλλα σημεία. Ένα φαινόμενο το οποίο παρουσιάζεται κυρίως σε αστικά κέντρα είναι αυτό της θερμικής νησίδας (*heat island effect*). Το φαινόμενο αυτό αφορά την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τις κατασκευές (άσφαλτος,







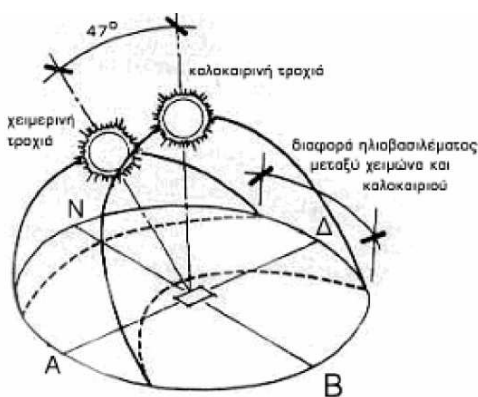
ξύλινες, τσιμεντένιες) η οποία ακολούθως ακτινοβολείται ή μεταφέρεται με συναγωγή τοπικά με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών στις αστικές περιοχές. Το Los Angeles για παράδειγμα απαιτεί διπλάσια ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες κλιματισμού του σε σχέση με το ποσό που θα απαιτείτο αν δεν υπήρχε το φαινόμενο αυτό. Η χρήση μη ανακλαστικών επιστρώσεων στις επιφάνειες των κτιρίων αλλά και η διαμόρφωση συνθηκών σκίασης τέτοιων επιφανειών με την αξιοποίηση τοπικής βλάστησης είναι μέτρα τα οποία μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση του φαινομένου.

Τέλος, κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα πρέπει να αποτρέπεται η απώλεια χρώματος μέσω απορροών ή του αέρα και οι μάζες χρώματος οι οποίες έχουν μετακινηθεί ή μεταφερθεί στο χώρο να αποθηκεύονται για την αποκατάσταση των διαταραχών που έχουν προκύψει. Επίσης, θα πρέπει να διασφαλιστεί κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων ότι δεν θα υπάρχουν διαρροές τοξικών και άλλων ρυπογόνων ουσιών, υγρών και στερεών, οι οποίες να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα ή τα επιφανειακά ύδατα μετά από βροχοπτώσεις. Είναι, τέλος αναγκαία και η αποτροπή της ρύπανσης της ατμόσφαιρας με σκόνη και σωματίδια και η λήψη των κατάλληλων μέτρων και η εφαρμογή των καταλληλότερων πρακτικών προς την κατεύθυνση αυτή.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

### Προσανατολισμός του κτιρίου και σχεδιασμός της τοποθεσίας

#### Προσανατολισμός του κτιρίου

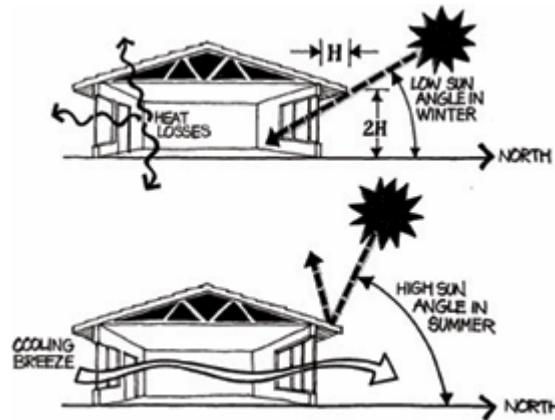


Πηγή : Μαμάης, Σαργέντης, 2003

Ο ηλιακός προσανατολισμός περιγράφει τον τρόπο με το οποίο το κτίριο λαμβάνει ηλιακή ενέργεια. Οι τοίχοι οι οποίοι αντικρίζουν το νότο λαμβάνουν έντονη ηλιακή ενέργεια κατά τις μεσημεριανές ώρες, οι ανατολικοί και δυτικοί λαμβάνουν έντονη ακτινοβολία η οποία προσπίπτει με μικρή γωνία κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες αντίστοιχα και οι βόρειοι βρίσκονται υπό

σκιά σχεδόν σ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (County of San Mateo – Department of Public Works). Αυτό βέβαια δεν ισχύει για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο. Για παράδειγμα στις 28 μοίρες Β στις 22 του Ιούνη ο ήλιος βρίσκεται κυρίως στο βόρειο ημισφαίριο. Μια εξέταση των ηλιακών διαγραμμάτων αποκαλύπτει ότι ο βόρειος προσανατολισμός λαμβάνει μικρή ακτινοβολία τους καλοκαιρινούς μήνες, μόνο για γεωγραφικά πλάτη τα οποία είναι επαρκώς απομακρυσμένα από τον ισημερινό, δηλαδή βορειότερα από τις 32 μοίρες. Στις περιοχές αυτές, οι πλευρές του σπιτιού με νότιο προσανατολισμό λαμβάνουν περισσότερη ακτινοβολία το χειμώνα (Low Energy Architecture Research Unit of the London Metropolitan University). Εξαιρώντας τις περιοχές με μικρό γεωγραφικό πλάτος, οι επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό προσλαμβάνουν μόνο ασήμαντα ποσά ηλιακής ενέργειας κατά τη χειμερινή περίοδο, κάτι που έχει οδηγήσει τους σχεδιαστές παθητικών ηλιακών συστημάτων στην απόρριψη σχεδόν του βόρειου προσανατολισμού των παραθύρων (Χρ. Κοροναίος, 2006). Το ηλιακό φως το οποίο εισέρχεται στο κτίριο είναι φορέας φωτός και θερμότητας, κάτι το οποίο μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πλεονέκτημα για τη λειτουργία του κτιρίου, ή να προκαλέσει προβλήματα εάν δεν υπάρχει κατάλληλος σχεδιασμός για την αξιοποίηση του. Το

σχήμα και η θέση του κτιρίου στο χώρο της οικοδομής επηρεάζει εάν και πως τα επικρατούντα ρεύματα αέρα θα μπορούν να παρέχουν εξαερισμό στο κτίριο.



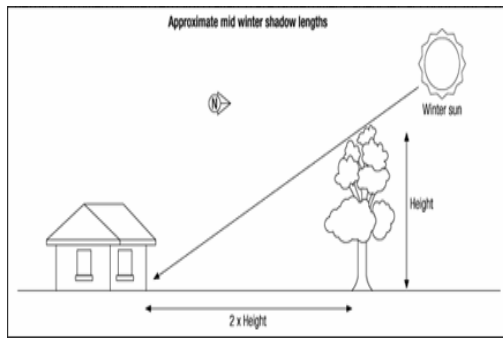
Ο σωστός προσανατολισμός του κτιρίου παρέχει μια μοναδική δυνατότητα στη δημιουργία ενός καλύτερου εσωτερικού περιβάλλοντος και στην σημαντική μείωση της χρήσης ενέργειας χωρίς την παραμικρή αύξηση του κόστους της κατασκευής. Εκμεταλλευόμενοι την

ηλιοφάνεια και τα ρεύματα αέρα υπάρχει

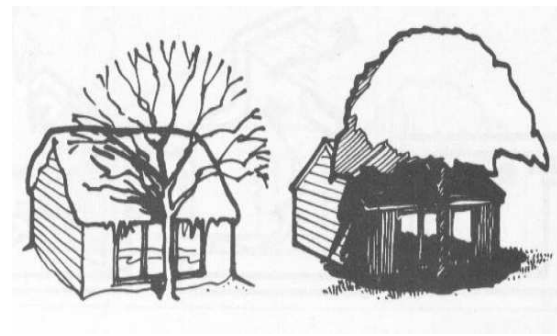
δυνατότητα για ψύξη το καλοκαίρι και παθητική ηλιακή ενέργεια για θέρμανση και προστασία από τον αέρα το χειμώνα (*Sustainable Building Technical Manual*). Για την υλοποίηση αυτού του στόχου θα πρέπει να μελετηθούν οι συνθήκες ηλιοφάνειας, σκιάς και ανέμου στο χώρο προτού αρχίσει η κατασκευή (*County of San Mateo – Department of Public Works*).

### Σχεδιασμός της τοποθεσίας

Ο σχεδιασμός του χώρου και της δεντροφύτευσης δίνει τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν οι ηλιακές και τοπογραφικές συνθήκες της τοποθεσίας. Ο προσανατολισμός του ήλιου, οι συνθήκες του ουρανού (καθαρός-νεφώδης) και η τοπογραφία είναι αλληλένδετα. Το γεωγραφικό πλάτος μιας τοποθεσίας καθορίζει το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας, κάθε μέρα του χρόνου. Η διαμόρφωση του χώρου καθώς και οι στρατηγικές δεντροφύτευσης, παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν εν μέρει την ηλιακή πρόσβαση, επηρεάζονται από τους πιο πάνω παράγοντες.



Πηγή: Government of Western Australia - Sustainable Energy Development Office

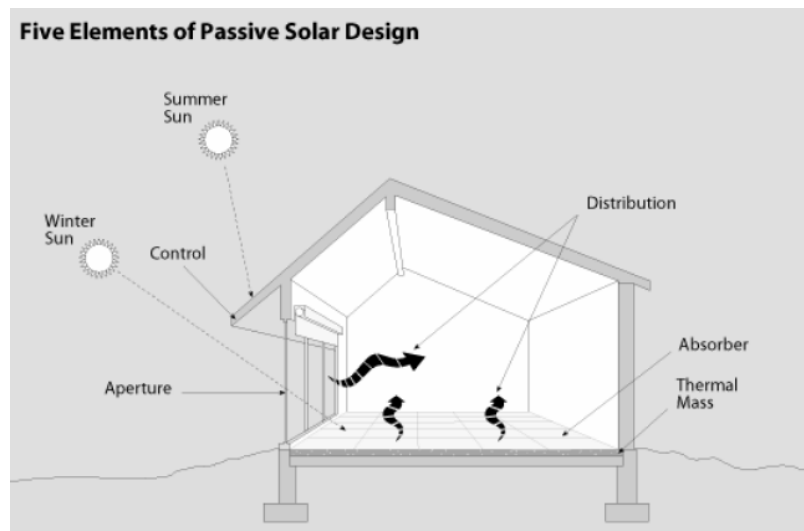


Πηγή : Μαμάης, Σαργέντης 2003

Μπορεί να αξιοποιηθεί η υπάρχουσα βλάστηση στο χώρο ώστε να ελεγχθούν οι καιρικές συνθήκες στο χώρο. Η βλάστηση μπορεί να παρέχει σκιά και δροσερό αέρα το καλοκαίρι και να προστατεύει από τον άνεμο το χειμώνα.

#### Σχεδιασμός για χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα παράθυρα οι τοίχοι και τα πατώματα του κτιρίου μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να διανέμουν ηλιακή ενέργεια σε μορφή θερμότητας το χειμώνα και να αντανακλούν την ηλιακή θερμότητα κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό ονομάζεται παθητικός ηλιακός σχεδιασμός ή κλιματικός σχεδιασμός. Σε αντίθεση με τα ενεργά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά συστήματα δεν απαιτούν τη χρήση μηχανικών και ηλεκτρικών συσκευών, όπως αντλίες και ανεμιστήρες για τη μεταφορά της ηλιακής ενέργειας. Τα παθητικά ηλιακά σπίτια ποικίλουν ανάμεσα σ' αυτά που θερμαίνονται πλήρως από τον ήλιο και αυτά τα οποία έχουν παράθυρα προσανατολισμένα στο νότο τα οποία συνεισφέρουν ένα ποσοστό στις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Η διαφορά τέτοιων κτιρίων από τα συμβατικά έγκειται στον σχεδιασμό. Το κλειδί είναι ο σχεδιασμός να εκμεταλλεύεται στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες.



Πηγή : US Department of Energy

Τα στοιχεία που συνιστούν ένα πλήρες παθητικό ηλιακό σχεδιασμό παρουσιάζονται στο πιο πάνω σχήμα. Κάθε ένα από αυτά εκτελεί διαφορετική λειτουργία, αλλά μόνο όταν λειτουργούν και τα πέντε μαζί ο σχεδιασμός είναι επιτυχής. Ο *συλλέκτης (Aperture)* είναι η μεγάλη γυάλινη επιφάνεια (παράθυρα) από την οποία η εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στο χώρο του κτιρίου. Η επιφάνεια αυτή θα πρέπει να έχει νότιο προσανατολισμό, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και τις ανάλογες μελέτες για την ηλιοφάνεια στην περιοχή, και δεν θα πρέπει να σκιάζεται από άλλα κτίρια ή δέντρα κατά τις ώρες τις οποίες η ηλιοφάνεια είναι μέγιστη (συνήθως πρωινές) κατά την περίοδο που απαιτείται θέρμανση του κτιρίου (US DOE). Το ποσό της ακτινοβολίας που απορροφάται από μια επιφάνεια ή την διαπερνά εξαρτάται και από την κλίση της, δηλαδή την γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Επιφάνειες με κλίση και νότιο προσανατολισμό προσλαμβάνουν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ενέργειας σε σχέση με τις κάθετες επιφάνειες. Αυτό επιφέρει μη επιθυμητά ηλιακά κέρδη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους στις οποίες το κλίμα είναι ιδιαίτερα ψυχρό, σε θερμοκήπια ή αίθρια και γενικά αποφεύγεται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (Χρ. Κορωνάιος, 2006).

Ο *απορροφητής* είναι η σκληρή, σκούρα επιφάνεια του στοιχείου αποθήκευσης της ενέργειας. Η επιφάνεια αυτή, η οποία θα μπορούσε να είναι ένας ξύλινος τοίχος, το πάτωμα ή η επιφάνεια μιας δεξαμενής νερού, θα πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια



απορροφάται σε μορφή θερμότητας. Η *θερμική μάζα* αποτελείται από τα υλικά τα οποία συγκρατούν ή αποθηκεύουν την θερμότητα που παράγεται από την ακτινοβολία. Η διαφορά ανάμεσα στην θερμική μάζα και τον απορροφητή, αν και συχνά σχηματίζουν το ίδιο σώμα, πάτωμα ή τοίχο, έγκειται στο γεγονός ότι ο απορροφητής είναι μια εκτεθειμένη επιφάνεια σε αντίθεση με τη θερμική μάζα η οποία είναι το υλικό κάτω ή πίσω από τον απορροφητή. Εκτός από την από τη συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας, είναι απαραίτητη και η *διανομή* της από τα σημεία συλλογής και αποθήκευσης στους διάφορους χώρους του κτιρίου. Ένας αυστηρά παθητικός σχεδιασμός θα χρησιμοποιούσε αποκλειστικά τις τρεις μεθόδους φυσικής μεταφοράς θερμότητας, δηλαδή με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Εντούτοις, ανάλογα με την εφαρμογή δεν είναι απαγορευτική η χρήση ανεμιστήρων και αντλιών για τη διανομή της θερμότητας σε όλο το σπίτι. Τέλος, για τον έλεγχο της ποσότητας ηλιακής ενέργειας που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου, υπάρχουν οι προεξοχές (γείσα) της οροφής που μπορούν να χρησιμεύσουν στην σκίαση της επιφάνειας συλλογής, δηλαδή των παραθύρων, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Άλλα στοιχεία με τα οποία μπορεί να πραγματοποιείται έλεγχος της θερμικής κατάστασης του σπιτιού περιλαμβάνουν ηλεκτρονικούς αισθητήρες, όπως είναι ένας θερμοστάτης ο οποίος ενεργοποιεί κάποιον ανεμιστήρα, χειριζόμενοι εξεριστήρες και διαφράγματα που επιτρέπουν ή όχι τη ροή θερμότητας, παντζούρια ή σκίαστρα. Να σημειωθεί ότι τα σκίαστρα μπορούν να μειώσουν την απορρόφηση θερμότητας το καλοκαίρι έως και 65% από τα παράθυρα με νότιο προσανατολισμό και έως 77% σ' αυτά που αντικρίζουν τη δύση. (US Department of Energy - [http://www.eere.energy.gov/consumer/your\\_home/designing\\_remodeling/index.cfm/mytopic=10270](http://www.eere.energy.gov/consumer/your_home/designing_remodeling/index.cfm/mytopic=10270))

## Κτιριακό - Θερμικό Κέλυφος

Ο κτιριακός φάκελος, ή αλλιώς το «κέλυφος», του κτιρίου αποτελείται από τα δομικά υλικά και τα φινιρίσματα τα οποία εσωκλείουν τον εσωτερικό χώρο του, διαχωρίζοντας τον εξωτερικό από τον εσωτερικό χώρο. Αυτό περιλαμβάνει τους τοίχους, τα παράθυρα, τις πόρτες, την οροφή και τα πατώματα. Θα μπορούσε κανείς να τα διαχωρίσει σε διαφανή και αδιαφανή υλικά, όπου διαφανή είναι τα υαλοστάσια

Eco_Criteria_analysis_final			Page 21 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07

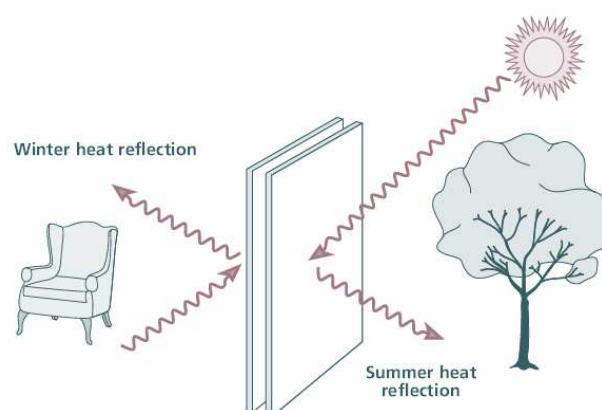
και αδιαφανή όλα τα υπόλοιπα. Ο φάκελος πρέπει να ισορροπεί τις απαιτήσεις για εξαερισμό και φυσικό φωτισμό (daylight) ενώ ταυτόχρονα να παρέχει θερμική προστασία και προστασία από την υγρασία, ανάλογα με τις επικρατούσες τοπικές κλιματικές συνθήκες. Ο σχεδιασμός του φακέλου είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό του ποσού ενέργειας που θα χρησιμοποιεί το κτίριο κατά τη λειτουργία του. Έχοντας υπόψη τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό του κτιρίου, ο σχεδιασμός του φακέλου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε συνάρτηση με άλλα στοιχεία σχεδιασμού όπως είναι η επιλογή των υλικών, ο φυσικός φωτισμός και άλλες παθητικές ηλιακές στρατηγικές σχεδιασμού, τη θέρμανση, τον εξαερισμό και τον κλιματισμό (HVAC).

Μια από τις σημαντικότερους παραμέτρους για το σχεδιασμό του φακέλου είναι το κλίμα. Ο τύπος του κλίματος, δηλαδή εάν είναι θερμό/ξηρό, θερμό/υγρό, εύκρατο ή ψυχρό, καθορίζει και τις στρατηγικές σχεδιασμού. Συγκεκριμένοι σχεδιασμοί και υλικά μπορούν να εκμεταλλευτούν ή να παράσχουν λύσεις για ένα δεδομένο κλίμα. Μια δεύτερη παράμετρος στο σχεδιασμό του φακέλου αποτελούν οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Αν οι δραστηριότητες εντός του κτιρίου παράγουν σημαντικά ποσά θερμότητας (άνθρωποι και εξοπλισμός), τα θερμικά φορτία μπορεί να είναι κυρίως εσωτερικά παρά εξωτερικά από τον ήλιο. Αυτό επηρεάζει τον ρυθμό με τον οποίο το κτίριο απορροφά ή εκπέμπει θερμότητα.

Τα ανοίγματα που υπάρχουν στο κτιριακό φάκελο, παρέχουν φυσική πρόσβαση στο κτίριο, επιτρέπουν τη θέα στον εξωτερικό χώρο, επιτρέπουν την είσοδο φυσικού φωτισμού και ηλιακής ενέργειας για θέρμανση και παρέχουν φυσικό εξαερισμό. Η μορφή, το μέγεθος και η τοποθέτησή τους ποικίλει ανάλογα κυρίως με το ρόλο τον οποίο διαδραματίζουν στον κτιριακό φάκελο. Οι υαλοπίνακες των παραθύρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και ψύξης καθώς και στην άνεση των ενοίκων ρυθμίζοντας το είδος και την ποσότητα φωτός η οποία περνά μέσα από τα παράθυρα

(Sustainable Building Technical Manual).

Το ποσό της ακτινοβολίας η οποία διαπερνά ένα υαλοπίνακα και



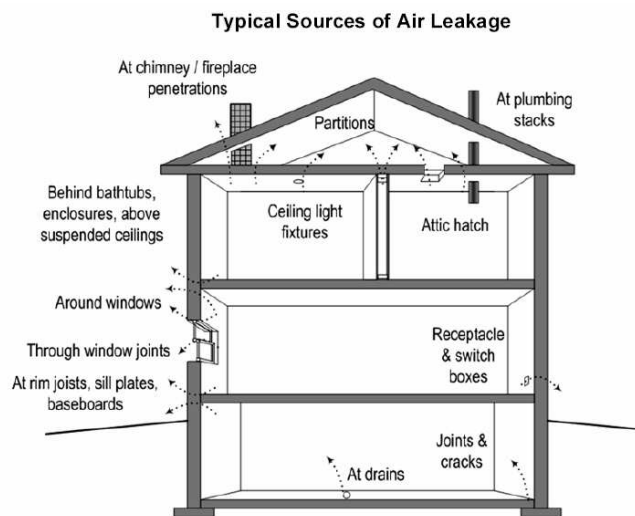
Eco_Criteria_analysis_final	
Document	



επομένως τα ηλιακά θερμικά κέρδη εξαρτώνται περάν από τον προσανατολισμό του, και από τα οπτικά χαρακτηριστικά του, το πάχος και τα στρώματα του χρησιμοποιημένου γυαλιού. Η χρήση διπλών υαλοπινάκων ελαττώνει την ολική διαπερατότητα του γυαλιού επιτυγχάνοντας τη συγκράτηση μεγάλου ποσού θερμικής ενέργειας στο κτίριο (Χρ. Κορωναίος, 2006).

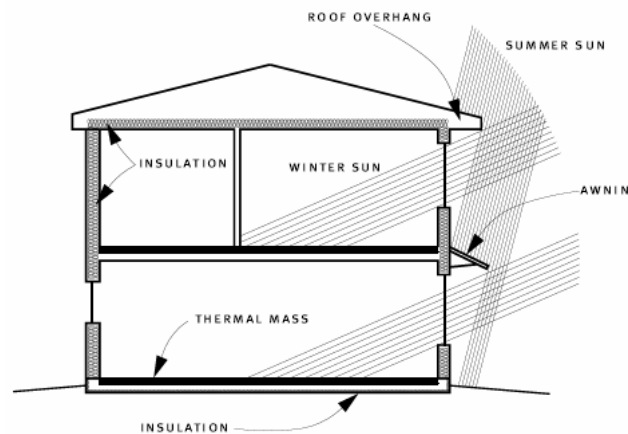
Ουσιώδη ρόλο στον σχεδιασμό του κτιριακού φακέλου παίζουν και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Τα διάφορα δομικά υλικά άγουν τη θερμότητα με διαφορετικούς ρυθμούς. Δομικά συστατικά του φακέλου όπως τα θεμέλια, τα περβάζια και οι ρευματολήπτες, μπορούν να δημιουργήσουν μονοπάτια για τη μεταφορά θερμικής ενέργειας, γνωστά ως θερμικές γέφυρες, μέσω των οποίων άγεται θερμότητα διαμέσου του τοίχου. Η μεταφορά θερμότητας σε ένα κτιριακό σύστημα πραγματοποιείται με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Όπως αναφέρθηκε, τα κατασκευαστικά υλικά άγουν τη θερμότητα με διαφορετικούς ρυθμούς. Τα μέταλλα για παράδειγμα έχουν υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, σε αντίθεση με το ξύλο. Ένας τοίχος με μεταλλικό σκελετό έχει υψηλότερο συντελεστή μεταφορά θερμότητας και την τάση να μεταφέρει θερμότητα από τη μια πλευρά του στην άλλη με υψηλότερο ρυθμό σε σύγκριση με ένα τοίχο του οποίου ο σκελετός είναι ξύλινος. Για να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας με αγωγή θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες από τις θερμικές γέφυρες και για τη μείωση των απωλειών θερμότητας με συναγωγή θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι δυνατότητας διείσδυσης αέρα στον εσωτερικό χώρο και διαρροής του στον εξωτερικό χώρο (Sustainable Building Technical Manual). Η σωστή επομένως επιλογή και τοποθέτηση **μονωτικών υλικών** είναι επιβεβλημένη για τη διασφάλιση της θερμικής επάρκειας και αποδοτικότητας της κατασκευής. Παράλληλα, τα μονωτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να μην περιέχουν συστατικά τα οποία μπορούν να αποβούν εις βάρος της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού.





Η μόνωση αποτελεί ένα από τα κλειδιά για την δημιουργία ενός άνετου και ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου. Αν η μόνωση δεν τοποθετηθεί σωστά, ένα σπίτι μπορεί να έχει υψηλά θερμικά κέρδη κατά το καλοκαίρι και μεγάλες θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα, υποχρεώνοντας τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης

να λειτουργούν πέραν από το φυσιολογικό. Η σωστή τοποθέτηση της μόνωσης μπορεί να σφραγίσει αεροστεγώς ολόκληρο το κτίριο, δηλαδή τους εξωτερικούς τοίχους, τα ταβάνια και τα πατώματα, χωρίς να επιτρέπει τη μη ελεγχόμενη διείσδυση εξωτερικού αέρα και την διαφυγή θερμότητας. Τα οφέλη από τη σωστή θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι πολλά. Κατά κύριο λόγο, υπάρχει αύξηση της άνεσης καθώς ελαττώνονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και βοηθά στην διατήρηση της θερμοκρασίας σε ικανοποιητικά επίπεδα άνεσης τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ένα μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας στο σπίτι

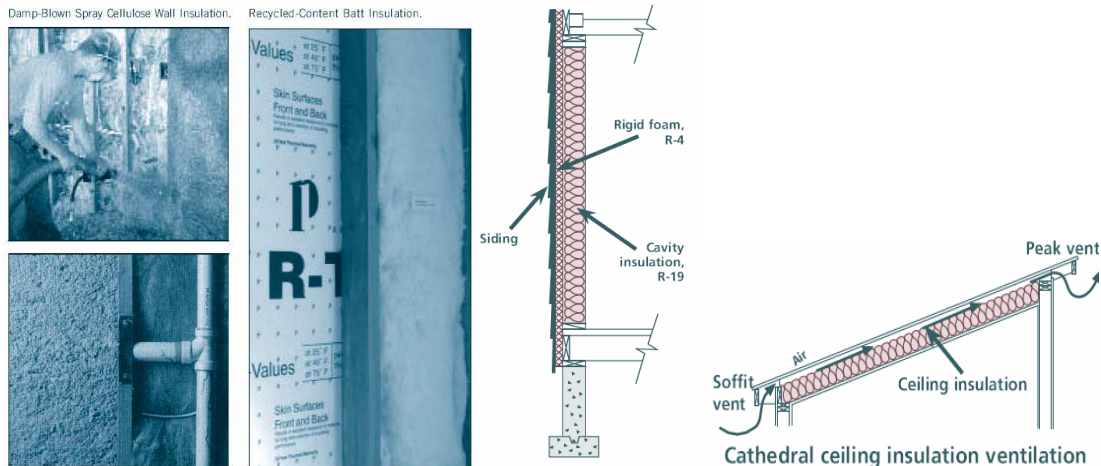


πηγαίνει στις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Η σωστή θερμομόνωση μπορεί να μειώσει σημαντικά το μέγεθος των δαπανών για τις παραπάνω ανάγκες. Τέλος, η προστασία από την υγρασία, η οποία μπορεί να διαβρώσει και να καταστρέψει τα κατασκευαστικά υλικά, βελτιώνει την ανθεκτικότητα του κτιρίου και αυξάνει το χρόνο ζωής του (Energy Star).



Blown-in attic insulation

Οι κατασκευαστές έχουν πολλές επιλογές στον τύπο μονωτικού υλικού που θα χρησιμοποιήσουν. Η μόνωση μπορεί να είναι αποτελεσματική μόνο όταν τοποθετηθεί σωστά και συνδυαστεί με ένα συνεχές φράγμα για τον αέρα (air barrier), όπως είναι η γυψοσανίδα. Τα μονωτικά υλικά κατατάσσονται ανάλογα με την ικανότητα τους να αντιστέκονται στη ροή θερμότητας. Η ικανότητα τους αυτή βαθμολογείται με το συντελεστή θερμικής αντίστασης τους R. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της μεταβλητής αυτής, τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το υλικό στην αντίσταση στη ροή θερμότητας. Οι τύποι μόνωσης οι οποίοι προτείνονται και από την Energy Star είναι η μόνωση Batt, η Blown-in, τα εμψεκαζόμενα υλικά σε μορφή αφρού (Sprayed or Injected Foam Products) και η στερεή – άκαμπτη μόνωση (Rigid Insulation). Η μόνωση Batt είναι συνήθως κατασκευασμένη από υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα (fiberglass ή rock wool) και είναι σε μορφή πλακών διαφόρων μεγεθών και πάχους. Τις περισσότερες φορές η μόνωση αυτή τοποθετείται μεταξύ των ξύλινων δοκών που σχηματίζουν τον τοίχο και καλύπτει τα κουφώματα των τοίχων, των πατωμάτων και του ταβανιού χωρίς να υπάρχει κενό. Η blown-in μόνωση είναι συνήθως υαλοβάμβακας ή cellulose και εμψεύεται κυριολεκτικά μέσα σε τοίχους και στη σοφίτα με τη βοήθεια μιας μάνικας. Ο τύπος μόνωσης αυτός γεμίζει πλήρως τις κοιλότητες στους τοίχους και σχηματίζει ένα ομαλό μονωτικό στρώμα στη σοφίτα. Ο εμψεκαζόμενος αφρός είναι συνήθως πολυουρεθάνη ή παρόμοια υλικά τα οποία εισάγονται σε κοιλότητες όπου διαστέλλονται στο επιθυμητό πάχος. Η άκαμπτη μόνωση αποτελείται συνήθως από αφρό ο οποίος είναι πολυστυρένιο ή πολυουρεθάνη. Ο αφρός αυτός διαμορφώνεται σε μεγάλες πλάκες και μπορεί να παρέχει ένα συνεχές θερμικό φράγμα σε υπόγεια και εξωτερικούς τοίχους. Κάποια ενδεικτικά παραδείγματα παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα (Energy Star).



Συνοψίζοντας τα παραπάνω, για την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιριακού κελύφους θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Μόνωση των πλαισίων των εξωτερικών πορτών και παραθύρων
- Εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων
- Εγκατάσταση παραθύρων με επίστρωση χαμηλής εκπομπής (*Low-E windows*)
- Μόνωση των πατωμάτων, ταβανιού, οροφής και των εξωτερικών τοίχων
- Μόνωση όλων των μηχανικών διεισδύσεων στο κτιριακό κέλυφος
- Μόνωση της σοφίτας (εάν υπάρχει)
- Καθορισμός των κατάλληλων κατασκευαστικών υλικών και λεπτομερειών ώστε να μειωθεί η μεταφορά θερμότητας προς τον εξωτερικό χώρο.

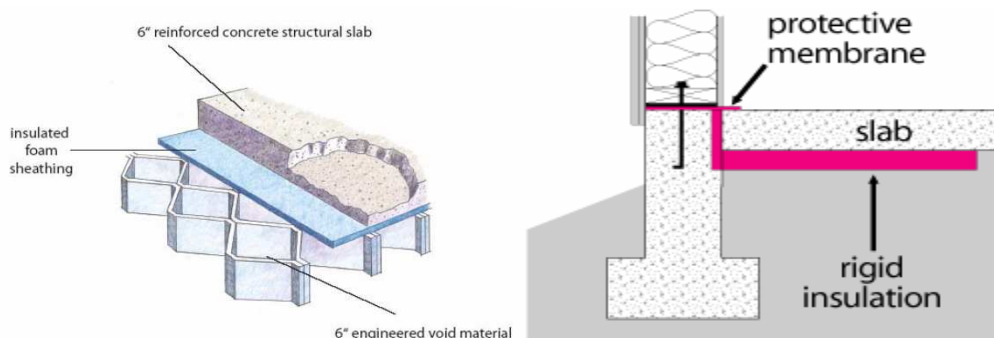
Να σημειωθεί εδώ ότι τα παράθυρα χαμηλής εκπομπής, σχεδιάστηκαν για τον έλεγχο της ενέργειας που εκπέμπεται μέσω ακτινοβολίας, και δεν μπορεί να ελεγχθεί από το σύνθητες διπλό υαλοπίνακα το διάκενο του οποίου είναι πληρωμένο με αέρα. Η αποτελεσματικότητα και χρησιμότητα της επίστρωσης χαμηλής εκπομπής εξαρτάται από τον προσανατολισμό της στο γυαλί. Τα παράθυρα μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να επιτελούν διάφορους στόχους σε ένα σπίτι. Αν ο στόχος είναι να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας, τότε η επίστρωση τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού γυαλιού. Αν ο στόχος είναι η ελάττωση των ηλιακών θερμικών κερδών τότε η επίστρωση τοποθετείται στο εσωτερικό του εξωτερικού γυαλιού (*Built Green*).

## Θεμέλια

Αν και τα θεμέλια μιας κατασκευής αποτελούν ίσως μέρος του κτιριακού κελύφους, εντούτοις οι περισσότεροι μελετητές τα διαφοροποιούν και τα εξετάζουν ξεχωριστά όσον αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά και συνεισφορά τους στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Σε πολλά κτίρια παρατηρούνται υψηλές απώλειες θερμότητας μέσω της τσιμεντένιας πλάκας στη βάση του κτιρίου, η οποία έρχεται σε άμεση επαφή με το χώμα. Επομένως είναι επιβεβλημένη η σωστή μόνωση της πλάκας και των θεμελίων του κτιρίου για την ελάττωση των θερμικών απωλειών προς το έδαφος. Οι τεχνικές μόνωσης εξαρτώνται και από το είδος της κατασκευής, το είδος των θεμελίων (επιφανειακά ή βαθιά) και γενικά από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Ενδεικτικά, προτείνονται οι πιο κάτω τρόποι μόνωσης των θεμελίων, οι οποίοι δεν ισχύουν για κάθε είδους κατασκευή.

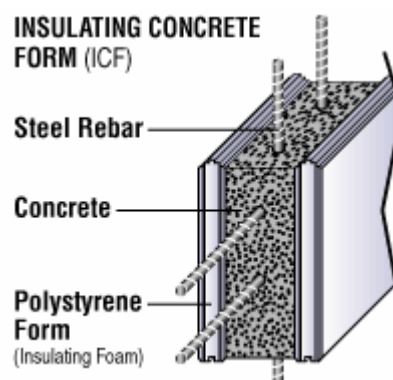
### *Μόνωση κάτω από την πλάκα της βάσης του κτιρίου*

Η σωστή μόνωση της πλάκας στη βάση του κτιρίου δεν συνεισφέρει μόνο στην ελάττωση των ενεργειακών επιβαρύνσεων άρα και των οικονομικών, αλλά βελτιώνει και τις συνθήκες άνεσης μέσα στο κτίριο. Οι ψυχρές τσιμεντένιες πλάκες μπορούν να αποτελέσουν αιτία μείωσης της εσωτερικής άνεσης σε ένα σπίτι. Με τη μόνωση της πλάκας μειώνονται οι απώλειες θερμότητας προς το έδαφος και έτσι το σπίτι θερμαίνεται ευκολότερα και γενικά οι θερμοκρασιακές συνθήκες εντός του κτιρίου είναι περισσότερο ελεγχόμενες. Ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιου είδους μόνωσης παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



### Μόνωση των θεμελίων με τη χρήση μόνιμων μονωτικών καλουπιών (ICFs)

Τα συστήματα μονωμένων καλουπιών τσιμέντου (ICF) είναι ένα είδος φόρμας ή καλουπιού, αποτελούμενο από αφρό πολυουρεθάνης ή πολυστυρένιου, οι οποίες φόρμες συναρμολογούνται σαν puzzle για να σχηματίσουν τους τοίχους των θεμελίων ή ακόμα και ολόκληρο το σπίτι. Τα καλούπια αυτά είναι μόνιμα και παρέχουν τη δυνατότητα στους κατασκευαστές με μειωμένο φόρτο εργασίας να κατασκευάζουν μονωμένους τοίχους και οτιδήποτε άλλο επιλέξουν με την απλή συναρμολόγηση, τοποθέτηση και πλήρωση των καλουπιών αυτών με τσιμέντο και ατσάλινα πλέγματα για την ενίσχυση της κατασκευής, όπως φαίνεται και στην εικόνα.

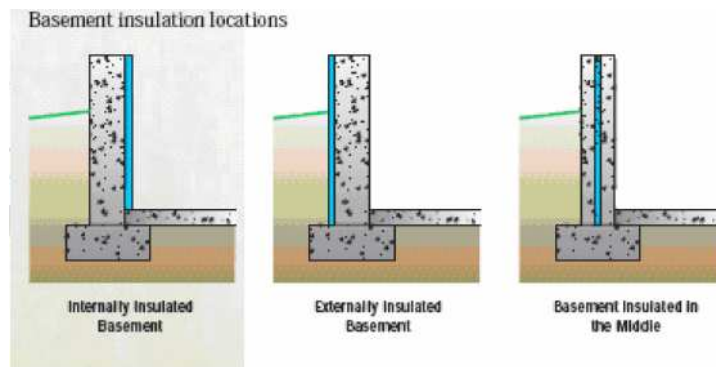


Τα περισσότερα από τα προϊόντα αυτά παρασκευάζονται από αφρό EPS (expanded polystyrene) ενώ άλλες μόνιμες φόρμες παρασκευάζονται από συνδυασμό τσιμέντου και απορριμμάτων ξύλου ή από EPS και τσιμέντο.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των τοίχων ICF περιλαμβάνουν υψηλές τιμές θερμικής αντίστασης R και μειωμένες περιεκτικότητες σε τσιμέντο σε σύγκριση με τους συμβατικά κατασκευασμένους τοίχους. Ακόμα, κάποιοι αφροί EPS οι οποίοι χρησιμοποιούνται περιέχουν βορικά άλατα τα οποία προστατεύουν από πιθανή ύπαρξη εντόμων που μπορούν να βλάψουν το ξύλο. Το σημαντικότερο είναι ότι παρέχουν τη δυνατότητα για ένα εξαιρετικά αποδοτικό και ανθεκτικό θερμικό κέλυφος το οποίο προσφέρει υψηλότερης ποιότητας εσωτερική άνεση στο κτίριο σε σύγκριση με τους συμβατικούς τρόπους κατασκευής των θεμελίων και γενικότερα της τοιχοποιίας.

### Μόνωση των τοίχων του υπογείου με άκαμπτο μονωτικό υλικό

Το χώμα μπορεί να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας, ιδιαίτερα αν είναι υγρό, αλλά δεν είναι καλός μονωτής. Αναλόγως με το είδος του χώματος, χρειάζονται 7-11 πόδια χώματος για να παρέχουν την ίδια μόνωση με δύο ίντσες μονωτικού αφρού ή τρεις ίντσες μονωτικού υαλοβάμβακα. Σε ένα κατά τ' άλλα επαρκώς θερμομονωμένο σπίτι, ένα ποσοστό 10-20% των συνολικών θερμικών απωλειών μπορεί να προκύψει από τους μη μονωμένους τοίχους του υπογείου.



Οι τοίχοι του υπογείου θα πρέπει επομένως να καλυφθούν εξωτερικά ή εσωτερικά με μόνιμο μονωτικό αφρό από το πέλμα του τοίχου έως την κορυφή. Μια πρόκληση η οποία προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι η προστασία του μονωτικού υλικού το οποίο είναι πάνω από το επίπεδο του εδάφους και επομένως εκτεθειμένο στην υπεριώδη ακτινοβολία και γενικότερα στις φυσικές φθορές (*Built Green*).

## Φωτισμός

### Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός είναι η πρακτική «εισαγωγής» φυσικού φωτός στο εσωτερικό ενός κτιρίου και η διανομή του με τρόπο ώστε να παρέχει καλύτερης ποιότητας φωτισμό από τις τεχνητές πηγές φωτισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των αναγκών σε ηλεκτρικές πηγές φωτισμού, ελαττώνοντας τη χρήση ηλεκτρισμού μαζί με τα σχετικά κόστη και τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Κάποιες μελέτες σχετικά με το φυσικό φωτισμό στους χώρους εργασίας έχουν δείξει ότι δημιουργεί ένα πιο υγιές περιβάλλον σε σχέση με τον τεχνητό φωτισμό και μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα έως και 15%. Επιπλέον, έρευνες έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο



ποσοστό των εργαζομένων προτιμούν να εργάζονται σε χώρους με παράθυρα και θέα προς τα έξω. Ο σχεδιασμός για φυσικό φωτισμό, αποτελεί μέρος του σχεδιασμού του κελύφους του κτιρίου και της χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων. Εμπλέκονται οι διαδικασίες σχεδιασμού κυρίως όσον αφορά τα υαλοστάσια τα οποία εξυπηρετούν διπλό σκοπό, θερμικών κερδών και φωτισμού.

Ένα ουσιώδες πλεονέκτημα του φυσικού φωτισμού είναι η σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των λειτουργικών κοστών. Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται σε ένα κτίριο για τις ανάγκες φωτισμού μπορεί να ανέρχεται έως το 20-30 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον, οι λαμπτήρες παράγουν θερμότητα η οποία επιβαρύνει τα συστήματα κλιματισμού αντιστοιχώντας στο 3-5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Κατάλληλα σχεδιασμένες και εφαρμοσμένες στρατηγικές φυσικού φωτισμού μπορούν να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό 50-80%.

Η ευρεία χρήση στρατηγικών φυσικού φωτισμού μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος, μέσω της μείωσης των ενεργειακών απαιτήσεων και κατ' επέκταση της μόλυνσης και των αποβλήτων που προκύπτουν από την διαδικασία παραγωγής της ενέργειας. Ο φωτισμός και οι επιπλέον απαιτήσεις για κλιματισμό των κτιρίων λόγω του τεχνητού φωτισμού, χρησιμοποιούν περίπου το 20-30 % της συνολικής παραγωγής ενέργειας στις ΗΠΑ. Τα τρία τέταρτα του ποσού αυτού καταναλώνεται για το φωτισμό των εμπορικών και βιομηχανικών κτιριακών εγκαταστάσεων. Αν εφαρμοστούν σε ευρεία κλίμακα τεχνικές φυσικού φωτισμού θα μπορούσαν να επιφέρουν μείωση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων κατά 6-9%. Επιπρόσθετα, τα σημαντικότερα κέρδη από το φυσικό φωτισμό προκύπτουν κατά τις περιόδους όπου η ηλιοφάνεια είναι περισσότερο έντονη, οι οποίες συμπίπτουν με τις περιόδους αιχμής σε απαιτήσεις για εξαερισμό, κλιματισμό (HVAC) και ψύξη.

Για τη λειτουργία των στρατηγικών φυσικού φωτισμού απαιτείται η σωστή τοποθέτηση ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου τα οποία να επιτρέπουν την είσοδο του φωτός και να παρέχουν επαρκή διανομή και διάχυση του φωτός. Θα πρέπει ο



σχεδιασμός να είναι τέτοιος ώστε να αποφεύγονται τα ανεπιθύμητα θερμικά κέρδη και φωτισμός, τα οποία μπορούν να επιφέρουν ενόχληση. Για τον έλεγχο της υπερβολικής φωτεινότητας, τα παράθυρα θα πρέπει να εξοπλισμένα με επιπλέον στοιχεία όπως κουρτίνες κλπ. Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα συστήματα φυσικού φωτισμού περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου τα οποία κλείνουν ή ελαττώνουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού όταν υπάρχει επαρκές φυσικό φως για να διατηρήσει τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού.

Πρόσφατες καινοτομίες στις στρατηγικές φυσικού φωτισμού προσφέρουν μια ευρεία γκάμα από εξελιγμένα, αποδοτικά και υψηλών προδιαγραφών μηχανικής συστήματα. Η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων επιφέρει επιπλέον πάγια κόστη στον επενδυτή, εντούτοις τα πλεονεκτήματα σε ποιότητα και ενεργειακή κατανάλωση είναι επαρκή για να είναι αποδοτική μια τέτοια επένδυση.

Ο φυσικός φωτισμός, παραβλέπεται από τις σημερινές πρακτικές σχεδιασμού, παρ' όλες τις θετικές επιπτώσεις του και τις απαιτήσεις των ενεργειακών κανονισμών. Το σχήμα του κτιρίου, ο προσανατολισμός του και ο σχεδιασμός του κελύφους παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα του φυσικού φωτισμού, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη φάση του σχεδιασμού. Η αξιοποίηση και η χρήση του ανακλώμενου φωτός είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στον αποτελεσματικό και αποδοτικό φωτισμό. Περίπου το 30% του φωτός σε ένα χώρο γραφείου προέρχεται από ανακλάσεις του φωτός στους τοίχους, το ταβάνι, τα τραπέζια και άλλα έπιπλα. Η χρήση φωτεινών χρωμάτων και ανακλαστικών επιφανειών στους τοίχους, τα ταβάνια και τα έπιπλα μπορούν να έχουν σημαντική επιρροή στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό δεν θα πρέπει παράλληλα να δημιουργεί προβλήματα εκτυφλωτικών ανακλάσεων που μπορούν να επιφέρουν ελάττωση της άνεσης των ενοίκων (*Sustainable Building Technical Manual*).

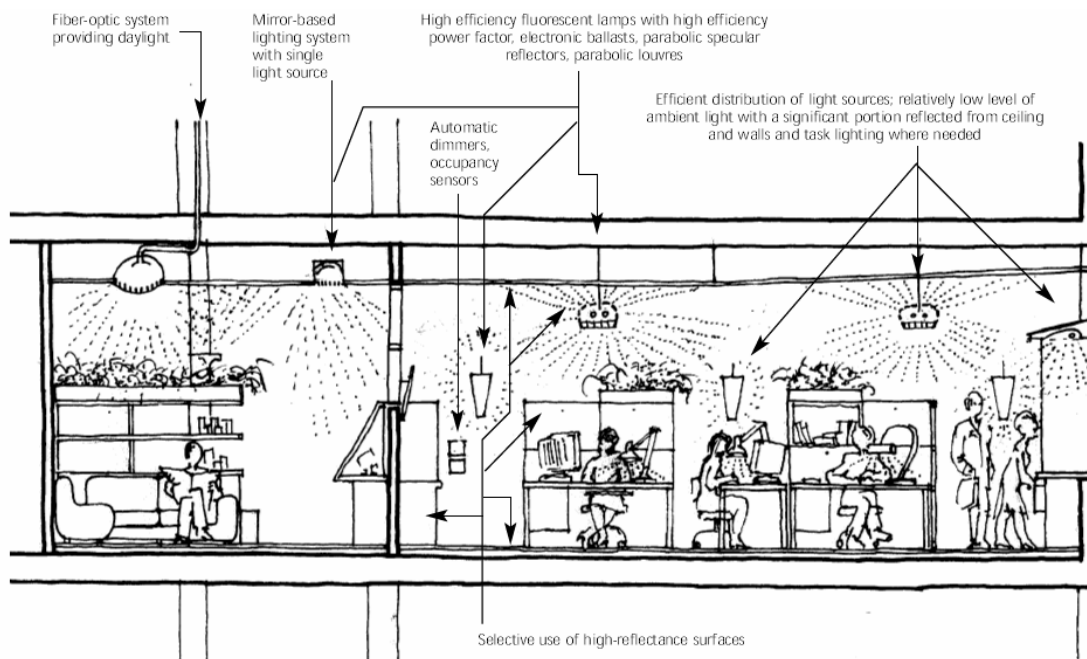
### *Τεχνητός φωτισμός*

Το 20-30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε ένα εμπορικό κτίριο καταναλώνεται από τον τεχνητό φωτισμό. Επίσης ο τεχνητός φωτισμός καταναλώνει



περίπου το 1/5 της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ. Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού, εκτός από τις στρατηγικές φυσικού φωτισμού που αναφέρθηκαν προηγουμένως υπάρχουν και άλλοι τρόποι όπως είναι ο αποδοτικότερος σχεδιασμός και η χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών φωτισμού.

Γενικότερα, έχει παρατηρηθεί κατάχρηση θα λέγαμε του τεχνητού φωτισμού στα περισσότερα κτίρια. Οι ισχύοντες κώδικες λειτουργίας των κτιρίων στις ΗΠΑ υποδεικνύουν μια μέγιστη τιμή για την ένταση του φωτισμού σε 1,5-2,5 W/ft<sup>2</sup>. Εντούτοις, μια ένταση φωτισμού 0,65-1,2 W/ft<sup>2</sup> μπορεί να παρέχει τη δυνατότητα ενός πλήρους λειτουργικού και επαρκώς φωτισμένου χώρου. Με επιπλέον βελτιώσεις μέσω της χρήσης συστημάτων ελέγχου και τη μείωση της χρήσης τεχνητού φωτισμού κατά τις χρονικές περιόδους όπου δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα και τη χρήση φυσικού φωτισμού όπως προαναφέραμε, είναι δυνατή η εξοικονόμηση ενέργειας που να υπερβαίνει το 50%. Η μείωση του φωτισμού επιφέρει επιπλέον και μείωση της θερμότητας που παράγεται από αυτόν, με αποτέλεσμα την μείωση και των απαιτήσεων για κλιματισμό (*Sustainable Building Technical Manual*).





Ο τεχνητός φωτισμός είναι αναπόφευκτος χωρίς αμφιβολία. Οι αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση προέρχονται στην πραγματικότητα, όπως προαναφέραμε, κυρίως από την διαδικασία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί. Έτσι για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων του αλλά και γενικά των αρνητικών επιπτώσεων της παραγωγής ενέργειας, η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (US EPA) σε συνεργασία με την EREDOE (US Department of Energy) δημιούργησε το 1992 το πρόγραμμα Energy Star. Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε σε μια προσπάθεια να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες. Το πρόγραμμα προοριζόταν ως μέρος μιας σειράς από εθελοντικά προγράμματα, όπως το Green Lights και το Methane Programs, τα οποία θα επιδείκνυαν το πιθανό κέρδος από τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και θα έπαιρναν περαιτέρω μέτρα για τη μείωση της πλανητικής υπερθέρμανσης.

Το πρόγραμμα ξεκίνησε ως ένα εθελοντικό πρόγραμμα σήμανσης, το οποίο σχεδιάστηκε για να ταυτοποιεί και να προωθεί ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα, και τα πρώτα προϊόντα στα οποία εισήχθη η σήμανση αυτή ήταν στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Έκτοτε, έχει επεκταθεί σε πολλές συσκευές ευρείας χρήσης, σε εξοπλισμό γραφείου, φωτισμό, στα οικιακά ηλεκτρονικά και πολλά άλλα. Η σήμανση έχει επεκταθεί πλέον και σε ολοκληρωμένες κτιριακές εγκαταστάσεις, εμπορικές και βιομηχανικές, αλλά μόνο για τις ΗΠΑ, Καναδά κλπ. Το 2001 η Ευρωπαϊκά Ένωση υπέγραψε μια συμφωνία με την US EPA για την εισαγωγή της σήμανσης Energy Star και στην Ευρώπη μόνο για εξοπλισμό γραφείων (<http://www.eu-energystar.org>).

Η EPA εκτιμά ότι η σήμανση της Energy Star έχει εξοικονομήσει περίπου \$12 δισεκατομμύρια σε ενεργειακά κόστη, μόνο για το έτος 2005. Η σήμανση Energy Star ήταν η κινητήρια δύναμη για ευρεία διάδοση και χρήση των φώτων ρύθμισης της κυκλοφορίας με LED, του αποδοτικού φωτισμού με λαμπτήρες φθορισμού, της ενεργειακής διαχείρισης των συστημάτων γραφειακού εξοπλισμού και της δυνατότητας standby στις ηλεκτρονικές συσκευές, με την οποία οι συσκευές καταναλώνουν μικρή ενέργεια όταν δεν χρησιμοποιούνται άμεσα αφού τους δίνεται η δυνατότητα να επέλθουν σε κατάσταση αναμονής (low standby energy use).

Eco_Criteria_analysis_final			Page 33 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07

Οι λαμπτήρες οι οποίοι είναι πιστοποιημένοι από την Energy Star, πληρούν θεωρητικά τις οδηγίες και κανονισμούς τους οποίους θέτει η U.S. DOE και η EPA, συμπεριλαμβανομένου απαιτήσεων όσον αφορά την ποιότητα του χρώματος (θερμοκρασία και απόδοση), το θόρυβο, τη συντήρηση, την κατανάλωση ενέργειας, την παραγωγή θερμότητας και το χρόνο ζωής. Οι λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι φέρουν την πιστοποίηση της Energy Star, έχουν περίπου δεκαπλάσιο χρόνο ζωής από τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, χρησιμοποιούν το 1/3 της ενέργειας από αυτή που χρησιμοποιούν οι συνηθισμένοι λαμπτήρες, εξοικονομούν κατά μέσο όρο \$30 ο κάθε ένας σε ενεργειακά κόστη κατά το χρόνο ζωής τους, παρέχουν το ίδιο ποσό φωτός (lumens) όσο οι συμβατικοί λαμπτήρες αλλά με τη χρήση λιγότερων watt ενέργειας, αποτρέπουν την εκπομπή περισσότερων από 450 lb αερίων του θερμοκηπίου η κάθε μια κατά το χρόνο ζωής τους και παράγουν 70% λιγότερη θερμότητα, κάτι που τις καθιστά πιο ασφαλείς και παράλληλα μειώνονται τα ενεργειακά κόστη που αφορούν τον κλιματισμό του κτιρίου (*Energy Star*).



Η Energy Star, έχοντας επεκταθεί και στον κατασκευαστικό τομέα, προτείνει ένα ολοκληρωμένο πακέτο *Advanced Lighting Package*, το οποίο είναι μια κατασκευαστική επιλογή η οποία μπορεί να επιλεγεί από τον κατασκευαστή ή τον ιδιοκτήτη για την αναβάθμιση των φωτιστικών σωμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στα σπίτια, και την εγκατάσταση μοντέλων υψηλής αποδοτικότητας, πιστοποιημένων από την Energy Star.

ENERGY STAR® ADVANCED LIGHTING PACKAGE		
ROOM CATEGORY	SPECIFIC ROOMS WITHIN CATEGORY	MINIMUM PERCENTAGE OF REQUIRED ENERGY STAR® QUALIFIED FIXTURES PER ROOM CATEGORY
High-Use Rooms	Kitchen Dining Room, Living Room, Family Room, Bathroom(s) Hall(s), Stairway(s)	50% of Total Number of Fixtures
Medium/Low-Use Rooms	Bedroom, Den, Office, Basement, Laundry Room, Garage, Closet(s) and All Other Rooms	25% of Total Number of Fixtures
Outdoor	Outdoor Lighting Affixed to the Home or Free-Standing Pole(s) Except for Landscape and Solar Lighting	50% of Total Number of Fixtures, Including all Flood Lighting

Οι κατασκευαστές και μελετητές προτείνουν γενικότερα πολλές εναλλακτικές για την αποδοτικότερη χρήση του φωτισμού σε ένα κτίριο. Για παράδειγμα προτείνονται συστήματα *αυτόματου ελέγχου και διαχείρισης των φορτίων του φωτισμού*. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αυτόματες λειτουργίες ελέγχου της έντασης του φωτισμού (dimmer – ρεοστάτες φωτισμού) και συλλογής φυσικού, τόσο για την εξοικονόμηση ηλεκτρισμού όσο και για την παράταση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων. Τέτοια συστήματα μπορούν να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε γκαράζ, υπόγεια, αποθήκες και γενικά σε χώρους στους οποίους τα φώτα αφήνονται ανοικτά για εκτεταμένες περιόδους (*Built Green*). Επιπλέον, μπορούν να εγκατασταθούν ανιχνευτές κίνησης φωτοκύτταρα με χρονοδιακόπτη για την εξοικονόμηση ενέργειας και την αύξηση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων οι οποίοι φωτίζουν τον εξωτερικό χώρο ενός κτιρίου (*Green built home, Wisconsin Environmental Initiative*).

Μια άλλη τεχνική η οποία προτείνεται για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η χρήση σωληνοειδών φεγγιτών (*Tubular skylights*) οι οποίοι να εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους όπως μπάνια, κουζίνες ή οποιονδήποτε χώρο ο οποίος προσλαμβάνει μικρά ποσά φυσικού φωτισμού. Οι φεγγίτες αυτοί είναι συσκευές οι οποίες κατευθύνουν το φως από ένα άνοιγμα στη στέγη προς τα κάτω σε ένα διαχυντή ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο ταβάνι και μοιάζει σαν ένα συμβατικό φωτιστικό, υπεύθυνος για τη διανομή του φωτός. Το φως μεταφέρεται μέσω ενός



κυλινδρικού σωλήνα του οποίου οι εσωτερικές επιφάνειες είναι ιδιαίτερα ανακλαστικές, λειτουργώντας περίπου σαν μια μεγάλη οπτική ίνα. Τα κέρδη τα οποία ποσοτικοποιούνται από τη χρήση τέτοιων κατασκευών δεν δικαιολογούν το κόστος τους. Εντούτοις, υπάρχουν πολλά οφέλη τα οποία δεν ποσοτικοποιούνται όπως η αίσθηση του φυσικού φωτισμού, τα οφέλη στην υγεία κλπ. Είναι στην κρίση του ιδιοκτήτη ή κατασκευαστή να επιλέξει και να κρίνει το όφελος της κάθε τεχνικής (*Built Green*).

### **Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation, Air-Conditioning - HVAC)**

Το ποσό ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως για τις ανάγκες ενός κτιρίου για θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό, κυμαίνεται από 40 έως 60% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, ανάλογα με τον σχεδιασμό του, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις κλιματολογικές συνθήκες, τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός του κτιρίου και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Πέραν από την ενεργειακή κατανάλωση, τα συστήματα αυτά επηρεάζουν και την υγεία και άνεση των ενοίκων. Εκτελούν μια πολύ σημαντική λειτουργία και συχνά υποδεικνύονται ως προβληματικά πεδία, περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο ζήτημα που απασχολεί την διαμονή και εργασία σε ένα κτίριο. Οι απαιτήσεις των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού έχουν αυξηθεί δραματικά κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, λόγω κυρίως των αλλαγών σε άλλες σχεδιαστικές πρακτικές, όπως η μεγαλύτερη χρήση υαλοστασίων, τα αεροστεγή κτίρια, τα εναλλακτικά συστήματα κτιριακού κελύφους με μεγαλύτερα θερμικά φορτία και εκτεταμένη χρήση τεχνητού φωτισμού και οικιακού εξοπλισμού. Ως αποτέλεσμα, η εξάρτηση της λειτουργία των κτιρίων από ενεργειακές πηγές που προέρχονταν από ορυκτά καύσιμα έγινε εντονότερη, και παραβλέφτηκαν οι φυσικές ροές ενέργειας όπως το κλίμα, η θερμοκρασία και οι ηλιακές συνθήκες.

Ο στόχος ενός περιβαλλοντικά ολοκληρωμένου και εμπειρισταωμένου σχεδιασμού για τα συστήματα HVAC είναι να καλύπτει τις ανάγκες των ενοίκων με τη χρήση των πιο αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών μέσων, με το μικρότερο δυνατό αρχικό



κόστος αλλά και το μικρότερο δυνατό κόστος κύκλου ζωής. Έχουν προκύψει συστήματα τα οποία έχουν αναπτυχθεί προς την κατεύθυνση αυτή, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους παράγοντες όπως ο ηλιακός προσανατολισμός, η θερμική μάζα, η μόνωση, η επιλογή αρχιτεκτονικών υλικών, η τοποθέτηση και ο τύπος των πόρτων και παραθύρων καθώς και ο φυσικός εξαερισμός. Οι ανάγκες για θέρμανση και κλιματισμό επηρεάζονται από τα αλληλοεπηρεαζόμενα συστήματα και χαρακτηριστικά ενός κτιρίου, συμπεριλαμβανομένου των στοιχείων που συνθέτουν τον σχεδιασμό για παθητικά ηλιακά συστήματα, όπως είναι ο φυσικός και τεχνητός φωτισμός του κτιρίου καθώς και οι ανάγκες σε εξοπλισμό και άλλα θερμικά φορτία. Η βέλτιστη λύση για την επιλογή των συστημάτων HVAC θα πρέπει να καθορίζεται αφού έχουν πρώτα μελετηθεί διεξοδικά οι απαιτήσεις, οι ανάγκες, και έχουν προσδιοριστεί τα θερμικά φορτία όλων των αλληλεξαρτώμενων και αλληλένδετων συστημάτων και έχουν ληφθεί πολύ σοβαρά υπόψη όλα τα πιθανά κέρδη από τις στρατηγικές σχεδιασμού του κτιρίου. Μια τέτοια προσέγγιση είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί κατά την φάση του σχεδιασμού, ώστε να οδηγήσει σε μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις και μικρότερα κόστη για τα συστήματα HVAC.

Με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων μπορεί να γίνει *σωστή επιλογή του μεγέθους και της δυναμικότητας* του εξοπλισμού των συστημάτων αποτρέποντας την επιλογή εξοπλισμού που συχνά είναι υπερδιπλάσιας δυναμικότητας από τις πραγματικές ανάγκες. Η κακή επιλογή εξοπλισμού, αυξάνει προφανώς το πάγιο κόστος αγοράς του εξοπλισμού, τα λειτουργικά του κόστη και μειώνει το χρόνο ζωής του. Το βέλτιστο θα ήταν αν υπάρχει δυνατότητα να προβλεφθούν οι μελλοντικές ανάγκες, να επιλεγεί ο κατάλληλος εξοπλισμός ώστε να τις καλύπτει χωρίς να θυσιαστούν οι παρούσες ενεργειακές απαιτήσεις. Τέτοια μοντέλα υπάρχουν, κυρίως στις ΗΠΑ, όπως είναι το “Manual J”, το οποίο είναι ένα μοντέλο υπολογισμού του φορτίου για κατοικίες, που έχει εκδώσει ο ACCA (Air Conditioning Contractors of America) (*Built Green*).

Μια τεχνική η οποία επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας από τα συστήματα HVAC, είναι ο *διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες*. Οι διάφοροι χώροι εντός ενός κτιρίου, έχουν συνήθως διαφορετικές ανάγκες για θέρμανση, εξαερισμό και



κλιματισμό, λόγω των διαφορετικών ωραρίων χρήσης των χώρων, της ύπαρξης διαφορετικού εξοπλισμού που επιβαρύνει τα συστήματα HVAC, την διαφορετική έκθεση των χώρων στο εξωτερικό περιβάλλον κλπ. (*New York City – Department of Design and Construction*). Με τη δημιουργία ζωνών μέσω της βοήθειας εξελιγμένων συστημάτων ελέγχου, δίνεται η δυνατότητα στα μηχανικά συστήματα να διανέμουν τις ανάλογες ποσότητες αέρα στις κατάλληλες θερμοκρασίες, σε κάθε ζώνη του κτιρίου. Για μεγάλα κτίρια, υπάρχουν τα συστήματα Variable air volume (VAV), τα οποία προσφέρουν μεγάλη ελαστικότητα στην διανομή αέρα στο κτίριο. Για μικρότερα κτίρια, η «ζωνοποίηση» μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ξεχωριστών συστημάτων για κάθε ζώνη ή ομάδα ζωνών, όπου το κάθε σύστημα θα μπορεί να ρυθμιστεί βέλτιστα για τις ανάγκες της κάθε περιοχής (*County of San Mateo – Department of Public Works*). Η ρύθμιση μπορεί να γίνει επίσης με τη χρήση 2 ή περισσότερων θερμοστατών, οι οποίοι να ελέγχουν τα θερμικά και ψυκτικά φορτία της ζώνης στην οποία είναι τοποθετημένοι (*Built Green*).

Η σωστή χρήση του θερμοστάτη μπορεί να αποφέρει ετήσια κέρδη της τάξης του 10% στα λειτουργικά κόστη για θέρμανση και κλιματισμό. Με την εγκατάσταση ενός *προγραμματιζόμενου θερμοστάτη* υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμιστούν οι ώρες τις οποίες θα λειτουργεί η θέρμανση ή ο κλιματισμός. Ως αποτέλεσμα είναι δυνατή η μη λειτουργία των συστημάτων τις ώρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει φυσική παρουσία στο κτίριο και κατά τις νυκτερινές ώρες τις κατάκλισης. Αν ο θερμοστάτης ρυθμίζεται 10°–15° κάτω από την κανονική θερμοκρασία για 8 ώρες τουλάχιστο την ημέρα, η ετήσια εξοικονόμηση στα κόστη αντιστοιχεί σε 1% για κάθε βαθμό κελσίου. Τα ποσοστά των κερδών είναι μεγαλύτερα για κτίρια τα οποία βρίσκονται σε ηπιότερα κλίματα σε σχέση με άλλες περιοχές όπου το κλίμα είναι πιο ακραίο. Η ίδια στρατηγική μπορεί να ακολουθηθεί και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Μια συνήθης παρανόηση σχετικά με τους θερμοστάτες είναι ότι ο λέβητας και γενικά ο εξοπλισμός για τη θέρμανση ή κλιματισμό του κτιρίου λειτουργεί με μεγαλύτερη ένταση από το φυσιολογικό για να επαναφέρει το χώρο στα επιθυμητά επίπεδα άνεσης, μετά την παύση του συστήματος από τον θερμοστάτη, και κατ' επέκταση τα μικρά ή μηδενικά οφέλη από τη χρήση του θερμοστάτη. Αυτό που ισχύει είναι ότι το καύσιμο το οποίο απαιτείται για την επαναθέρμανση του κτιρίου στα επιθυμητά



επίπεδα άνεσης είναι χονδρικά ίσο με το καύσιμο το οποίο εξοικονομείται όταν η θερμοκρασία στο κτίριο πέφτει στο χαμηλό σημείο που έχει οριστεί. Εξοικονομείται καύσιμο μεταξύ της στιγμής κατά την οποία η θερμοκρασία σταθεροποιείται στο χαμηλότερο σημείο και της επόμενης χρονικής στιγμής που απαιτείται θέρμανση του χώρου. Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα κατά το οποίο το κτίριο παραμένει στη χαμηλή θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερα είναι τα κέρδη (EERE - US DOE).

Μια άλλη εναλλακτική για τη θέρμανση και κλιματισμό των κτιρίων είναι η χρήση συστημάτων ακτινοβολίας (*Radiant- Hydronic systems*). Τα συστήματα αυτά παρέχουν, σε σύγκριση με τα συστήματα διανομής αέρα, μεγαλύτερη αποδοτικότητα, άνεση και καλύτερες συνθήκες υγιεινής. Το μέσο το οποίο χρησιμοποιούν τα *Hydronic systems* για τη θέρμανση και τη ψύξη των κτιρίων είναι θερμό ή κρύο νερό, αν και όπως θα δούμε παρακάτω υπάρχουν και άλλα είδη συστημάτων με ακτινοβολία. Η θερμότητα μεταφέρεται στους ενοίκους μέσω του πατώματος ή εγκαταστάσεων στο ταβάνι ή τους τοίχους. Η διακίνηση του νερού γίνεται μέσω σωληνώσεων, και όχι αεραγωγών, οι οποίες είναι μικρότερες σε μέγεθος επομένως εξοικονομείται χώρος στο κτίριο. Σε συνδυασμό και με την τοποθέτηση ζωνών εντός του κτιρίου, το κόστος για την υλοποίηση είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τα δαπανηρά συστήματα ελέγχου που απαιτούν τα συστήματα με αέρα (*County of San Mateo – Department of Public Works*).

Τα συστήματα ακτινοβολίας μεταφέρουν απευθείας θερμότητα στο πάτωμα ή στους τοίχους και τα ταβάνια. Η λειτουργία τους εξαρτάται κυρίως από τη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία. Η θερμότητα μεταφέρεται απευθείας από τη θερμή επιφάνεια στους ενοίκους και τα αντικείμενα σε ένα χώρο μέσω της ακτινοβολίας της θερμότητας, ή αλλιώς υπέρυθρη ακτινοβολία. Η θέρμανση με ακτινοβολία διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα. Καταρχήν είναι πιο αποδοτική από τα συστήματα με τη εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα λόγω της μη απώλειας ενέργειας μέσα στους αεραγωγούς. Η απουσία διακίνησης αέρα μπορεί να είναι ευεργετική και για άτομα με αλλεργίες. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, και μπορούν να τροφοδοτούνται με ποικίλες ενεργειακές πηγές, όπως είναι το φυσικό αέριο, με λέβητες που λειτουργούν με λάδι, ξύλο, με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

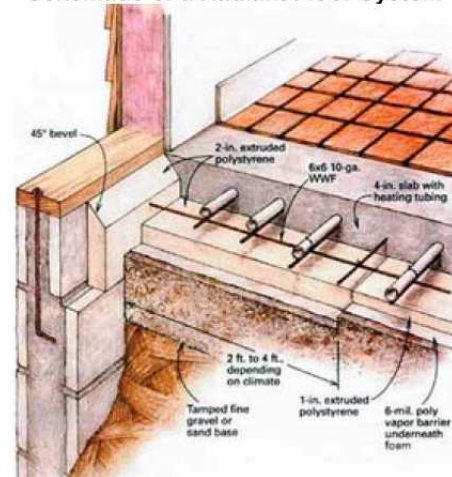
Eco_Criteria_analysis_final			Page 39 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



όπως ηλιακές συσκευές θέρμανσης του νερού, ακόμα και με συνδυασμό ενεργειακών πηγών.

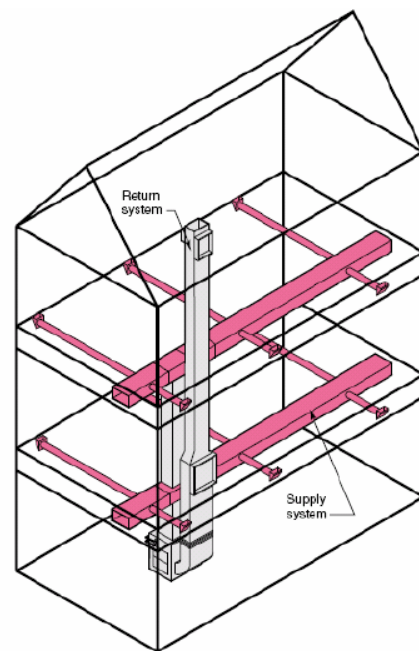
Παρά το όνομα τους, τα συστήματα υποδαπέδιας θέρμανσης με ακτινοβολία, βασίζονται σημαντικά και στην μεταφορά θερμότητας με συναγωγή. Αυτό συμβαίνει λόγω της θέρμανσης του αέρα στα χαμηλά στρώματα, λόγω του θερμού δαπέδου, και της ανόδου του στα υψηλότερα, εφόσον είναι ελαφρύτερος από τον κρύο αέρα, με την πλήρωση των χαμηλότερων στρωμάτων με κρύο αέρα και επομένως την φυσική κυκλοφορία του. Υπάρχουν τρεις τύποι υποδαπέδιας θέρμανσης. Το πρώτο χρησιμοποιεί ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας το νερό (*Hydronic systems*), αλλά υπάρχουν και τα συστήματα όπου το μέσο είναι ο αέρας (*radiant air floors*) και τελευταία είναι τα ηλεκτρικά συστήματα (*electric radiant floors*). Επιπλέον, και οι τρεις αυτοί τύποι θέρμανσης διαχωρίζονται σε ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης τους. Είναι τα συστήματα τα οποία αξιοποιούν την μεγάλη θερμική μάζα της τσιμεντένιας πλάκας ενός πατώματος ("wet installations") και τα συστήματα τα οποία εσωκλείουν τις σωληνώσεις μεταξύ δύο στρωμάτων κοντραπλακέ ("dry installations") (US DOE).

Schematic of a Radiant Floor System



Για την αποδοτικότερη λειτουργία του εξοπλισμού των συστημάτων HVAC η σήμανση Energy Star έχει επεκταθεί και στην πιστοποίηση αντλιών, ανεμιστήρων, φούρνων και λεβήτων για την θέρμανση νερού και αέρα. Η χρήση τέτοιων πιστοποιημένων συσκευών μπορεί να επιφέρει σημαντικά κέρδη στην εξοικονόμηση ενέργειας και καυσίμων. Οι λέβητες οι οποίοι είναι πιστοποιημένοι από την Energy Star έχουν ένα δείκτη ετήσιας αποδοτικής αξιοποίησης των καυσίμων (annual fuel utilization efficiency - AFUE) 90% ή μεγαλύτερο, καθιστώντας τους 15% πιο αποδοτικούς από τα συμβατικά μοντέλα. Η υψηλή αποδοτικότητα τους βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας λειτουργικών κοστών και μπορεί να προστατέψει από τα αυξανόμενες τιμές της ενέργειας (*Built Green*).

Μια άλλη σημαντική παράμετρος στην αποδοτικότερη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης είναι η θέση του λέβητα. Η θέση του λέβητα σε ένα κτίριο μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα του συστήματος διανομής ουσιαστικά. Ο στόχος είναι να τοποθετηθεί στην καταλληλότερη θέση ώστε να λειτουργεί με τη χρήση του μικρότερου αριθμού και μήκους σωληνώσεων ή αεραγωγών. Συνήθως το βέλτιστο σημείο στο οποίο μπορεί να τοποθετηθεί είναι κεντρικά όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα. Για την αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος διανομής, είναι



απαραίτητο να μην υπάρχουν σωληνώσεις έξω από τον χώρο του κτιρίου στον οποίο ελέγχεται η θερμοκρασία, όπως σε γκαράζ. Γενικότερα, ευθείες, μικρού μήκους σωληνώσεις και αεραγωγοί μεγιστοποιούν την απόδοση των συστημάτων HVAC και η τοποθέτηση του εξοπλισμού θέρμανσης σε κεντρικό σημείο του κτιρίου ελαχιστοποιεί τη χρήση υλικών και εργατικών για την τοποθέτηση των σωληνώσεων όπως επίσης ελαχιστοποιεί και τις απώλειες θερμότητας (Built Green).

Η κακή μόνωση και στεγανοποίηση των αεραγωγών μπορεί να οδηγήσει στην είσοδο καυσαερίων ή άλλων ρυπαντών και σε προβλήματα υψηλής πίεσης και θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στα δωμάτια του κτιρίου. Περίπου το 20% της ενέργειας η οποία καταναλώνεται από τα συστήματα HVAC μπορεί να σπαταληθεί λόγω των διαρροών από τους αεραγωγούς σε κακά εγκατεστημένα συστήματα, και επιπλέον όπως αναφέραμε και προηγουμένως οι διαρροές από τους αεραγωγούς μπορούν να επιφέρουν ανωμαλίες στην πίεση εντός του κτιρίου κάτι που με τη σειρά του μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (Built Green). Επομένως είναι επιβεβλημένη η μείωση των διαρροών αέρα από τους αεραγωγούς όπως και οι θερμικές απώλειες, στις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση συστημάτων



HVAC τα οποία λειτουργούν με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα, με την εφαρμογή μεθόδων στεγανοποίησης και καλής θερμομόνωσης (*Sustainable Building Technical Manual*).

Για τον κλιματισμό ενός κτιρίου, εκτός από τα μηχανικά ψυκτικά κύκλα, υπάρχουν και μέθοδοι οι οποίες δεν χρησιμοποιούν μεγάλα ποσά ενέργειας. Ο εξαερισμός είναι η λιγότερο δαπανηρή και η περισσότερο ενεργειακά αποδοτική τεχνική για τον κλιματισμό ενός κτιρίου. Ο εξαερισμός λειτουργεί καλύτερα όταν συνδυαστεί και με τεχνικές για την αποφυγή συσσώρευσης θερμότητας στο κτίριο. Σε κάποιες των περιπτώσεων ο φυσικός εξαερισμός μπορεί να είναι επαρκής για την κάλυψη των αναγκών ενός κτιρίου για κλιματισμό, αλλά συνήθως απαιτείται η συμπληρωματική λειτουργία ανεμιστήρων στο ταβάνι ή τα παράθυρα.

Ένα κτίριο έχει ανάγκη να εξαερίζεται και για λόγους υγιεινής και συντήρησης του κτιρίου. Με τον εξαερισμό μειώνονται οι ρυπαντές στον εσωτερικό αέρα, η υγρασία αλλά και οι οσμές. Ρυπαντές όπως η φορμαλδεΐδη, πτητικές οργανικές ουσίες (VOCs) και ραδόνιο μπορούν να συσσωρευτούν σε μη επαρκώς εξαεριζόμενα κτίρια προκαλώντας προβλήματα υγείας. Από την άλλη, τα υψηλά επίπεδα υγρασίας σε ένα σπίτι μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία μούχλας και ζημιών στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Για την διασφάλιση επαρκούς εξαερισμού των κτιρίων, η American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) έχει προτείνει ότι ένας χώρος διαβίωσης θα πρέπει να εξαερίζεται με ρυθμό 0.35 αλλαγών αέρα ανά ώρα ή 0,15 ft<sup>3</sup>/άτομο.min.

Ο εξαερισμός είναι αναποτελεσματικός σε θερμά και υγρά κλίματα, όπου οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μεταξύ νύκτας και μέρας είναι μικρές. Σε τέτοια κλίματα, ο εξαερισμός μέσω μιας σοφίτας μπορεί να συνδράμει στην μείωση της χρήσης των κλιματιστικών. Ο εξαερισμός της σοφίτας μειώνει σημαντικά τα ποσά της συσσωρευμένης θερμότητας, η οποία σταδιακά θα είχε οδηγηθεί στο κυρίως μέρος του κτιρίου. Οι εξαεριζόμενες σοφίτες έχουν περίπου 16°C χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτές οι οποίες δεν εξαερίζονται. Μια επομένως ουσιώδης παράμετρος για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τις ανάγκες κλιματισμού είναι ο σχεδιασμός του κτιρίου για την αξιοποίηση του φυσικού εξαερισμού.



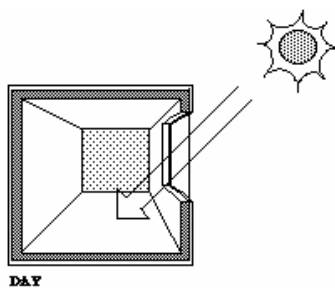
Ο φυσικός εξαερισμός βασίζεται στον άνεμο και στο φαινόμενο της καμινάδας ("chimney effect" ή "stack effect") ώστε να διατηρήσει ένα κτίριο δροσερό. Η μέθοδος αυτή έχει καλύτερη εφαρμοσιμότητα σε κλίματα όπου παρατηρείται αξιοσημείωτη πτώση της θερμοκρασίας κατά το βράδυ και υπάρχουν τακτικά ρεύματα αέρα.

Ο άνεμος μπορεί να εξαερίσει φυσικά ένα κτίριο με την είσοδο ή έξοδο του από τα παράθυρα, αναλόγως του προσανατολισμού τους προς τον άνεμο. Όταν ο άνεμος φυσάει προς το κτίριο, εισέρχεται αέρας σ' αυτό μέσω των προσήνεμων παραθύρων, καθώς την ίδια ώρα ένα φυσικό κενό το οποίο δημιουργείται στην υπήνεμη πλευρά του κτιρίου έχει την τάση να τραβά αέρα έξω από το κτίριο από τα υπήνεμα παράθυρα. Σε παράκτια κλίματα, πολλά κτίρια κοντά στη θάλασσα σχεδιάζονται ώστε να έχουν μεγάλα παράθυρα στην πλευρά που αντικρίζει τη θάλασσα για να εκμεταλλεύονται τα δροσερά θαλάσσια αέρια ρεύματα. Για ξηρότερα κλίματα, ο φυσικός εξαερισμός περιλαμβάνει και την αποφυγή συσσώρευσης θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας και τον εξαερισμό του κτιρίου κατά τις νυκτερινές ώρες.

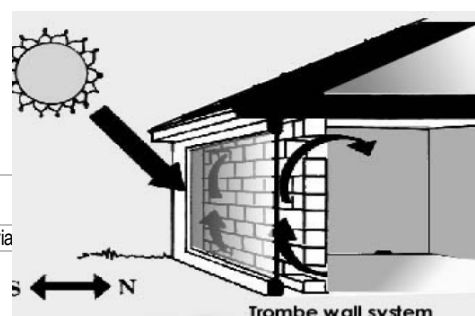
Το φαινόμενο της καμινάδας βασίζεται στην μεταφορά θερμότητας με συναγωγή και συμβαίνει όταν ψυχρός αέρας εισέρχεται σε ένα κτίριο στο ισόγειο ή το υπόγειο, απορροφά θερμότητα από το δωμάτιο, γίνεται ελαφρύτερος, ανεβαίνει στα υψηλότερα στρώματα και εξέρχεται από τα παράθυρα υψηλότερων ορόφων. Αυτό δημιουργεί ένα μερικό κενό το οποίο τραβά περισσότερο αέρα εντός του κτιρίου από τα παράθυρα του ισογείου. Το φαινόμενο αυτό λειτουργεί καλύτερα σε κτίρια με παράθυρα κοντά στην οροφή του κτιρίου, σε χειριζόμενους φεγγίτες ή σε παράθυρα σε υπερυψωμένα σημεία. Κτίρια σχεδιασμένα ώστε να αξιοποιούν παθητικές ηλιακές μεθόδους, είναι συχνά σχεδιασμένα να εκμεταλλεύονται την μεταφορά θερμότητας με συναγωγή για τη διανομή της θερμότητας σε όλο το κτίριο, και μπορούν εύκολα να εξαερίζονται φυσικά. Τέλος, να σημειωθεί ότι ο φυσικός εξαερισμός μπορεί να ενισχυθεί ή να υποβαθμιστεί μέσω της τοπογραφίας του περιβάλλοντος χώρου. Ανάλογα με το σχεδιασμό του κτιρίου και την κατεύθυνση και φορά του ανέμου, ένας ανεμοφράκτης όπως είναι ένας ξύλινος φράκτης, μια σειρά από θάμνους ή δέντρα

που εμποδίζουν την διέλευση του ανέμου, μπορούν να αλλοιώσουν τη διέλευση του ανέμου προς όφελος ή όχι του φυσικού εξαερισμού (EERE - US DOE).

Τα φορτία για θέρμανση και κλιματισμό ενός κτιρίου δεν είναι σταθερά αλλά παρουσιάζουν μια εποχιακή και ημερήσια διακύμανση. Με τη χρήση *συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας* τα φορτία αυτά μπορούν να διαχειριστούν και να μειωθεί η χρήση μηχανικών συστημάτων κατά τις περιόδους αιχμής. Σκοπός της αποθήκευσης της θερμότητας είναι η διατήρηση της πλεονάζουσας θερμότητας και η απελευθέρωση της όταν απαιτείται. Υπάρχουν δύο διαδικασίες αποθήκευσης της θερμότητας, η *άμεση και η έμμεση αποθήκευση*. Κατά την άμεση αποθήκευση, ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε ένα υλικό απορροφάται και αποθηκεύεται στη μάζα του στη μορφή θερμότητας. Στην περίπτωση της έμμεσης αποθήκευσης, όταν ο περιβάλλοντας αέρας γύρω από ένα σώμα ή η θερμοκρασία των γύρω σωμάτων είναι υψηλότερη τότε λόγω της αυθόρμητης τάσης των σωμάτων για θερμική ισορροπία το ψυχρότερο σώμα απορροφά θερμότητα από τα θερμότερα.



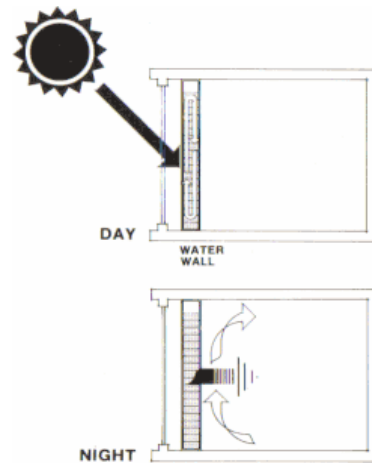
Τα συστήματα άμεσης αποθήκευσης θερμικής ενέργειας εμπίπτουν στον ευρύτερο σχεδιασμό για τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση. Οι μεγάλοι υαλοπίνακες με νότιο προσανατολισμό, όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, η μεγάλη θερμική μάζα για την αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας (ξύλινα πατώματα κλπ) και η μείωση των θερμικών απωλειών είναι οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι ευνοούν την άμεση αποθήκευση θερμότητας. Για την έμμεση αποθήκευση θερμότητας από τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι τα συστήματα τοίχου μάζας. Κατασκευασμένος από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και τοποθετημένος στην νότια πλευρά του κτιρίου, λειτουργεί ως μέσο συλλογής και αποθήκευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η συλλογή της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τη συμβολή ενός υαλοστασίου πολύ κοντά τοποθετημένου στον τοίχο, το οποίο σε συνδυασμό με το ενδιάμεσο στρώμα αέρα την εμποδίζουν να ακτινοβοληθεί πίσω στο περιβάλλον. Η



θερμική ενέργεια που συλλέγεται στη συνέχεια απορροφάται από τον τοίχο και μεταδίδεται σταδιακά με αγωγή προς τους υπόλοιπους χώρους. Γενικότερα, οι τοίχοι μάζας είναι σε θέση να παρέχουν ελεγχόμενα ηλιακή θερμότητα στον εσωτερικό χώρο χωρίς τη χρήση παραθύρων και άμεσου ηλιακού φωτός, αποφεύγοντας τα πιθανά προβλήματα από την θάμβωση και υπερθέρμανση. Μια γνωστή παραλλαγή του τοίχου μάζας είναι ο *τοίχος Trombe* (Χρ. Κορωνάιος, 2006).

Η υψηλή θερμοχωρητικότητα του νερού το καθιστά σημαντική εναλλακτική ως μέσο αποθήκευσης θερμότητας. Επιπλέον, λόγω της φύσης του νερού, η θερμότητα μεταδίδεται εξίσου σε όλο τον όγκο του μέσου, καθιστώντας το θερμικά ομοιογενές.

Οι σχεδιαστές παθητικών ηλιακών συστημάτων έχουν πειραματιστεί με πλειάδα θερμικών αποθηκευτικών δεξαμενών νερού και κυρίως με δεξαμενές εντός των τοίχων (*Sustainable Building Technical Manual*). Καθώς το νερό θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, η θερμότητα μεταδίδεται ταχύτατα σε όλο τον όγκο του μέσου με συναγωγή και ο εσωτερικός χώρος θερμαίνεται από την ακτινοβολούμενη θερμότητα μέσω του τοίχου, όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα (*Arizona Solar Center*).

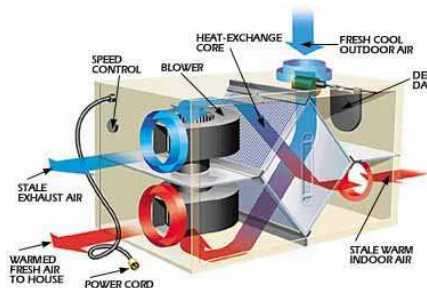


Τέλος, δεν μπορεί κανείς να παραβλέψει τα οφέλη από την *ανάκτηση θερμότητας* από τα απορριπτόμενα θερμά ρεύματα, αέρια και υγρά, που προκύπτουν από τη λειτουργία ενός κτιρίου.

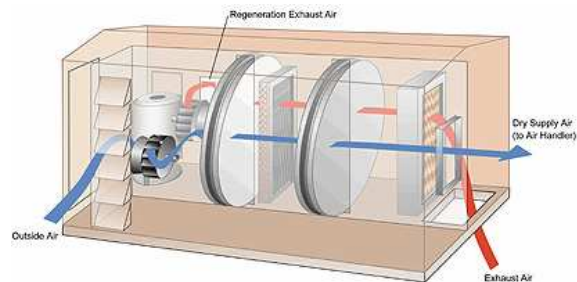
Περιβαλλοντικά φιλικά, οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικά σπίτια αλλά και άνετα, διαθέτουν ένα καλά μονωμένο κέλυφος, στεγανοποιημένο για την διατήρηση της θερμότητας εντός του κτιρίου. Για να μην υπάρχει συσσώρευση στάσιμου και μη ανανεωμένου αέρα στο κτίριο έχει προκύψει η ανάγκη για εξαερισμό. Η απλή εισαγωγή φρέσκου καθαρού αέρα και η απομάκρυνση του προηγούμενου παλαιού αέρα θα προκαλούσε τεράστιες θερμικές απώλειες στο κτίριο. Επομένως η λύση είναι

η μεταφορά θερμότητας από το εξερχόμενο αέριο ρεύμα στο εισερχόμενο ρεύμα φρέσκου αέρα κατά τη διαδικασία του εξαερισμού.

Η ανάκτηση θερμότητας μέσω του εξαερισμού, δηλαδή ουσιαστικά την εναλλαγή θερμότητας μεταξύ δύο αέριων ρευμάτων, απαιτεί την ύπαρξη ενός συστήματος εξαερισμού με ένα εναλλάκτη θερμότητας κατ' αντιρροή όπου τα δύο αέρια ρεύματα θα ανταλλάσουν θερμότητα. Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων ανάκτησης θερμότητας από τα αέρια ρεύματα του εξαερισμού. Το ένα αφορά την ανάκτηση απλώς της θερμότητας από το εξερχόμενο ρεύμα αέρα (heat-recovery ventilators (1) – HRV) και το άλλο την ανάκτηση τόσο της αισθητής όσο και της λανθάνουσας θερμότητας (enthalpy-recovery ventilators (2) - ERV). Η κύρια διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα έγκειται στον τρόπο λειτουργίας του εναλλάκτη θερμότητας. Τα συστήματα ανάκτησης ενθαλπίας εκτός από τη θερμότητα ανακτούν και ένα μέρος της υγρασίας από τον εξερχόμενο αέρα.



(1) Heat-recovery ventilator



(2) Enthalpy-recovery ventilator

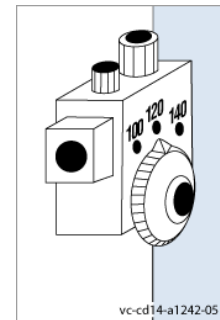
Κατά τους χειμερινούς μήνες όπου ο εισερχόμενος εξωτερικό αέρας είναι λιγότερο υγρός από τον εσωτερικό, τα συστήματα ανάκτησης ενθαλπίας βοηθούν στην διατήρηση σταθερών επιπέδων υγρασίας εντός του κτιρίου. Το καλοκαίρι συμβαίνει το αντίθετο, με τον εξερχόμενο αέρα να είναι, θεωρητικά τουλάχιστον, ξηρότερος από τον εισερχόμενο και να απορροφά μέρος της υγρασίας του, βοηθώντας και πάλι στον έλεγχο των επιπέδων υγρασίας στο κτίριο.

Ανάκτηση θερμότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί και από τα θερμά ρεύματα νερού τα οποία απορρίπτονται συνήθως στους υπονόμους χωρίς να αξιοποιούνται. Για την ανάκτηση θερμότητας από τα ρεύματα αυτά θα γίνει αναλυτική αναφορά στη συνέχεια όπου πραγματεύεται το θέμα της θέρμανσης νερού.

## Θέρμανση νερού

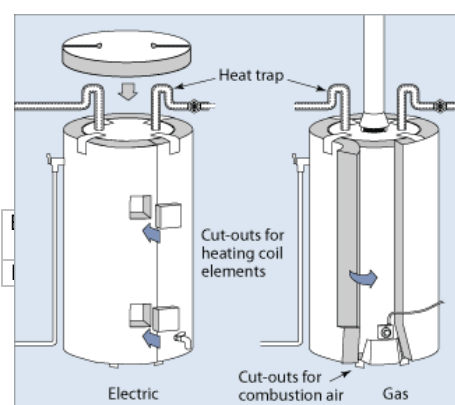
Η θέρμανση νερού είναι υπεύθυνη για την κατανάλωση του 15-25% της ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα σπίτι. Το κόστος αυτό μπορεί να ελαττωθεί με τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού καθώς και με τη χρήση διάφορων τεχνικών και στρατηγικών για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Το κόστος της θέρμανσης νερού μπορεί πολύ απλά να ελαττωθεί *χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία του θερμοστάτη* στο θερμοσίφωνα. Για κάθε 5 °C περίπου μείωσης της θερμοκρασίας είναι δυνατή η εξοικονόμηση 3-5% σε ενεργειακά κόστη. Παρόλο που πολλοί κατασκευαστές ρυθμίζουν το θερμοστάτη στους 60 °C, τα περισσότερα σπίτια δεν απαιτούν ρύθμιση πάνω από 45-50 °C.



Εξάλλου η θέρμανση του νερού στους 60°C εγκυμονεί και τον κίνδυνο του εγκαύματος. Η ελάττωση της θερμοκρασίας του ζεστού νερού επιβραδύνει και την απόθεση πέτρας και τη διάβρωση των αγωγών αλλά και του θερμοσίφωνα. Αυτό επιτρέπει στο θερμοσίφωνα να μεγιστοποιεί τη διάρκεια ζωής του και να λειτουργεί με τη μέγιστη αποδοτικότητα.

Ένα άλλο μέτρο το οποίο μπορεί να ληφθεί για την εξοικονόμηση ενέργειας από τη θέρμανση νερού είναι η *θερμομόνωση των αγωγών μεταφοράς του νερού*. Η μείωση των θερμικών απωλειών μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του νερού 1-2 °C σε σχέση με τους μη μονωμένους αγωγούς, δίνοντας τη δυνατότητα όπως αναφέρθηκε προηγουμένως να ρυθμιστεί ο θερμοστάτης σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Επιπλέον, με αυτό τον τρόπο δε χρειάζεται κανείς να περιμένει πάρα πολύ από τη στιγμή που ανοίγει τη βρύση για να έχει ζεστό νερό, συμβάλλοντας έτσι και στην εξοικονόμηση νερού. Η χρήση αφρού θερμομόνωσης από πολυαιθυλένιο ή νεοπρένιο (*Pipe sleeves*) είναι το πιο συνηθισμένο είδος μόνωσης για το σκοπό αυτό.



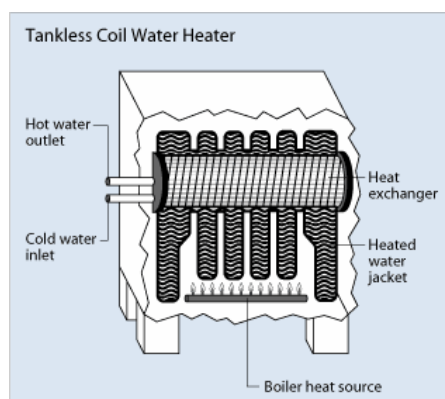
Εκτός από τη θερμομόνωση των αγωγών, ενεργειακά οφέλη μπορεί να αποφέρει και η *μόνωση του ίδιου του θερμοσίφωνα*. Η



θερμομόνωση του θερμοσίφωνα μπορεί να ελαττώσει τις θερμικές απώλειες 25-45% εξοικονομώντας 4-9% σε κόστος θέρμανσης νερού. Αν δεν είναι ήδη μονωμένος θα πρέπει να μονωθεί και επιπλέον αν στηρίζεται στο έδαφος μπορεί να τοποθετηθεί κάτω από αυτόν μονωτικό υλικό ώστε να μην υπάρχουν απώλειες θερμότητας προς αυτό. Στην αγορά υπάρχουν προκατασκευασμένα μονωτικά καλύμματα για το σκοπό αυτό ή μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει φύλλα υαλοβάμβακα και να επενδύσει τον θερμοσίφωνα. Επιπλέον, εάν δεν υπάρχουν ήδη εγκατεστημένες *θερμοπαγίδες* θα πρέπει να εγκατασταθούν αφού εξοικονομούν ενέργεια και χρήματα μειώνοντας τις θερμικές απώλειες λόγω ανεπιθύμητης ροής θερμού νερού έξω από το θερμοσίφωνα.

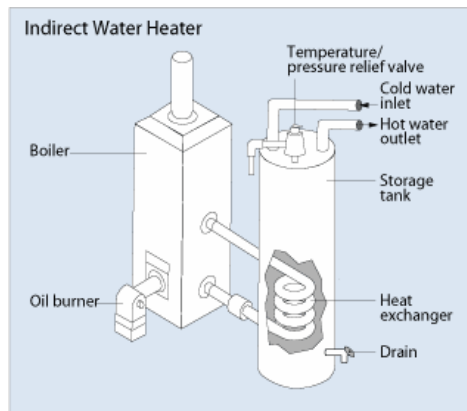
Όταν τα κτίρια κατασκευάζονται με ιδιαίτερα αποδοτικά κελύφη, τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και κλιματισμό μειώνονται. Αν τα φορτία είναι μικρά τότε δεν απαιτείται και δαπανηρός εξοπλισμός υψηλής απόδοσης. Ο *συνδυασμός του εξοπλισμού για θέρμανση νερού και χώρου* μπορεί να μειώσει το αρχικό πάγιο κόστος του εξοπλισμού. Η συνήθης πρακτική είναι η χρήση ξεχωριστού εξοπλισμού για τις ανάγκες θέρμανσης νερού και χώρου, ενώ με το συνδυασμό των συστημάτων απαιτείται μόνο μια συσκευή θέρμανσης. Ο συνδυασμός των συστημάτων αυτών με εξοπλισμό υψηλής αποδοτικότητας είναι σε θέση να μειώσει το συνολικό κόστος πάνω από 15% σε σύγκριση με τα ξεχωριστά συστήματα. Επιπλέον, η πρακτική αυτή του συνδυασμού των συστημάτων θέρμανσης νερού και χώρου, μπορεί να εξοικονομήσει στον κατασκευαστή ένα σημαντικό μέρος του κόστους εγκατάστασης σε σχέση με την εγκατάσταση ξεχωριστών συστημάτων (*Energy Star*).

Για το σκοπό αυτό υπάρχουν συστήματα έμμεσης θέρμανσης του νερού ή εναλλακτών θερμότητας χωρίς αποθηκευτικό μέσο. Οι εναλλάκτες θερμότητας, οι



οποίοι είναι μια σπειροειδής κατασκευή, εγκατεστημένη σε ένα κεντρικό λέβητα, θερμαίνουν το νερό όταν ανοίξει μια βρύση ζεστού νερού, και το νερό περνά μέσα από την συσκευή του λέβητα. Οι συσκευές αυτές παρέχουν ζεστό νερό όταν αυτό απαιτείται, θερμαίνοντας το άμεσα με τη διέλευση του από

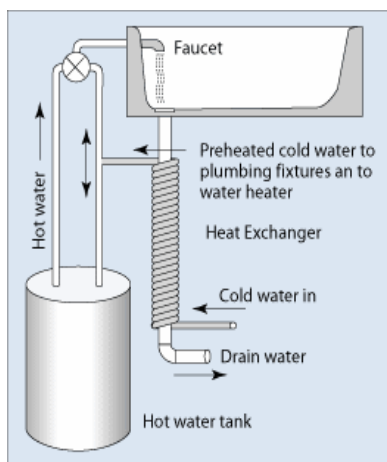
το λέβητα, και δεν αποθηκεύουν ζεστό νερό για μελλοντική χρήση. Λειτουργούν καλύτερα κατά τις ψυχρές περιόδους όταν το σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιείται πιο τακτικά και ως εκ τούτου είναι λιγότερο αποδοτικά για κτίρια τα οποία βρίσκονται σε θερμότερα κλίματα.



Τα συστήματα έμμεσης θέρμανσης αποτελούν μια πιο αποδοτική λύση για τα περισσότερα κτίρια, αν και απαιτούν την ύπαρξη αποθηκευτικής δεξαμενής. Μια τέτοια διάταξη χρησιμοποιεί την κεντρική μονάδα θέρμανσης, το λέβητα δηλαδή, για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο διακινείται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας εντός της αποθηκευτικής

δεξαμενής. Η αποθηκευμένη ενέργεια επιτρέπει στην κεντρική μονάδα να λειτουργεί λιγότερο συχνά για την κάλυψη των αναγκών σε θερμό νερό κάτι το οποίο εξοικονομεί ενέργεια. Επομένως ένα σύστημα έμμεσης θέρμανσης σε συνδυασμό με ένα λέβητα υψηλής αποδοτικότητας και μιας καλά μονωμένης δεξαμενής αποθήκευσης μπορεί να αποτελέσει το φθηνότερο ίσως τρόπο για την παροχή θερμού νερού. Τα συστήματα έμμεσης θέρμανσης μπορούν να λειτουργήσουν με φυσικό αέριο, προπάνιο, πετρέλαιο, ηλεκτρισμό, ηλιακή ενέργεια ή και συνδυασμό των παραπάνω, σε αντίθεση με τα συστήματα χωρίς αποθηκευτικό μέσο τα οποία κινούνται κυρίως από ηλεκτρική ενέργεια ή φυσικό αέριο. Τέλος, τα συνδυασμένα αυτά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν τόσο με συστήματα θέρμανσης χώρου με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα όσο και με υποδαπέδια υδρονικά συστήματα.

Τέλος, από τις εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται θερμό νερό μπορεί να γίνει *ανάκτηση μέρους της θερμότητας*, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους στη συνέχεια. Η θερμότητα που απορρίπτεται αντιπροσωπεύει περίπου το 80-90% της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού σε ένα σπίτι. Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας από τα ρεύματα των απόβλητων νερών (drain-water ή greywater) χρησιμοποιούν την ανακτώμενη θερμότητα για την προθέρμανση του νερού το οποίο εισέρχεται στον θερμοσίφωνα ή καταλήγει σε άλλες εφαρμογές.



Οι τεχνικές ανάκτησης θερμότητας από τα απόβλητα νερά έχουν καλή εφαρμογή με όλους τους τύπους θερμοσίφωνων και ειδικά με τους ηλιακούς. Οι εναλλάκτες αυτοί μπορούν να ανακτούν θερμότητα και από το ζεστό νερό το οποίο χρησιμοποιείται σε μπάνια, ντους, νεροχύτες, πλυντήρια πιάτων και ρούχων. Για τη χρήση τους με πλυντήρια πιάτων ή ρούχων θα πρέπει να υπάρχει και μια μονάδα με τη δυνατότητα αποθήκευσης της ανακτώμενης

θερμότητας. Χωρίς τη μονάδα αυτή θα υπάρχει η δυνατότητα για ενεργειακά οφέλη μόνο όταν υπάρχει ταυτόχρονη ροή κρύου νερού και θερμού απόβλητου νερού, όπως όταν κάνει κανείς μπάνιο για παράδειγμα. Τα συστήματα χωρίς αποθηκευτικό μέσο, έχουν συνήθως ένα χάλκινο εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος αντικαθιστά το κάθετο κομμάτι του κυρίως αγωγού αποχέτευσης, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Καθώς το ζεστό νερό κατέρχεται του εναλλάκτη, ένα ρεύμα κρύου νερού ανέρχεται μέσω ενός σπειροειδούς χάλκινου σωλήνα ο οποίος είναι στερεά τυλιγμένος γύρω από το χάλκινο κομμάτι του αποχετευτικού αγωγού. Με τη επαφή των δύο ρευμάτων μεταφέρεται θερμότητα από το ρεύμα του απόβλητου στο φρέσκο νερό, προθερμαίνοντας το πριν οδηγηθεί στο θερμοσίφωνα ή άλλη εφαρμογή όπως το ντους. Με την προθέρμανση του κρύου νερού, τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας βοηθούν στην αύξηση της δυναμικότητας για θέρμανση νερού, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου ο θερμοσίφωνα είναι μικρότερος των αναγκών (EERE - US DOE).

### Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν ίσως την καλύτερη λύση σήμερα για την αντιμετώπιση των τεράστιων περιβαλλοντικών προβλημάτων τα οποία έχει προκαλέσει η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων και όχι μόνο. Η ρύπανση και μόλυνση του αέρα και των υδατικών διαθεσίμων, η εξαντλητική εξόρυξη και εκμετάλλευση των φυσικών διαθεσίμων με τον κίνδυνο της εξάντλησης να είναι πλέον ορατός, με την παγκόσμια κλιματική αλλαγή να προκαλεί «αλλοίωση» των έως

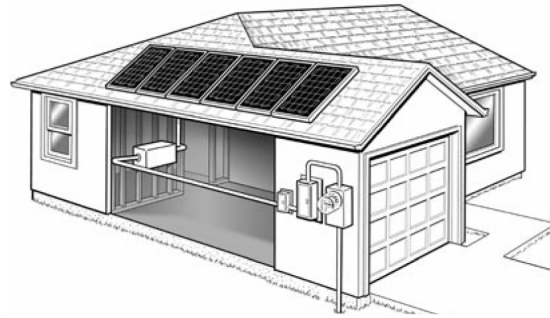


τώρα δεδομένων εποχιακών διακυμάνσεων των καιρικών φαινομένων, με την υπερθέρμανση του πλανήτη να απειλεί με αφανισμό τις παράκτιες περιοχές σε μερικά χρόνια, με το καινούριο φαινόμενο της πλανητικής σκίασης να ρίχνει λάδι στη φωτιά αλλάζοντας τα δεδομένα για την υπερθέρμανση του πλανήτη και καταρρίπτοντας τις μέχρι τώρα συντηρητικές όπως αποδεικνύεται εκτιμήσεις για το μέγεθος της υπερθέρμανσης, με τα ακραία καιρικά φαινόμενα να σαρώνουν τον πλανήτη, η λύση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, φιλικών στο περιβάλλον αποτελεί επιτακτική αναγκαιότητα για την διασφάλιση της διαβίωσης μας στον πλανήτη. Επιπλέον, σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, την παραγωγή των οποίων ελέγχουν μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες μέσω του ελέγχου των καυσίμων και του δικτύου διανομής τους, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παράγονται τοπικά και χωρίς κόστος. Ένας αντίλογος στο παραπάνω, είναι η επέκταση των πετρελαϊκών εταιριών και στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών οι οποίες λόγω οικονομικού μεγέθους ελέγχουν την τεχνογνωσία άρα και την αγορά η οποία αφορά τον εξοπλισμό για την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας, με καλύτερο παράδειγμα την εταιρία BP (British Petroleum ή Beyond Petroleum όπως μετονομάστηκε), η οποία κατείχε το 20% της παγκόσμιας αγοράς σε παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων το έτος 2004.

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, ο οικιακός τομέας μαζί με τον εμπορικό καταναλώνουν σχεδόν το 50% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας και παράγουν σχεδόν το 40% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στις ανεπτυγμένες χώρες της Δύσης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκουν πολλές εφαρμογές στα κτίρια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους. Προηγουμένως αναφέρθηκαν διάφορες τεχνικές και μέθοδοι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας κυρίως με παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, τεχνικές αποθήκευσης θερμότητας (τοίχος Trombe κλπ), φυσικός φωτισμός, νότιος προσανατολισμός των υαλοστασίων κλπ. Πέραν όμως από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, μεγάλη εφαρμοσιμότητα στις κτιριακές εγκαταστάσεις έχουν και τα ενεργά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά ή μικρές ανεμογεννήτριες, τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού για τη χρήση του είτε στα συστήματα θέρμανσης χώρου ή του σε άλλες οικιακές

εφαρμογές, η αξιοποίηση της αστείρευτης δεξαμενής θερμότητας της γης με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για τη θέρμανση νερού κλπ.

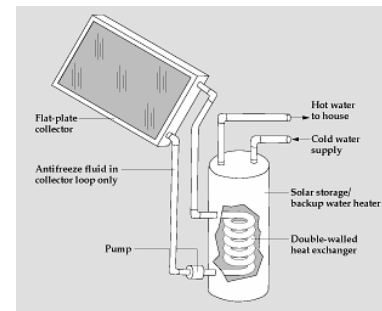
Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών αφορά την άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση διατάξεων ημιαγωγών, των ηλιακών κυψέλων. Η τεχνολογία αυτή δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση και ο χρόνος ζωής του εξοπλισμού είναι αρκετά μεγάλος. Η μετατροπή του ηλιακού φωτός με τη βοήθεια του φωτοηλεκτρικού φαινομένου σε ηλεκτρισμό δεν ρυπαίνει και σε συνδυασμό με το μεγάλο χρόνο ζωής του εξοπλισμού, την απλότητα του συστήματος και τα ελάχιστα διαθέσιμα που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, αποτελεί μια ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία.



Προτού γίνει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και γενικά ενεργών ηλιακών συστημάτων απαιτείται η ολοκληρωμένη μελέτη των δυνατοτήτων για ένα τέτοιο σχεδιασμό, και αφού έχει προηγηθεί ο σχεδιασμός για την αξιοποίηση παθητικών συστημάτων και τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας. Πρώτιστα είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μελέτη των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών, της έντασης δηλαδή της ηλιοφάνειας και των διακυμάνσεων της. Εφόσον μιλάμε για τον αρχικό σχεδιασμό ενός κτιρίου τότε θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για το χώρο όπου θα τοποθετηθεί ο εξοπλισμός. Σε περίπτωση που θα γίνει εγκατάσταση σε υπάρχοντα κτίρια θα πρέπει πρώτα να ευρεθεί ο κατάλληλος χώρος προτού προχωρήσει ο σχεδιασμός. Επιπλέον, αναγκαία είναι η πραγματοποίηση μιας ανάλυσης κύκλου ζωής όσον αφορά το κόστος, και ειδικότερα αναφορικά με το αρχικό μέγεθος της επένδυσης, τα λειτουργικά κόστη αλλά και τα αναμενόμενα ενεργειακά κέρδη σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα. Η ανάλυση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με χρονικό ορίζοντα τον αναμενόμενο χρόνο ζωής του εξοπλισμού, και βάση αυτού ο ιδιοκτήτης ή ο κατασκευαστής θα αποφασίσει αν είναι οικονομικά βιώσιμο και συμφέρον να προχωρήσει σε μια τέτοια επένδυση (*Sustainable Building Technical Manual*). Το κόστος των

φωτοβολταϊκών είναι αρκετά υψηλό και δεν επιτρέπει τη χρήση του για μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές μικρότερης ισχύος όπως είναι τα κτίρια. Ο ετεροχρονισμός παραγωγής και ζήτησης της ενέργειας είναι άλλη μια παράμετρος η οποία έμμεσα αυξάνει το κόστος αφού απαιτείται η χρήση συσσωρευτών. Τέλος, τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών πλαισίων στοχεύουν στην ελάττωση του κόστους αλλά και στην ενσωμάτωση τους στα κτίρια, και το κόστος τους έχει πέσει στο  $1\$/W_p$  (Watt αιχμής) από τα  $1000\$/W_p$  που ήταν όταν πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες εφαρμογές στο διάστημα (Χρ. Κορωνάιος, 2006). Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ανεμογεννήτριες, όμως λόγω του ότι απαιτείται μεγάλου μεγέθους εγκατάσταση για την ουσιαστική κάλυψη αναγκών η χρήση ανεμογεννητριών μπορεί να γίνει στα πλαίσια ενός ευρύτερου σχεδιασμού μιας ολόκληρης κοινότητας και όχι μεμονωμένα ενός κτιρίου.

Έκτος από τα φωτοβολταϊκά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν και άλλα ενεργά ηλιακά συστήματα όπως για τη θέρμανση νερού. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από συλλέκτες οι οποίοι είναι συνήθως εγκατεστημένοι στην οροφή, μια δεξαμενή αποθήκευσης και συστήματα ελέγχου. Οι ηλιακοί αυτοί θερμοσίφωνες χρησιμοποιούνται για πάνω από 30 χρόνια και είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς σε όλο τον κόσμο. Το ζεστό νερό από τέτοιες εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για άμεση χρήση σε βρύσες όσο και για τα συστήματα θέρμανσης του χώρου.



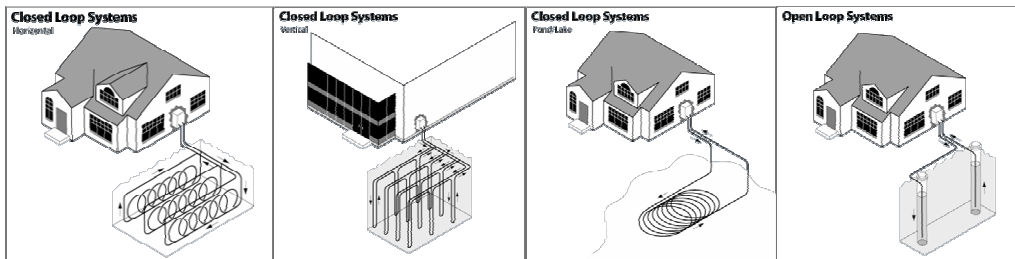
Τέλος, εκτός από την ηλιακή ενέργεια, σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησης προσφέρονται και από την γεωθερμική ενέργεια όταν το υπέδαφος προσφέρεται. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ή γεωεναλλάκτες) χρησιμοποιούνται από τη δεκαετία του 1940 αξιοποιώντας την μεγάλη δεξαμενή θερμότητας που είναι το έδαφος. Οι γεωεναλλάκτες δεν χρησιμοποιούν τον αέρα ως δεξαμενή θερμότητας κάτι που επιτρέπει στο σύστημα να προσεγγίζει πολύ υψηλές αποδόσεις της τάξης του 300%-600% κατά τις ψυχρότερες χειμερινές περιόδους. Ανεξαρτήτως της



θερμοκρασιακής κατάστασης της ατμόσφαιρας, η οποία μπορεί να φτάνει και σε ακραία μεγέθη, λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες του εδάφους κυμαίνονται από 7°C έως 21°C. Η θερμοκρασία αυτή είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες και ψυχρότερη κατά τους θερινούς μήνες. Τη θερμοκρασιακή αυτή διαφορά εκμεταλλεύονται οι γεωεναλλάκτες ανταλλάσσοντας θερμότητα μεταξύ του αέρα και του εδάφους.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι το γεγονός ότι καταναλώνουν 25%-50% λιγότερο ηλεκτρισμό σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Οι γεωεναλλάκτες χρησιμοποιούν μια μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας για να δώσουν πίσω τρεις με τέσσερις μονάδες θερμικής ενέργειας. Σύμφωνα με την U.S. Environmental Protection Agency, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και τις αντίστοιχες εκπομπές, μέχρι 44% σε σύγκριση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας με δεξαμενή θερμότητας τον αέρα, και έως 72% σε σχέση με τη θέρμανση με ηλεκτρική αντίσταση.

Για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας υπάρχουν τεσσάρων ειδών γεωεναλλακτών. Οι τρεις από αυτούς είναι κλειστού κυκλώματος (οριζόντιος, κάθετος και λίμνης) και ο τέταρτος τύπος είναι ανοικτού κυκλώματος, όπως φαίνονται στα πιο κάτω σχήματα. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, την κατάσταση του εδάφους, τη διαθέσιμη γη και το κόστος της εγκατάστασης στον επιλεγμένο χώρο. Όλες αυτές οι εναλλακτικές λύσεις γεωεναλλακτών είναι μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε κατοικίες όσο και σε εφαρμογές σε εμπορικά κτίρια.







## Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Με την πιθανή ύπαρξη εκατοντάδων διαφορετικών ρυπαντών στον εσωτερικό αέρα, η ταυτοποίηση των προβλημάτων στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθώς και η ανάπτυξη λύσεων καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη υπόθεση. Η μελέτη των συνθηκών ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι ένα σχετικά πρόσφατο εγχείρημα και παρόλο που οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω του κακού σχεδιασμού είναι γνωστές όπως και διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης τους μέσα από καλύτερο σχεδιασμό, ακόμα απαιτείται μεγάλη ερευνητική προσπάθεια για την ολοκληρωμένη μελέτη του πολύπλοκου αυτού τομέα. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες σε όλο τον κόσμο για την έρευνα στον τομέα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Στις ΗΠΑ για παράδειγμα, έχουν εμπλακεί κυβερνητικές υπηρεσίες όπως η U.S. Environmental Protection Agency (EPA), το National Institute of Standards and Technology (NIST), το National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), το Occupational Safety and Health Administration (OSHA), αλλά και επαγγελματικές ομάδες όπως η American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) και το American Society for Testing and Materials (ASTM) (*Sustainable Building Technical Manual*). Η Ευρωπαϊκή Ένωση από την πλευρά της έχει θέσει σε λειτουργία το *INDOORTRON*, ένα μοναδικό εργαστήριο για τη μελέτη των πηγών αλλά και των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και άνεση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

Οι ευρωπαίοι πολίτες περνούν σχεδόν το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους. Μελέτες που έγιναν σχετικά με την έκθεση των ανθρώπων σε μολυσμένο εσωτερικό περιβάλλον από το Κοινό Ερευνητικό Κέντρο (Joint Research Centre) της ΕΕ αποκάλυψαν ότι η απειλή από την έκθεση σε μολυσμένο εσωτερικό περιβάλλον μπορεί να είναι διπλάσια σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον. Εκατοντάδες πτητικές ουσίες έχουν ανιχνευτεί και μερικές από αυτές είναι τοξικές, μεταλλαξιογόνες ή καρκινογόνες, με το πλήθος των πηγών τους να είναι τεράστιο. Το 20% των Ευρωπαίων πάσχουν από άσθμα λόγω των ουσιών που εισπνέουν εντός των κτιρίων. Οι κυριότεροι ύποπτοι για την αύξηση των καρκίνων στον ευρωπαϊκό πληθυσμό είναι ο καπνός από τα τσιγάρα, ο άσβεστος, το ραδόνιο και το βενζόλιο.

Eco_Criteria_analysis_final			Page 56 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



(<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/03/1278&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>)

Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα εξαρτάται και καθορίζεται από την αλληλεπίδραση πολλών πολύπλοκων παραγόντων, ο καθένας από τους οποίους συμβάλει διαφορετικά. Τα **κατασκευαστικά υλικά, τα έπιπλα και ο εξοπλισμός** είναι από τις κυριότερες πηγές μυρωδιών, σωματιδίων και πτητικών οργανικών ενώσεων. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις οι οποίες απελευθερώνονται από συγκεκριμένα υλικά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες οργανικές πτητικές ενώσεις και να σχηματίσουν καινούργιες χημικές ενώσεις ιδιαίτερα βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία. Η **ανεπιθύμητη συσσώρευση θερμότητας και υγρασίας** με τη βοήθεια κάποιων υλικών τα οποία παρέχουν τις θρεπτικές ουσίες μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη βακτηρίων και μούχλας, τα οποία παράγουν μικροβιακές πτητικές οργανικές ενώσεις (MVOCs), τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας στους ενοίκους αν περάσουν στον οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος. Στην ποιότητα του αέρα συμβάλει και το **κτιριακό κέλυφος** το οποίο ελέγχει την διείσδυση εξωτερικού αέρα και υγρασίας και επομένως καθορίζει έμμεσα τις συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορούν να αναπτυχθούν ή όχι βακτήρια ή μούχλα. Τα **συστήματα εξαερισμού** τα οποία ελέγχουν τη διανομή, τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου επιδρούν σημαντικά στην ποιότητα του αέρα. Ο ανεπαρκής εξαερισμός συμβάλει στη συσσώρευση των διάφορων ρύπων στο εσωτερικό του κτιρίου αυξάνοντας την επικινδυνότητα τους. Επιπλέον, ακουστικά υλικά στα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού συμβάλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα με αντίστοιχο τρόπο με τα κατασκευαστικά υλικά. Η έλλειψη **συντήρησης** του κτιρίου επιτρέπει την αύξηση των επιπέδων συγκέντρωσης σκόνης, μούχλας, μυρωδιών και σωματιδίων επιβαρύνοντας με τη σειρά τους την ποιότητα του αέρα. Η χρήση καθαριστικών τα οποία περιέχουν VOCs καθώς και η **παρουσία των ενοίκων, οι δραστηριότητες** τους και η ύπαρξη κατοικίδιων συμβάλουν στη ρύπανση του εσωτερικού αέρα με μικροοργανισμούς και αλλεργιογόνα αλλά και με όλες τις βλαβερές ουσίες που ελευθερώνονται με το κάπνισμα ή άλλες δραστηριότητες που αποτελούν πηγές ρυπαντών του αέρα. Όπως έχει αναφερθεί επανειλημμένα και αποτελεί το προφανές, η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα μπορεί να προκαλέσει ασθένειες στον άνθρωπο αλλά και διάφορες

Eco_Criteria_analysis_final			Page 57 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



άλλες επιπτώσεις όπως η ελάττωση της παραγωγικότητας των ενοίκων με τις συνεπακόλουθες οικονομικές επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ποικίλουν σε διάρκεια και σοβαρότητα, άλλοτε προκαλώντας μικρούς ερεθισμούς και άλλοτε προκαλώντας ασθένειες που απειλούν ακόμα και τη ζωή των ενοίκων. Οι διαβαθμίσεις των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία της κακής ποιότητας του εσωτερικού αέρα περιλαμβάνουν το σύνδρομο Sick-Building, τις ασθένειες οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το κτίριο και τις πολλαπλές χημικές ευαισθησίες. Το Sick-Building Syndrome είναι μια συλλογή από συμπτώματα (κούραση, ζαλάδες, έλλειψη συγκέντρωσης, ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος και άλλα συμπτώματα αντίστοιχα των αλλεργιών και της γρίπης) τα οποία γενικότερα είναι μικρής διάρκειας και συνήθως εξαφανίζονται με την έξοδο από το κτίριο. Οι ασθένειες οι οποίες σχετίζονται με το κτίριο είναι πιο σοβαρή μορφή από το Sick-Building Syndrome αφού είναι κλινικά επιβεβαιωμένες ασθένειες, και όχι παροδικά συμπτώματα, που αποδίδονται σε συγκεκριμένες πηγές ρύπανσης εντός του κτιρίου, όπως καρκίνος του πνεύμονα και η ασθένεια των Λεγεωνάριων. Τέλος, οι πολλαπλές ευαισθησίες σε χημικά παρουσιάζουν συμπτώματα κατά την αποδεδειγμένη έκθεση σε συγκεκριμένες πτητικές οργανικές ενώσεις και μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο από ένα ανθρώπινα όργανα.

Η σημαντικότητα κάθε πηγής ρυπαντών εξαρτάται από την ποσότητα που εκπέμπει και την επικινδυνότητα του συγκεκριμένου ρυπαντή. Παράδειγμα αποτελεί η κουζίνα μαγειρέματος η οποία λειτουργεί με φυσικό αέριο, που ανάλογα με τη συντήρηση και την ηλικία της εκπέμπει ανάλογες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα. Κάποιες από τις πηγές αυτές ελευθερώνουν σωματίδια και ρυπαίνουν τον εσωτερικό αέρα σε μόνιμη βάση όπως είναι τα κατασκευαστικά υλικά, και τα έπιπλα. Άλλες πηγές όπως είναι το κάπνισμα, η θερμάστρες γκαζιού, τα προϊόντα καθαρισμού, οι κουζίνες μαγειρέματος, η χρήση διαλυτικών για καθαρισμό, η χρήση εντομοκτόνων κλπ ελευθερώνουν σωματίδια και αέρια σε μη συνεχή διαστήματα.

Όπως έχει αναφερθεί και εισαγωγικά, ο κατασκευαστικός τομέας έχει ανταποκριθεί σε ένα βαθμό σ' αυτά τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα και έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικά προϊόντα τα οποία μπορούν να ελαττώσουν τα συμβατικά προβλήματα τοξικότητας των εσωτερικών χώρων. *Κόλλες χωρίς διαλυτικές ουσίες* εξαλείφουν τον κίνδυνο από πολλές γνωστές και ύποπτες καρκινογόνες ουσίες,



χρώματα, βερνίκια και καθαριστικά στα οποία έχει περιοριστεί η περιεκτικότητα σε πτητικά οργανικά ή ακόμα δεν περιέχουν καθόλου, είναι πλέον ευρέως διαθέσιμα.

Ο πιο αποτελεσματικός επομένως τρόπος βελτίωσης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι η εξάλειψη των συγκεκριμένων πηγών ρύπανσης του ή η μείωση των εκπομπών τους. Κάποιες πηγές όπως για παράδειγμα αυτές οι οποίες περιέχουν άσβεστο μπορούν να σφραγιστούν και να απομονωθούν και πηγές όπως οι θερμάστρες ή κουζίνες μαγειρέματος μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να μειωθούν τα επίπεδα εκπομπών τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο **έλεγχος των πηγών (source control)** είναι και η πιο οικονομικά αποδοτική προσέγγιση για τη διασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, σε αντιδιαστολή με την αύξηση των ρυθμών εξαερισμού η οποία θα επιφέρει αντανακλαστική αύξηση στα ενεργειακά κόστη. Η εξακρίβωση και χρήση μονωτικών υλικών, βαφών, βερνικιών, χαλιών, κολλητικών ουσιών οι οποίες έχουν χαμηλές εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων καθώς και η χρήση συνθετικών ξύλων που δεν περιέχουν ή περιέχουν μικρές ποσότητες ουρικής φορμαλδεΐδης είναι επιβεβλημένα μέτρα για τη μείωση των πηγών εκπομπής επιβαρυντικών για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα ουσιών (LEED). Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ανώτατα όρια εκπομπών VOCs των διαφόρων κατασκευαστικών υλικών όπως καθορίστηκαν από την US Environmental Protection Agency.

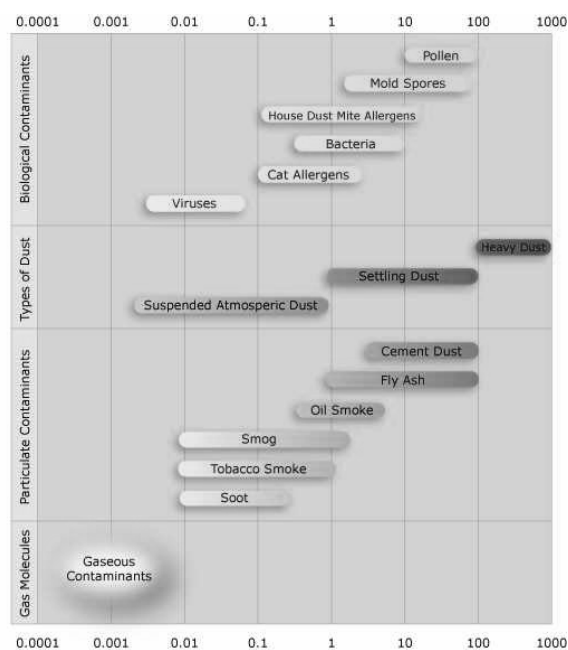
Material or Product	Maximum VOC Emissions
Flooring materials	0.60 mg/hr per m <sup>2</sup>
Floor coatings <sup>a</sup>	0.60 mg/hr per m <sup>2</sup>
Wall materials	0.40 mg/hr per m <sup>2</sup>
Wall coatings <sup>a</sup>	0.40 mg/hr per m <sup>2</sup>
Moveable partitions	0.40 mg/hr per m <sup>2</sup>
Office furniture	2.50 mg/hr per workstation
Office machines (central)	0.25 mg/hr per m <sup>3</sup> of space
Ozone emissions from office machines (central)	0.01 mg/hr per m <sup>3</sup> of space
Ozone emissions from office machines (personal)	2.50 mg/hr per workstation
Office machines (personal)	0.10 mg/hr per workstation

*U. S. Environmental Protection Agency Classification of Low-Emitting Materials and Products*

Τα τελευταία χρόνια η εγκατάσταση χαλιών στα σπίτια έχει συσχετιστεί με διάφορα συμπτώματα του αναπνευστικού συστήματος και αλλεργίες. Οι επιστήμονες δεν έχουν εξακριβώσει αν τα συμπτώματα αυτά οφείλονται σε χημικά τα οποία εκπέμπονται από τα χαλιά εντούτοις συνιστάται η χρήση χαλιών φτιαγμένα από φυσικά υλικά, όπως μαλλί, και αν είναι δυνατόν να μην έχει χρησιμοποιηθεί κολλητικό μέσο, το οποίο να περιέχει φορμαλδεΐδη ή άλλα πτητικά οργανικά, για την κατασκευή του αλλά να είναι για παράδειγμα ραμμένο (*Green Built Home – Wisconsin Environmental Initiative*).

Μια άλλη προσέγγιση για την ελάττωση των επιπέδων συγκέντρωσης των ρυπαντών του εσωτερικού αέρα είναι η *αύξηση της ποσότητας φρέσκου εξωτερικού αέρα που εισάγεται* στο εσωτερικό του κτιρίου. Για την αντιμετώπιση των ζητημάτων ποιότητας του εσωτερικού αέρα, η ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) έχει εκδώσει ένα πρότυπο για τις αποδεκτές συνθήκες του εσωτερικού αέρα στις κατοικίες. Το πρότυπο αυτό - 62.2 – 2003, “Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings” – εκτός από τον έλεγχο των πηγών ρύπανσης που αναφέρθηκε προηγουμένως προτείνει και την εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου **συστήματος εξαερισμού για ολόκληρο το κτίριο**

(*whole house ventilation*) για την συνεχή ανανέωση του εσωτερικού αέρα και τον έλεγχο έτσι των ρυπαντών οι οποίοι δεν μπορούν να ελεγχθούν με τον περιορισμό των πηγών εκπομπής τους. Ο ρυθμός εξαερισμού εξαρτάται από το μέγεθος του κτιρίου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του και μπορεί να υπολογιστεί με διάφορα υπολογιστικά μοντέλα (*Built Green*). Επιπλέον, μπορούν να εφαρμοστούν και μέθοδοι **τοπικού εξαερισμού** (*spot ventilation*) όπως σε *τουαλέτες και κουζίνες* με τοπικούς εξαεριστήρες να απομακρύνουν άμεσα τον εσωτερικό βεβαρυσμένο αέρα από το χώρο προς το εξωτερικό του κτιρίου, αυξάνοντας τοπικά το ρυθμό ανανέωσης του. Στα συστήματα εξαερισμού μπορούν επίσης να τοποθετηθούν **αισθητήρες για την μέτρηση των επιπέδων διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα**, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό στους χώρους κατάκλισης των ενοίκων, οι ενδείξεις των οποίων θα έχουν μια αναδραστική σχέση με τη λειτουργία του συστήματος εξαερισμού (*LEED*). Πέραν από την πρόληψη της ρύπανσης και τον καλύτερο και πιο ολοκληρωμένο σχεδιασμό των συστημάτων εξαερισμού, φυσικού ή μηχανικού, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα μπορεί να ελεγχθεί και να βελτιωθεί με τη χρήση τεχνικών καθαρισμού του αέρα. Στην αγορά υπάρχουν πολλών ειδών, μεγεθών, αποτελεσματικότητας και κόστους καθαριστικά αέρα. Γενικότερα, δεν είναι σχεδιασμένα για την απομάκρυνση αέριων ρύπων και η αποτελεσματικότητά τους ορίζεται από το ποσοστό απομάκρυνσης των ρύπων και από το ρυθμό φιλτραρίσματος του αέρα. Η απομάκρυνση συγκεκριμένων ουσιών δεν θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική σε καμία περίπτωση χωρίς τη συνέργεια της μείωσης των επιπέδων εκπομπής τους από την πηγή. Για παράδειγμα, στα συστήματα εξαερισμού είναι σημαντικό να τοποθετηθούν φίλτρα για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων, όπως είναι τα φίλτρα υψηλής απόδοσης (**High Efficiency Particle Arresting - HEPA**), τα οποία





απομακρύνουν το 99.97% των σωματιδίων μεγέθους έως και 0.3 μm. Τα συνηθισμένα φίλτρα απομακρύνουν μόνο τα μεγάλα σωματίδια σκόνης, ενώ για την αποτελεσματική απομάκρυνση ενός αποδεκτού εύρους οικιακών ρυπαντών θα πρέπει να απομακρύνουν σωματίδια έως και 0,3μm. (*Built Green*).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν ενδείξεις ότι η παρουσία φυτών εντός του κτιρίου μπορεί να μειώσει τα επίπεδα συγκεντρώσεων ορισμένων χημικών ουσιών χωρίς ωστόσο να έχει διαπιστωθεί αν η μείωση είναι σε σημαντικό βαθμό. Επιπλέον, η ύπαρξη τους μπορεί να επιφέρει άλλες επιπτώσεις όπως δημιουργία μούχλας, αυξημένα επίπεδα υγρασίας και αλλεργίες (*A Green Guide to Indoor Air Quality – EPA*).

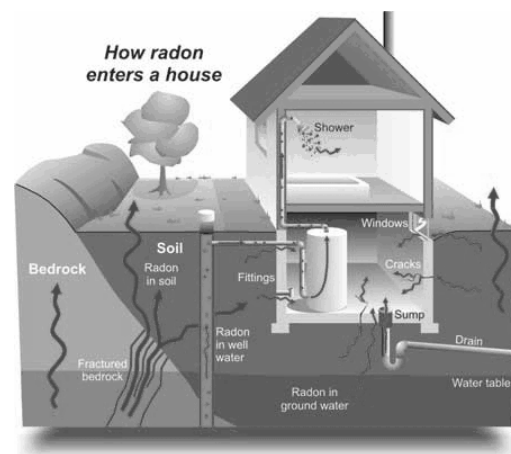
Κάποια προβλήματα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα μπορεί να προκύψουν και όταν τα θερμικά φορτία που παράγονται από τους ενοίκους, τις **δραστηριότητες** τους και τον εξοπλισμό ξεπερνούν τις δυνατότητες των συστημάτων διαχείρισης της θέρμανσης, του κλιματισμού και εξαερισμού του χώρου. Εκτός από τα αυξημένα θερμικά φορτία και τη συμβολή τους στην απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων όπως η φορμαλδεΐδη, πηγή πτητικών οργανικών ουσιών, μικροοργανισμών και αλλεργιογόνων μπορούν να αποτελέσουν και οι ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς και η ύπαρξη κατοικίδιων. Μια ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία επιβαρύνει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι το **κάπνισμα**. Η θέσπιση *κανόνων και πολιτικών όσον αφορά το κάπνισμα* μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αναβάθμιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στα δημόσια κτίρια και γενικά σε κλειστούς δημόσιους χώρους. Ειδικότερα, εκτός από την προφανή λύση που είναι η απαγόρευση του καπνίσματος εντός του κτιρίου, μπορούν να καθοριστούν χώροι στους οποίους να επιτρέπεται ή στους χώρους όπου οι ένοικοι καπνίζουν να υπάρχει επαρκής εξαερισμός και η διασφάλιση ότι δεν θα υπάρχει διαφυγή του καπνού στους υπόλοιπους χώρους (*LEED*). Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με τον *καλύτερο σχεδιασμό των συστημάτων HVAC* όσον αφορά τη δυναμικότητα και τους ρυθμούς εξαερισμού ανάλογα με τα αναμενόμενα θερμικά φορτία και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τέλος, μια άλλη παράμετρος η οποία αφορά άμεσα την ποιότητα του αέρα είναι η **συντήρηση του κτιρίου**. Τα υλικά, τα διάφορα προϊόντα, τα έπιπλα και τα συστήματα HVAC απαιτούν τη συστηματική τους συντήρηση, καθαρισμό και έλεγχο ώστε να

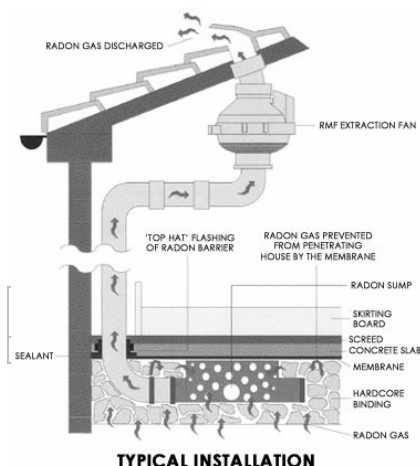
επιβεβαιώνεται η σωστή τους λειτουργία σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού τους καθώς και η αποτροπή ανάπτυξης ρυπαντών στους χώρους αυτούς.

Στη συνέχεια θα εξεταστούν οι σημαντικότεροι ρύποι οι οποίοι ευθύνονται για την υποβάθμιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, οι επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία καθώς και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης τους. Οι ρύποι αυτοί περιλαμβάνουν το ραδόνιο, τον καπνό από το κάπνισμα, βιολογικούς ρυπαντές, τις πηγές εκπομπής παραγώγων καύσης όπως θερμάστρες, κουζίνες και τζάκια, οικιακά προϊόντα που περιέχουν οργανικά χημικά, τη φορμαλδεΐδη και τον άσβεστο.

Η πιο κοινή πηγή ρύπανσης του εσωτερικού αέρα με ραδόνιο είναι η ύπαρξη ουρανίου στο χώμα ή τα πετρώματα πάνω στα οποία κτίζεται το σπίτι και στα κατασκευαστικά-οικοδομικά υλικά του κτιρίου. Καθώς το ουράνιο διασπάται φυσιολογικά, απελευθερώνει ραδόνιο το οποίο είναι ένα άχρωμο, άοσμο και ραδιενεργό αέριο, το οποίο εισέρχεται στο κτίριο μέσα από ρωγμές στο πάτωμα, τους τοίχους, την αποχέτευση κλπ. Η κυριότερη επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα ραδονίου είναι ο καρκίνος του πνεύμονα, ο οποίος μπορεί να προκληθεί από την κατάποση νερού με υψηλά επίπεδα ραδονίου ή την εισπνοή αέρα ο οποίος περιέχει ραδόνιο. Ο κίνδυνος για τους καπνιστές είναι ακόμα υψηλότερος αφού ο συνδυασμός του καπνίσματος με την ύπαρξη ραδονίου έχει σοβαρότερες συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία.



Από τη στιγμή που δεν υπάρχουν γνωστά ασφαλή επίπεδα ραδονίου, πάντοτε θα υπάρχει ο κίνδυνος από την ύπαρξη του, εντούτοις ο κίνδυνος μειώνεται όσο χαμηλότερα είναι τα επίπεδα συγκέντρωσης του. Εφόσον υπάρχει επιβεβαιωμένη εκτίμηση ότι υπάρχουν υψηλά επίπεδα ραδονίου στο χώμα, υπάρχουν διάφορες αποτελεσματικές μέθοδοι ελάττωσης του ραδονίου στο κτίριο. Αυτή η οποία χρησιμοποιείται κυρίως είναι η ένα σύστημα εξαερισμού του χώματος, που τραβά το ραδόνιο από το χώμα κάτω από το σπίτι και το μεταφέρει έξω από αυτό (*soil suction radon*)







*reduction system*). Η καλή μόνωση και στεγανοποίηση των αγωγών αλλά και ρωγμών εξασφαλίζει σίγουρα την μεγαλύτερη αποδοτικότητα του συστήματος.

Ο περιβαλλοντικός καπνός από προϊόντα καπνίσματος (*Environmental tobacco smoke - ETS*), αποτελεί ένα μείγμα καπνού μέρος του οποίου ελευθερώνεται από το τσιγάρο, την πίπα ή πούρο καθώς καίγεται και το υπόλοιπο είναι ο καπνός που εκπνέεται από τον καπνιστή. Αποτελείται από ένα πολύπλοκο μείγμα 4,000 συστατικών, από τα οποία περισσότερα από 40 είναι γνωστά καρκινογόνα και πολλά αποτελούν ισχυρά ερεθιστικές ουσίες. Ο καπνός αυτός ή ETS αναφέρεται συχνά και ως μεταχειρισμένος καπνός (*secondhand smoke*) και η έκθεση στον καπνό αυτό ως *παθητικό κάπνισμα*.

Μια μεγάλη έρευνα της EPA το 1992 για τις επιπτώσεις του παθητικού καπνίσματος έδειξε ότι είναι υπεύθυνο για το θάνατο περίπου 3,000 μη καπνιστών ενηλίκων από καρκίνο των πνευμόνων και επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στον αναπνευστικό εκατοντάδων χιλιάδων παιδιών. Σε περίπου 150,000-300,000 νήπια ηλικίας κάτω των 18 μηνών αναφέρονται μολύνσεις του αναπνευστικού συστήματος, με αποτέλεσμα τη νοσηλεία 7,500-15,000 από αυτών κάθε χρόνο.

Η λύση στο πρόβλημα είναι απλή και προφανής. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα σημεία, το κάπνισμα στους εσωτερικούς χώρους δεν πρέπει να επιτρέπεται, ιδιαίτερα παρουσία μικρών παιδιών. Αυτό δεν μπορεί να αποτελεί αποτέλεσμα σχεδιασμού αλλά παιδείας, ενημέρωσης και ευαισθησίας ειδικότερα σε ιδιωτικούς χώρους όπως οι κατοικίες, σε αντίθεση με τα δημόσια κτίρια όπου μπορούν να θεσπιστούν κανόνες. Αν το κάπνισμα στο εσωτερικό ενός κτιρίου δεν μπορεί να αποφευχθεί τότε θα πρέπει να αυξηθεί ο εξαερισμός στους χώρους όπου υπάρχουν καπνιστές.

Οι *βιολογικοί ρυπαντές* είναι πάρα πολλοί και οι πηγές τους ακόμα περισσότερες. Οι συνήθης βιολογικοί ρυπαντές του εσωτερικού των κτιρίων είναι βακτήρια, μούχλα, μύκητες, ιοί, οικιακή σκόνη, γύρη, τρίχες και σάλιο ζώων. Η γύρη προέρχεται από τα φυτά όπως είναι λογικό, οι ιοί μεταδίδονται από τους ανθρώπους και τα ζώα, όπως και τα βακτήρια τα οποία μπορεί να προέρχονται και από το έδαφος και τα φυτά. Επίσης τα ούρα των ποντικών αποτελούν ένα πιθανό αλλεργιογόνο αφού καθώς ξηραίνεται γίνεται αερομεταφερόμενο μολύνοντας τον αέρα. Μια άλλη πηγή βιολογικών ρυπαντών αποτελούν και οι μη συντηρημένοι αεραγωγοί των



συστημάτων εξαερισμού και κλιματισμού όπου μπορεί να αναπτυχθεί μούχλα, μύκητες κλπ και να μολύνουν ολόκληρο το κτίριο.

Η επιβάρυνση του αέρα με βιολογικούς ρυπαντές ενεργοποιεί αλλεργικές αντιδράσεις όπως η υπερευαισθησία των πνευμόνων (hypersensitivity pneumonitis), ρινητική αλλεργία και κάποιους τύπους άσθματος. Για την απομάκρυνση της μεγαλύτερης ποσότητας υγρασίας η οποία συσσωρεύεται καθημερινά σε ένα κτίριο καθώς και πολλών οργανικών ρυπαντών θα πρέπει να υπάρχει *επαρκής εξαερισμός* της κουζίνας και του μπάνιου ώστε να ανανεώνεται επαρκώς ο αέρας. Το τακτικό *καθάρισμα* του κτιρίου ελαττώνει τα επίπεδα της οικιακής σκόνης και των διάφορων άλλων ρυπαντών από τα κατοικίδια.

Εκτός από τον καπνό που προέρχεται από το κάπνισμα, άλλες πηγές προϊόντων καύσης αποτελούν και οι θερμάστρες φυσικού αερίου ή γκαζιού, τα τζάκια και οι φούρνοι μαγειρέματος με γκάζι ή φυσικό αέριο. Οι σημαντικότεροι ρυπαντές που εκπέμπονται από τις πηγές αυτές είναι μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του αζώτου και σωματίδια. Οι επιπτώσεις από την έκθεση στις ουσίες αυτές είναι ιδιαίτερα απειλητικές ακόμα και για τη ζωή των ενοίκων. Το μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να προκαλέσει ακόμα και το θάνατο σε υψηλές συγκεντρώσεις ενώ το διοξείδιο του αζώτου προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα. Τα αιωρούμενα σωματίδια από την άλλη αποτελούν φορείς μεταφοράς άλλων ρυπαντών στον οργανισμό όπως είναι το ραδόνιο αν και είναι καταστροφικά για τους ιστούς των πνευμόνων από μόνα τους.

Τα *οργανικά χημικά* χρησιμοποιούνται ευρέως ως συστατικά στοιχεία των οικιακών προϊόντων. Μπογιές, βερνίκια, κεριά, πολλά καθαριστικά, απολυμαντικά, αρώματα, ουσίες που αφαιρούν λίπη είναι μερικά από τα προϊόντα τα οποία περιέχουν οργανικούς διαλύτες. Όλες αυτές οι ουσίες ελευθερώνουν οργανικές ενώσεις κατά τη χρήση τους αλλά και κατά την αποθήκευσή τους, οι οποίες παραμένουν στον αέρα πολύ μετά τη χρήση των προϊόντων αυτών. Η ικανότητα των οργανικών χημικών να προκαλούν προβλήματα υγείας ποικίλει από τα χημικά με υψηλή τοξικότητα έως τα χημικά των οποίων οι επιπτώσεις στην υγεία είναι άγνωστες. Όπως συμβαίνει και με τους περισσότερους ρυπαντές έτσι και με τα οργανικά χημικά, οι επιπτώσεις στην υγεία εξαρτώνται από το επίπεδο έκθεσης και το χρόνο έκθεσης στο συγκεκριμένο χημικό. Η σωστή χρήση τους, η απόρριψη παλαιών προϊόντων και η αποθήκευση των



αναγκαίων μόνο ποσοτήτων είναι μερικοί από τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να μειωθούν οι ποσότητες των οργανικών χημικών στο εσωτερικό των κτιρίων.

Ένα ιδιαίτερα γνωστό καρκινογόνο στον άνθρωπο, το *βενζόλιο*, ελευθερώνεται στην εσωτερική ατμόσφαιρα από τον καπνό των τσιγάρων, αποθηκευμένα καύσιμα και μπογιές, καθώς και από καυσαέρια των αυτοκινήτων από γκαράζ τα οποία είναι συνδεδεμένα με το σπίτι. Με τον έλεγχο του καπνίσματος εντός του κτιρίου, την **αποσύνδεση των γκαράζ από το κυρίως κτίριο** και την παροχή επαρκούς ρυθμού εξαερισμού σε περιπτώσεις χρήσης βαφών εντός του κτιρίου τα επίπεδα βενζολίου μπορούν να περιοριστούν σε ασφαλή επίπεδα.

Ένα άλλο επικίνδυνο χημικό το οποίο συναντάται στο εσωτερικό των κτιρίων ρυπαίνοντας τον εσωτερικό αέρα είναι η *φορμαλδεΐδη*. Η φορμαλδεΐδη χρησιμοποιείται ευρέως από τη βιομηχανία για την κατασκευή κατασκευαστικών υλικών και πολλών οικιακών προϊόντων αλλά αποτελεί και παραπροϊόν καύσης και άλλων φυσικών διεργασιών. Χρησιμοποιείται σε διαλύτες, κόλλες και ως συντηρητικό σε βαφές και βερνίκια. Η κυριότερη πηγή της φορμαλδεΐδης στα κτίρια είναι τα προϊόντα συμπιεσμένου ξύλου, τα οποία χρησιμοποιούν τη φορμαλδεΐδη ως συγκολλητικό μέσο. Τέτοια προϊόντα χρησιμοποιούνται σχεδόν παντού σε ένα κτίριο, από τα έπιπλα, ράφια, πατώματα κλπ. Η χρήση προϊόντων τα οποία δεν περιέχουν φορμαλδεΐδη ή είναι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις είναι ίσως η καλύτερη λύση για την ελάττωση και τον έλεγχο των επιπέδων της στο εσωτερικό των κτιρίων. Ο ρυθμός με τον οποίο η φορμαλδεΐδη απελευθερώνεται από τα προϊόντα στα οποία περιέχεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία αλλά και από τα επίπεδα υγρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει και το ρυθμό απελευθέρωσης φορμαλδεΐδης επομένως είναι αναγκαίος ο έλεγχος των θερμικών συνθηκών εντός του κτιρίου αλλά και της υγρασίας στον αέρα.

Τέλος, ο άσβεστος είναι ένα ορυκτό το οποίο χρησιμοποιείται ως συστατικό σε πολλά κατασκευαστικά υλικά, ως μονωτικό και πυρίμαχο υλικό. Ο άσβεστος σήμερα συναντάται περισσότερο σε παλαιά κτίρια, σε μονωτικά υλικά και μπογιές, και σε πλακάκια στα πατώματα. Μπορεί να προκαλέσει ακόμα και καρκίνο των πνευμόνων όταν έχει συσσωρευτεί ποσότητα του στους πνεύμονες. Η έκθεση σε άσβεστο μπορεί να προκύψει από υλικά τα οποία περιέχουν άσβεστο και έχουν αλλοιωθεί ή έχουν

υποστεί φθορά με κάποιο τρόπο και τα οποία θα πρέπει να απομακρύνονται ή να επισκευάζονται.

Τα όρια συγκέντρωσης των ρυπαντών του εσωτερικού αέρα ποικίλουν ανάλογα με το μελετητή, το περιβάλλον (σπίτι, εργασία, βιομηχανία), το χρόνο έκθεσης κλπ. Ενδεικτικά κάποια ανώτατα όρια στις συγκεντρώσεις των εσωτερικών ρυπαντών, που δίνονται από διάφορες υπηρεσίες και πρότυπα, παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

PARAMETER	IDPH	ASHRAE	OSHA PEL *	ACGIH TLV **
Humidity	20% - 60 %	30% - 60 %	N/A	N/A
Temperature	68 - 75 (winter)	68 - 75 (winter)	N/A	N/A
	73 - 79 (summer)	73 - 79 (summer)		
Carbon Dioxide	1,000 ppm ( $<800$ ppm preferred)	1,000 ppm	5,000 ppm	5,000 ppm
Carbon Monoxide	9 ppm	9 ppm	50 ppm	25 ppm
Hydrogen Sulfide	0.01 ppm	N/A	20 ppm	10 ppm
Ozone	0.08 ppm	N/A	0.1 ppm	0.05 ppm
Particulates	0.15 mg/m <sup>3</sup> (PM 10 ) (150 μg/m <sup>3</sup> ) 24-hr	N/A	15 mg/m <sup>3</sup> (total)	10 mg/m <sup>3</sup> (total)
	0.065 mg/m <sup>3</sup> (PM 2.5 ) (65 μg/m <sup>3</sup> ) 24-hr		5 mg/m <sup>3</sup> (resp.)	3 mg/m <sup>3</sup> (resp.)
Formaldehyde	0.1 ppm (office)	N/A	0.75 ppm	0.3 ppm
	0.03 ppm (home)			
Nitrogen Dioxide	0.05 ppm	N/A	5 ppm	3 ppm

\* Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit – το όριο αυτό είναι ένας μέσος όρος συγκέντρωσης των ρυπαντών, ο οποίος έχει εκτιμηθεί με βάση το χρόνο έκθεσης και είναι ένα εφαρμοστέο πρότυπο το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνεται κατά τη διάρκεια μιας ημερήσιας εργασιακής βάρδιας οκτώ ωρών μιας εργασιακής εβδομάδας 40 συνολικά ωρών.

\*\* American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Value – το όριο αυτό αποτελεί ένα ανώτατο μέσο όρο συγκέντρωσης των ρυπαντών, υπολογισμένο με βάση το χρόνο έκθεσης, το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε μια ημερήσια βάρδια εργασίας 8-10 ωρών μιας εργασιακής εβδομάδας 40 συνολικά ωρών.

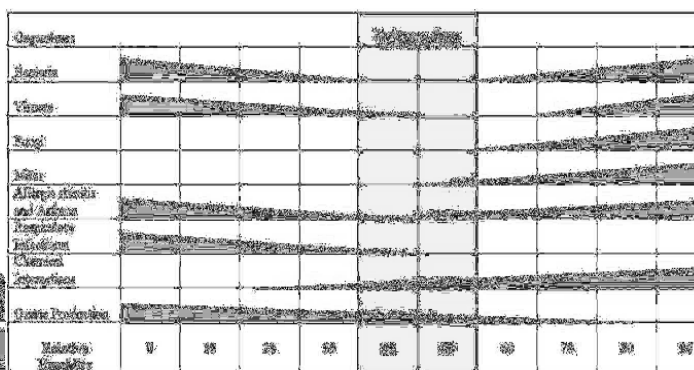
Ένα άλλο παράδειγμα ορίων που δίνονται για το εσωτερικό περιβάλλον, είναι από το Public Works and Government Services Canada, το οποίο δίνει τα πιο κάτω όρια συγκέντρωσης των συνήθων ρυπαντών του εσωτερικού αέρα.

SUBSTANCE	MAXIMUM PERMISSABLE / RECOMMENDED LEVEL
Carbon Dioxide	1,000 ppm
Carbon Monoxide	11 ppm
Formaldehyde	0.1 ppm
Particulate	.04 mg/m <sup>3</sup> (<2.5 microns mass mean aerodynamic diameter)
Radon	2.7 pCi/L
Total VOC	0.2 mg/m <sup>3</sup> with no individual VOC > 10% of TVOC
Nitrogen Dioxide	0.05 ppm
Sulphur Dioxide	0.019 ppm
Ozone	0.05 ppm
Microbials/ Micro-organisms	45 CFU/ m <sup>3</sup> for a single species

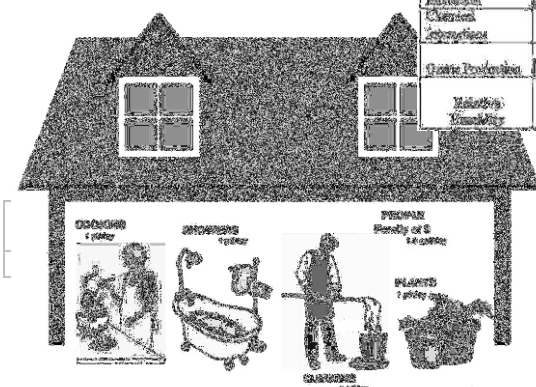
## Έλεγχος υγρασίας

Ο έλεγχος της υγρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων είναι αναγκαίος ώστε να αποτρέπεται η δημιουργία μούχλας η οποία αποτελεί πηγή αλλεργιογόνων ουσιών οι οποίες μπορούν να επιφέρουν αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητα άτομα. Η υγρασία σε ένα κτίριο μεταφέρεται εντός και εκτός του με τα *ρεύματα αέρα*, μέσω διάχυσης της στα υλικά και με τη μεταφορά θερμότητας. Το 98% της υγρασίας μεταφέρεται μέσω του αέρα και της διακίνησης εντός και εκτός του κτιρίου αφού οι άλλες δύο φυσικές διεργασίες είναι πολύ πιο αργές και επιπλέον η μόνωση στους τοίχους, τα πατώματα και τα ταβάνια ελαττώνει σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα διάχυσης της υγρασίας.

Ο αέρας όπως είναι φυσικό μετακινείται από τις υψηλές πιέσεις στις χαμηλότερες και μέσω των ευκολότερων δυνατών διαδρομών. Αυτό απαιτεί την στεγανοποίηση όλων των πιθανών διόδων του αέρα οι οποίες δεν ελέγχονται ή παρακολουθούνται ώστε να



μπορεί να ελεγχθεί η υγρασία. Οι ιδανικές





συνθήκες υγρασίας σε ένα κτίριο είναι σίγουρα κάτω από 60%RH και στις ιδανικότερες των περιπτώσεων 35-55%RH. Βέβαια, για να τον πιο αποτελεσματικό έλεγχο των επιπέδων υγρασίας σε ένα κτίριο θα πρέπει πρώτα να ληφθούν υπόψη και να μελετηθούν οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και μετά να εξεταστούν οι κατάλληλες επιλογές. Σε κάθε περίπτωση καλός ο εξαερισμός των χώρων στους οποίους παράγεται υγρασία όπως η κουζίνα και το μπάνιο αλλά και χώροι όπου λειτουργούν διάφορες συσκευές όπως πλυντήρια πιάτων ή ρούχων εξασφαλίζει αποδεκτά επίπεδα υγρασίας. (US DOE – EERE, EPA) Τέλος, όπως αναφέρθηκε και στο κομμάτι της ενέργειας, ένας τρόπος να ελεγχθεί εν μέρει η υγρασία εντός του κτιρίου είναι με την ανάκτηση θερμότητας με τη χρήση *enthalpy-recovery ventilators* οι οποίοι βοηθούν στη διατήρηση σταθερών επιπέδων υγρασίας.

### **Θερμική, οπτική και ακουστική άνεση**

*Θερμική άνεση* ορίζεται ως εκείνη η πνευματική κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος παρουσιάζεται ικανοποιημένος με το θερμικό του περιβάλλον. Η απώλεια της αίσθησης της θερμικής άνεσης αποτελεί θερμική ρύπανση. Είναι ένας ορισμός με τον οποίο οι περισσότεροι άνθρωποι συμφωνούν αλλά είναι και παράλληλα δύσκολος να αποδοθεί σε φυσικές παραμέτρους. Από την άλλη, δυσανεξία μπορεί να προκαλέσει η αίσθηση δυσφορίας συνολικά ή μερικά στο ανθρώπινο σώμα, που μπορεί να προκληθεί είτε από θερμό είτε ψυχρό περιβάλλον. Οι κυριότεροι παράγοντες που προκαλούν τις διακυμάνσεις στο θερμικό περιβάλλον και εν τέλει τη θερμική δυσανεξία είναι οι εξής:

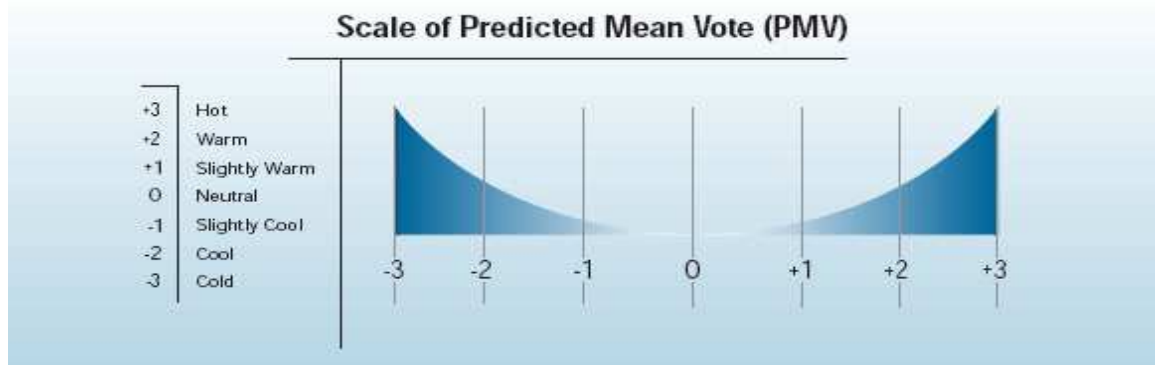
- η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα,
- η υγρασία,
- η θερμότητα που ακτινοβολείτε στο χώρο δραστηριότητας,
- η κίνηση του αέρα,
- ο βαθμός δραστηριότητας και
- ο ρουχισμός.



Οι επιπτώσεις από την θερμική ρύπανση ποικίλουν και μπορεί να εξελιχθούν σε πολύ σοβαρές ανάλογα με το επίπεδο της ρύπανσης. Εκτός των σωματικών επιπτώσεων όπως είναι η θερμοπληξία κλπ, είναι δυνατόν η δυσαρέσκεια μας λόγω μη ικανοποιητικού θερμικού περιβάλλοντος να εκφραστεί και στην αποδοτικότητα στην εργασία. Σε πολύ ακραίες συνθήκες κρύου ή ζέστης είναι δυνατόν να υπάρξει και ο κίνδυνος θανάτου.

Λόγω των διαφορών που υπάρχουν από άτομο σε άτομο, είναι σχεδόν αδύνατο να καθοριστεί ένα θερμικό περιβάλλον το οποίο να είναι ικανοποιητικό για όλους. Πάντα θα υπάρχει ένα ποσοστό παρόντων οι οποίοι θα είναι δυσαρεστημένοι. Είναι όμως δυνατό να καθοριστεί κάποιο περιβάλλον το οποίο να είναι αποδεκτό από το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων που βρίσκονται στο χώρο. Υπάρχουν συγκεκριμένα πρότυπα τα οποία καθορίζουν τις συνθήκες υπό τις οποίες το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων χαρακτηρίζει ως άνετες, τα οποία είναι το **ASHRAE 55-2004** και το **ISO 7730**. Το πρότυπο ASHRAE 55 βλέπει τη θερμική άνεση ως μια ζώνη (συνδυασμός θερμικών μεταβλητών) στην οποία το 80% των ανθρώπων δεν εκφράζει δυσαρέσκεια. Αντίστοιχα, το ISO 7730 βλέπει την θερμική άνεση ως ένα συνδυασμό θερμικών συνθηκών οι οποίες θα επιφέρουν την επιθυμητή φυσιολογική κατάσταση θερμικής άνεσης. Όπως και το ASHRAE 55, το ISO 7730 λαμβάνει υπόψη του ότι αποδεκτές συνθήκες είναι αυτές στις οποίες το 80% των ανθρώπων είναι ικανοποιημένο.

Γι' αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε το λεγόμενο PMV Index (Predicted Mean Vote), ένας δείκτης ο οποίος μπορεί να προβλέψει την μέση «ψήφο» μιας μεγάλης ομάδας ανθρώπων σε μια κλίμακα θερμικής αίσθησης εφτά σημείων όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Ο δείκτης PMV μπορεί να υπολογιστεί όταν ο βαθμός δραστηριότητας (ρυθμός μεταβολισμού) και το επίπεδο ρουχισμού (θερμική αντίσταση) έχουν εκτιμηθεί και οι περιβαλλοντικοί παράμετροι που αναφέρθηκαν πιο πριν, ταχύτητα αέρα, θερμοκρασία αέρα, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και σχετική υγρασία (μερική πίεση των υδρατμών στον αέρα) μετρηθούν.

Η εξασφάλιση της θερμικής άνεσης σε ένα κτίριο, από την πλευρά του σχεδιασμού και της λειτουργίας του, έχει να κάνει με τη σωστή κατασκευή, ρύθμιση, λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού αλλά και την σωστή κατασκευή, στεγανοποίηση και μόνωση του κτιριακού κελύφους. Με το σωστό σχεδιασμό και λειτουργία των παραπάνω είναι δυνατός ο έλεγχος των θερμοκρασιακών συνθηκών, η μη ύπαρξη ανεπιθύμητων ηλιακών κερδών, ο έλεγχος των επιπέδων της σχετικής υγρασίας του αέρα και η σωστή διαχείριση των θερμικών φορτίων που παράγονται εντός του κτιρίου ώστε να επιτευχθεί στο τέλος η επιθυμητή θερμική άνεση των ενοίκων.

Ο καθημερινός ρυθμός του φυσικού φωτός καθορίζει και ρυθμίζει το βιολογικό μας ρολόι. Ο εποχιακός του ρυθμός επηρεάζει τη διάθεση μας και η παρουσία του είναι αναγκαία για πολλές βιολογικές διεργασίες. Επομένως από τη στιγμή που η παρουσία του φυσικού φωτός, εκτός από τα ενεργειακά οφέλη που επιφέρει όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως, έχει επιπτώσεις και στην υγεία των ανθρώπων, οι οποίοι περνούν σχεδόν το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, τότε τα κτίρια θα πρέπει να παρέχουν όσο το δυνατό περισσότερο φυσικό φως στους ενοίκους. (New York) Μελέτες που έγιναν αποδεικνύουν ότι οι άνθρωποι προτιμούν να είναι σε





εσωτερικούς χώρους με υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού. Παράδειγμα αποτελεί μια μελέτη για τη διάρκεια παραμονής των ασθενών με κατάθλιψη σε δωμάτια με φως και σε πιο σκοτεινά, μουντά δωμάτια. Οι ασθενείς οι οποίοι βρίσκονταν στα «φωτεινά» δωμάτια παρέμειναν σε νοσηλεία για 17 περίπου μέρες σε αντίθεση με τους ασθενείς οι οποίοι βρίσκονταν στα πιο «σκοτεινά» δωμάτια οι οποίοι παρέμειναν για 20 περίπου μέρες. Γενικότερα, η παρουσία φυσικού φωτός έχει θετικές επιπτώσεις περισσότερο στη ψυχολογία και τη διάθεση των ανθρώπων παρά σε παθολογικές ασθένειες (*Whole Building Design Guide*).

Στα κτίρια είναι επιθυμητή η πρόσβαση, αν είναι εφικτό, όλων των εσωτερικών χώρων του σε φυσικό φως. Επειδή δεν είναι πάντοτε δυνατό να παρέχεται φυσικό φως σε όλους τους χώρους ενός κτιρίου, είναι αποδεκτή η πρόσβαση σε φυσικό φως τουλάχιστο του 75% των εσωτερικών του χώρων, με ένα δείκτη *Daylight Factor (DF)* τουλάχιστο 2% (*LEED*).

Ένα καλό ακουστικό περιβάλλον κρατά τους θορύβους σε επίπεδα τα οποία δεν επεμβαίνουν και επηρεάζουν τις διάφορες προγραμματισμένες δραστηριότητες. Οι σημαντικότερες παράμετροι οι οποίες καθορίζουν ένα καλό ακουστικό περιβάλλον, ειδικά σε περιβάλλοντα εργασίας, περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να συνομιλεί κανείς χωρίς η ομιλία να ακούγεται από όλους και να μην υπάρχουν ενοχλήσεις από τις συνομιλίες σε κοντινή απόσταση ή άλλους ενοχλητικούς θορύβους. Αρχιτεκτονικά, υπάρχουν τρεις παράμετροι οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Είναι καταρχήν η ηχομόνωση, η ακουστική των δωματίων και ο έλεγχος των δονήσεων και των δραστηριοτήτων στο κτίριο. Η ηχομόνωση και ο έλεγχος των δονήσεων σε ένα δεδομένο χώρο εξαρτάται από τα επιθυμητά επίπεδα θορύβου, το μέγεθος της επίδρασης που έχουν στο χώρο εξωτερικές πηγές όπως κυκλοφοριακό, συναγερμοί, σειρήνες αστυνομικών αυτοκινήτων κλπ, και το επίπεδο του θορύβου και των δονήσεων από κοντινές πηγές και δραστηριότητες. Μερικές από τις πηγές θορύβου στα κτίρια είναι τα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού, τα υδραυλικά συστήματα ενός κτιρίου καθώς και ηλεκτρικά συστήματα και εφαρμογές όπως γεννήτριες, φωτισμός κλπ. Η μείωση των επιπέδων θορύβου ξεκινά με την αποφυγή, στο μέτρο του εφικτού, πηγών παραγωγής θορύβου και η τοποθέτηση ευαίσθητων χώρων μακριά από τέτοιες πηγές ή το ανάποδο. Θα πρέπει παράλληλα να



χρησιμοποιηθούν ηχομονωτικά υλικά στις επιφάνειες των δωματίων ώστε να μειώνεται η μετάδοση των θορύβων μέσα από τα δομικά υλικά του κτιρίου και ο εξοπλισμός ο οποίος παράγει υψηλά επίπεδα θορύβου θα πρέπει να τοποθετείται σε καλά ηχομονωμένους χώρους (*New York City – Department of Design and Construction*).

Eco_Criteria_analysis_final			Page 73 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



## Επάρκεια των φυσικών διαθεσίμων

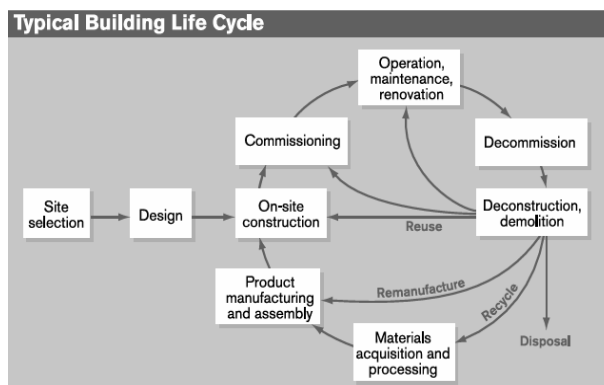
Τα κτίρια αλλοιώνουν σημαντικά το περιβάλλον και σύμφωνα με το Worldwatch Institute, ο κατασκευαστικός τομέας καταναλώνει περίπου το 40% της ακατέργαστης πέτρας, αμμοχάλικου και άμμου που χρησιμοποιείται ετησίως σε όλο τον κόσμο, καθώς και το 25% της παρθένας ξυλείας. Στις αναπτυγμένες χώρες (24% του συνολικού πληθυσμού της γης) αναλογεί το 86% της κατανάλωσης χαλκού και αλουμινίου, το 80% της κατανάλωσης σιδήρου και χάλυβα και το 81% κατανάλωσης χαρτιού. Ανάλογα με τη διαδικασία παραγωγής του κάθε υλικού υπάρχουν δραστηριότητες οι οποίες σπαταλούν μεγάλο μέρος των πρώτων υλών που εξορύσσονται. Έτσι, για κάθε 1kg αλουμίνιο που θέλουμε να παρασκευάσουμε μέχρι να φτάσει στην οικοδομή χρησιμοποιούμε περίπου 1,7 kg πρώτης ύλης ενώ για κάθε 1kg ξύλο που θέλουμε να παρασκευάσουμε μέχρι να φτάσει στην οικοδομή, χρησιμοποιούμε περίπου 1,05 kg πρώτης ύλης (Μαμάης, Σαργέντης 2003). Εκτός από την κατανάλωση πρώτων υλών, ο κατασκευαστικός τομέας είναι υπεύθυνος και για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων κατασκευαστικών αποβλήτων, τόσο κατά την διαδικασία της κατασκευής όσο και κατά την κατεδάφιση των κτιρίων. Με την ολοκλήρωση της χρήσιμης διάρκειας ζωής του, το ίδιο το κτίριο, θεωρείται άχρηστο και κατατάσσεται στην κατηγορία των αποβλήτων. Στη Δυτική Ευρώπη παράγονται ετησίως 5 δισεκατομμύρια τόνοι στερεών αποβλήτων από τα οποία 5% είναι κατασκευαστικά απόβλητα.

Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συγκεκριμένου κτιρίου είναι δύσκολη λόγω της μοναδικότητας κάθε κτιρίου και των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα δομικά συστατικά του και υποσυστήματα. Η προσπάθεια για την βελτιστοποίηση μιας μόνο παραμέτρου απόδοσης, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των άλλων παραμέτρων απόδοσης του κτιρίου. Δεδομένου του μεγάλου κύκλου ζωής των περισσότερων κτιρίων, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων απαιτεί το σχεδιασμό σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα. Εκτός αυτού, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας κατασκευής δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από το κτιριακό σύστημα αλλά και από την αλληλεπίδραση του με το φυσικό περιβάλλον και τους ενοίκους (Integrating LCA into Green Building Design, Shannon Lloyd et al). Επομένως, για τη βελτίωση της

Eco_Criteria_analysis_final			Page 74 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07

περιβαλλοντικής απόδοσης ενός κτιρίου απαιτείται η συστηματική και ενδεδειγμένη κατανόηση όλων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν καθ' όλο το κύκλο ζωής του κτιρίου. Το σημαντικότερο ίσως εργαλείο που έχει αναπτυχθεί για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης και ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η *Ανάλυση Κύκλου Ζωής*. Η ΑΚΖ ενός κτιρίου αναζητά και αναλύει όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του, από την απόκτηση των πρώτων υλών, ενεργειών και φυσικών διαθεσίμων που τελικά καταλήγουν στο κτίριο έως και τη χρονική στιγμή όπου το κτίριο έχει συμπληρώσει τον ωφέλιμο χρόνο ζωής του και κατεδαφίζεται. Επιπλέον, η ανάλυση κύκλου ζωής ενός κτιρίου προσπαθεί να ισορροπήσει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες με παραδοσιακά ζητήματα τα οποία πάντοτε επηρέαζαν τις λήψεις αποφάσεων στον κατασκευαστικό τομέα όπως είναι η λειτουργικότητα, η απόδοση, η αισθητική και το κόστος. Η ανάλυση αυτή παρέχει την πιο ενδεδειγμένη και εις βάθος ανάλυση και αξιολόγηση για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός κτιρίου και των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή του και παρέχει τη δυνατότητα να ποσοτικοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συχνά όμως δεν αξιοποιείται από την κατασκευαστική βιομηχανία η ΑΚΖ και πολλά υλικά ή προϊόντα συγκρίνονται και λαμβάνονται αποφάσεις βάσει μιας ή μερικών μεμονωμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων χωρίς να ληφθούν υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζονται σε όλο το κύκλο ζωής τους. Τέτοιες απλοϊκές αποφάσεις μπορεί να είναι επικίνδυνες και να οδηγήσουν σε λανθασμένες ή φτωχές επιλογές.

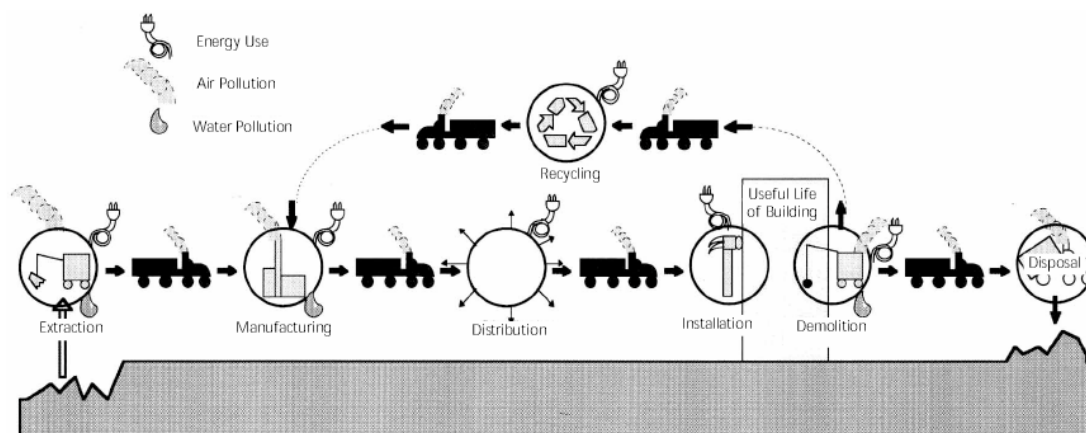
Η διαδικασία περιβαλλοντικής αποτίμησης και αξιολόγησης ενός κτιρίου ξεκινά με τον καθορισμό του συνολικού κύκλου ζωής του, που περιλαμβάνει τη ακολουθία των γεγονότων και δραστηριοτήτων στη ζωή του κτιρίου από την επιλογή της τοποθεσίας δημιουργίας του, το σχεδιασμό, την κατασκευή και λειτουργία του έως την τελική κατεδάφιση του, όπως φαίνεται στο διάγραμμα.



Πηγή: *Integrating LCA into Green Building Design*, Shannon Lloyd et al

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου και όλων των συστατικών του μπορούν να αποτιμηθούν ως οι αλλαγές που προκύπτουν στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα της συνολικής αυτής ακολουθίας των δραστηριοτήτων. Στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται και οι περιβαλλοντικές αλλαγές που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αφαίρεσης και επιστροφής υλικών στο περιβάλλον. Γενικότερα, οι πραγματικές περιβαλλοντικές αλλαγές είναι πολύπλοκοι συνδυασμοί των μετακινήσεων και τροποποιήσεων των υλικών, καθώς και των χημικών και άλλων αλλαγών τους. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν σε ένα πλαίσιο χρονικά εξαρτώμενο, έτσι είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη και ο χώρος αλλά και ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνουν οι αλλαγές αυτές (*Sustainable Building Technical Manual*). Γενικά, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κατασκευαστικών υλικών τα οποία εισέρχονται στον κύκλο ζωής του κτιρίου εξετάζονται με τη μελέτη της ακολουθίας των ενεργειών και διεργασιών που οδηγούν στην παραγωγή τους. Τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κατασκευαστικού υλικού περιλαμβάνουν την εξόρυξη ή συγκομιδή των πρώτων υλών, την παραγωγή του υλικού, τη διανομή του, την εγκατάσταση του και ενσωμάτωση του στο κτίριο, τη χρήση του και την ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και τελική διάθεση του, όπως παρουσιάζεται στο πιο κάτω σχήμα. Για τα περισσότερα κατασκευαστικά υλικά, οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκύπτουν κατά τα δύο πρώτα στάδια, της εξόρυξης των πρώτων υλών και της παραγωγής τους, αλλά καθώς έχουν ενταθεί τα προβλήματα απόθεσης των αποβλήτων, έχει αυξηθεί και η περιβαλλοντική σημασία του τελευταίου σταδίου της τελικής διάθεσης του.

#### Ανάλυση Κύκλου ζωής ενός προϊόντος



Πηγή: New York City Department of Design and Construction

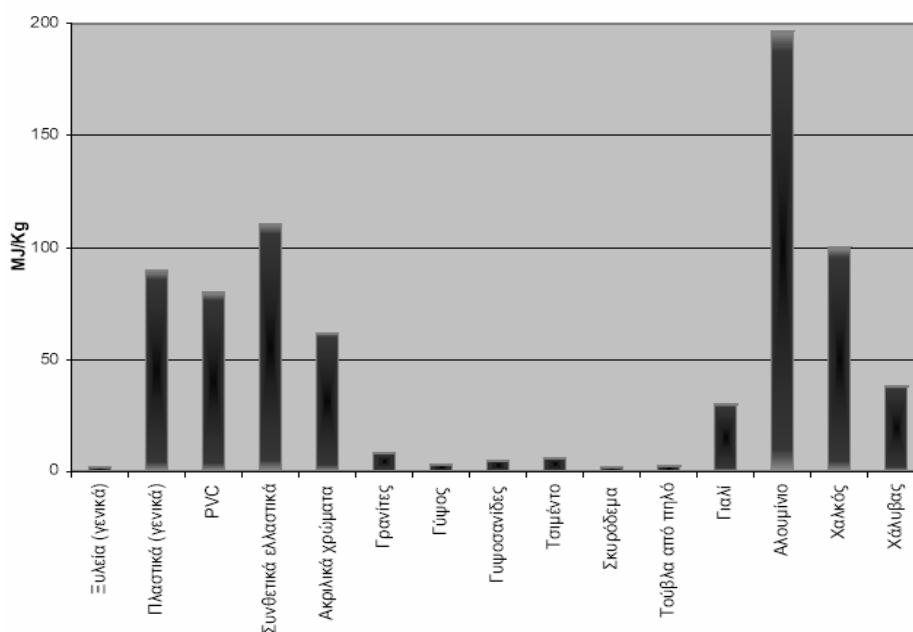


Η κατασκευή κτιρίων με υψηλότερες προδιαγραφές μόνωσης και πιο αποδοτικά και καλύτερα ελεγχόμενα συστήματα μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά την ωφέλιμη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου. Εντούτοις, η μείωση αυτή έχει αυξήσει τη σημαντικότητα της κατανάλωσης ενέργειας και φυσικών διαθεσίμων για την κατασκευή του κτιρίου. Για την βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου σε όλη την διάρκεια ζωής του είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η *ενσωματωμένη ενέργεια (embodied energy)* των κατασκευαστικών υλικών, η οποία είναι μια από τις παραμέτρους της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός υλικού. Η ενσωματωμένη ενέργεια είναι η συνολική ενέργεια η οποία έχει καταναλωθεί ώστε το υλικό να έρθει στην παρούσα του μορφή. Περιλαμβάνει την ενέργεια η οποία έχει καταναλωθεί για την εξόρυξη των πρώτων υλών, την επεξεργασία τους και την παρασκευή/κατασκευή των σύνθετων υλικών, καθώς και τη μεταφορά των υλικών από τη μια διεργασία στην άλλη αλλά και εντός των διεργασιών. Επιπλέον, περιλαμβάνει τα ανάλογα ποσοστά ενέργειας τα οποία αντιστοιχούν στην κατασκευή των μηχανημάτων και οχημάτων τα οποία εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του υλικού. Μια πλήρης ανάλυση της ενσωματωμένης ενέργειας ενός αντικειμένου μπορεί να είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και η ακρίβεια των δεδομένων που εισέρχονται στην ανάλυση ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την παρούσα μορφή του υλικού. Εντούτοις, δεν είναι γενικά απαραίτητο να υπάρχει πολύ μεγάλη ακρίβεια στα δεδομένα ώστε να είναι χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων. Οι δημοσιευμένες τιμές ενσωματωμένης ενέργειας για τα συνήθη κατασκευαστικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους και πολύ συχνά δεν υπάρχουν και ενδείξεις για τις απλοποιήσεις, τις παραδοχές και τα δεδομένα που έχουν ληφθεί υπόψη και το πως έχουν παρθεί. Είναι επομένως προφανές ότι η ενσωματωμένη ενέργεια είναι απλώς μια ενδεικτική παράμετρος για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του υλικού. (ELBRU – Un. of Brighton) Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ενσωματωμένες ενέργειες των σημαντικότερων κατασκευαστικών υλικών στην Αυστραλία και την Ελλάδα.

*Ενσωματωμένη ενέργεια για τα συνήθη δομικά υλικά, σε Αυστραλία και Ελλάδα*

Material	Embodied energy (GJ/t)	Material	Embodied energy (GJ/m <sup>2</sup> )
Aluminium	200-260	Brick	0.50-1.20
Copper	95-175	Carpet	0.25-1.23
Steel	80-115	Vinyl flooring 2 mm	0.20-0.35
Plastic	75-120	Clear float glass 4 mm	0.18-0.55
Cement	10-15	Fibreglass batts R2.5	0.10-0.25
Concrete 30 MPa	3.2-4.5	Plasterboard 10 mm	0.03-0.06
Timber	2.5-4.3	Paint	0.01-0.03

Πηγή: *Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities*, Graham Treloar et al



Πηγή: Αιμ. Κοροναίος & Σαργέντης, 2002

Η επιλογή των καλύτερων πρακτικών και υλικών με την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση, που συμβάλλουν στην συντήρηση των φυσικών διαθεσίμων και τη διαχρονική επάρκεια τους, προκύπτει από τη μελέτη της AKZ των κατασκευαστικών υλικών. Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός υλικού μπορεί να προκύψει μέσα από την **ελάττωση της ποσότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται, τη χρήση ανανεώσιμων υλικών, τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών ή υλικών με υψηλό περιεχόμενο ποσοστό ανακυκλωμένων υλικών, την επαναχρησιμοποίηση των υλικών, τη χρήση υλικών με μεγάλη ανθεκτικότητα, τη χρήση τοπικών υλικών και την ελάττωση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων κατά την διαδικασία της κατασκευής και την ανακύκλωση των αποβλήτων αυτών**. Βέβαια θα πρέπει να βρεθεί και μια ισορροπία ανάμεσα στις



περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κόστος κύκλου ζωής ενός υλικού και να γίνει επιλογή των καλύτερα ισορροπημένων, ανάμεσα στις δύο παραμέτρους, υλικών.

Η πρώτη προτεραιότητα για τη διασφάλιση της επάρκειας των φυσικών διαθεσίμων είναι καταρχήν η ελάττωση της χρήσης τους. Για την *ελάττωση της ποσότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται σε μια κατασκευή* υπάρχουν διάφορες στρατηγικές και τεχνικές οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν. Καταρχήν είναι σημαντικό να αξιοποιείται το υλικό με τον πιο αποδοτικό τρόπο, στο μέτρο του δυνατού, κάτι που θα παράγει και μικρότερο όγκο αποβλήτων. Για παράδειγμα είναι εφικτή η χρήση πρακτικών όσον αφορά τα πλαίσια, που να μειώνεται η χρήση υλικών και να διατηρείται παράλληλα η δομική σταθερότητα του κτιρίου, η χρήση υλικών που να μην απαιτούν την περαιτέρω επεξεργασία όπως βάνιμο κλπ, η χρήση προκατασκευασμένων κατασκευαστικών εφαρμογών, η χρήση αβαθών θεμελίων κλπ. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φόρμες από αλουμίνιο ως καλούπια για την κατασκευή των θεμελίων ώστε να αποφευχθεί η χρήση ξύλινων τα οποία μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν μόνο 2-3 φορές ακόμα σε σχέση με τα μεταλλικά καλούπια τα οποία χρησιμοποιούνται για χρόνια, ελαττώνοντας τη χρήση φυσικών διαθεσίμων ξυλείας.

Η παραγωγή τσιμέντου Portland απαιτεί την κατανάλωση σημαντικών ποσών ενέργειας, κάτι που προκαλεί την εκπομπή σημαντικών ποσών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρυπαντών στην ατμόσφαιρα. Επειδή το τσιμέντο χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες στον κατασκευαστικό τομέα, είναι αναγκαία η αναζήτηση εναλλακτικών, μέσω των οποίων να μειωθούν οι απαιτήσεις σε τσιμέντο. Η πρακτική που ακολουθείται είναι η χρήση *τσιμέντου με ιπτάμενη τέφρα*, η οποία αποτελεί απόβλητο από την καύση άνθρακα στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες. Η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση έως και του 30% του τσιμέντου, παράγοντας ένα σκυρόδεμα το οποίο έχει πολύ καλές ιδιότητες. Θα πρέπει φυσικά να δίνεται μεγάλη προσοχή στη σύσταση της τέφρας ώστε να μην περιέχει τοξικές ουσίες που μπορούν να είναι επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία. Οι αναλογίες με τις οποίες αναμιγνύεται με το τσιμέντο και τα άλλα συστατικά θα πρέπει να ελέγχονται όπως και οι εφαρμογές στις οποίες αξιοποιείται.

Πηγές *ανανεώσιμων υλικών* όπως είναι το μπαμπού, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση της ξυλείας από την υλοτόμηση δέντρων, συμβάλουν





σημαντικά στη συντήρηση των δασών και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, εάν βέβαια είναι διαθέσιμο στην εγχώρια αγορά. Το μπαμπού είναι στην πραγματικότητα ένα «χορτάρι» το οποίο μεγαλώνει πολύ γρήγορα και έχει την ανθεκτικότητα της βαλανιδιάς. Καθώς το μπαμπού συγκομίζεται η ρίζα παραμένει ζωντανή παράγοντας καινούρια σοδιά, η οποία μέσα στο πολύ μικρό χρονικό διάστημα των 5 ετών δίνει και πάλι έτοιμη πρώτη ύλη. Το μπαμπού επίσης είναι σκληρότερο από το ξύλο οπότε οι κατασκευές στις οποίες χρησιμοποιείται, όπως τα πατώματα, είναι πιο ανθεκτικές και επιπλέον είναι φθηνότερο από το ξύλο. Τέλος, δεν απαιτεί ειδικό χειρισμό στην εγκατάσταση του, καθιστώντας το συνολικά πολύ ελκυστική επιλογή για τους κατασκευαστές (*Built Green*).

Η επάρκεια των υλικών μπορεί να επιτευχθεί και με *χρήση ανακυκλωμένων υλικών* σε μια κατασκευή. Με τον τρόπο αυτό δεν συμβάλλει κανείς μόνο στην ανακούφιση των διαρκώς ελαττούμενων φυσικών διαθεσίμων από την πίεση της κατανάλωσης, αλλά παράλληλα συμβάλλει και στην αποφυγή των προβλημάτων της κοστοβόρας και προβληματικής διάθεσης των αποβλήτων, μετατρέποντας τα σε χρήσιμα νέα προϊόντα. Επιπλέον, τα ανακυκλωμένα προϊόντα συχνά απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους σε σχέση με τα καινούρια υλικά, έτσι η χρήση τους συμβάλλει και στην εξοικονόμηση ενεργειακών διαθεσίμων. Ανακυκλωμένα κατασκευαστικά υλικά μπορούν να παραχθούν από χαρτί, ξύλο, πλαστικό, λάστιχα, γυαλί, μέταλλα και άλλα υλικά τα οποία έχουν εκπληρώσει την πρωτογενή χρήση τους στη βιομηχανία ή τους καταναλωτές. Αναλυτικότερα υπάρχουν τριών ειδών υλικά που έχουν προκύψει από ανακύκλωση ή περιέχουν ανακυκλωμένα υλικά. Είναι τα μετακαταναλωτικά (postconsumer) υλικά τα οποία παράγονται από βιομηχανικές, εμπορικές εγκαταστάσεις ή νοικοκυριά τα οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον αρχικό τους σκοπό. Από την άλλη είναι και τα ανακτημένα απόβλητα από βιομηχανικές διεργασίες τα οποία δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην ίδια διεργασία, όπως είναι η σκωρία από την εκκαμίνευση μετάλλων ή ορυκτών. Τέλος, υπάρχουν και τα ανακυκλωμένα υλικά από διάφορες παραγωγικές διαδικασίες, όπως τα προϊόντα τα οποία επιστρέφονται ή δεν πληρούν τις προδιαγραφές και δεν εισάγονται στην αγορά (*Sustainable Building Technical Manual*).

Τα ανακυκλωμένα υλικά εκτός από τη συνεισφορά τους στην επάρκεια των φυσικών διαθεσίμων, η ενσωματωμένη ενέργεια τους είναι σημαντικά μικρότερη από την



ενσωματωμένη ενέργεια των πρωτογενών υλικών. Παράδειγμα αποτελεί το ατσάλι το οποίο έχει ενσωματωμένη ενέργεια 80-115 GJ/t σε σχέση με το ανακυκλωμένο ατσάλι του οποίου η ενσωματωμένη ενέργεια είναι 20-50 GJ/t. Αντίστοιχα, το παρθένο αλουμίνιο έχει ενσωματωμένη ενέργεια 200-260 GJ/t ενώ τα προϊόντα με ανακυκλωμένο αλουμίνιο 20-60 GJ/t. (*Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities, Graham Treloar et al. )*

Πολλά ανθεκτικά υλικά όπως πόρτες, ντουλάπια καθώς και μεταλλικά και γυάλινα αντικείμενα τα οποία αφαιρούνται με ευκολία μπορούν να **επαναχρησιμοποιηθούν**. Η πρακτική αυτή έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως σε εργασίες αποκατάστασης, εντούτοις έχει αρχίσει να επεκτείνεται και σε κατασκευαστικές μελέτες και ανακαινίσεις. Η εξοικονόμηση φυσικών πόρων από την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση μερικών υλικών μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική και τα επιπλέον εργατικά που απαιτούνται αντισταθμίζονται μερικώς ή ακόμα και πλήρως από την εξοικονόμηση υλικών, την απαλλαγή από το κόστος μεταφοράς των νέων υλικών και το κόστος απόθεσης των αποβλήτων.

Οι μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τη χρήση υλικών με μεγάλη **ανθεκτικότητα** έγκειται στην ελαχιστοποίηση της συντήρησής τους ή των αναγκών αντικατάστασής τους. Η χρήση τέτοιων υλικών αποτελεί μια αποδοτική χρήση και αξιοποίηση των φυσικών διαθεσίμων και εκτρέπει τα υλικά από την απόθεσή τους σε χώρους τελικής διάθεσης και επιπλέον μειώνει το κόστος κύκλου ζωής του υλικού. Στο παρόν στάδιο η ανθεκτικότητα των υλικών καθορίζεται από τους κατασκευαστές μέσω της εγγύησης, η οποία τις περισσότερες φορές είναι πολύ ασαφής για να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο αξιολόγησης. Ωστόσο αναπτύχουν ειδικά πλαίσια περιβαλλοντικής αξιολόγησης της ανθεκτικότητας των υλικών με ποσοτικά χαρακτηριστικά, η αξιολόγηση αυτή μπορεί να γίνεται μόνο ποιοτικά (*The Environmentally Responsible Construction and Renovation Handbook – Canada*).

Μια από τις παραμέτρους του κύκλου ζωής ενός υλικού είναι και το κόστος μεταφοράς του και η συνεισφορά του στην ενσωματωμένη ενέργεια του υλικού. Η αξιοποίηση επομένως **τοπικών υλικών** μπορεί να συμβάλει στην ελάττωση της ενσωματωμένης ενέργειας και του κόστους κύκλου ζωής των κατασκευαστικών υλικών. Με τη χρήση τοπικών υλικών μειώνεται το κόστος μεταφοράς τους, το οποίο αυξάνεται σημαντικά σε περιπτώσεις όπου τα υλικά μεταφέρονται από άλλες χώρες ή

Eco_Criteria_analysis_final			Page 81 / 100
Document	Ecodesign criteria study	Date	25.06.07



ακόμα και ηπείρους. Επιπλέον τα τοπικά υλικά μπορούν να είναι επεξεργασμένα ανάλογα με τις ειδικότερες ανάγκες της τοπικής κοινότητας και να συνάδουν με την πολιτιστική και κοινωνική κουλτούρα της περιοχής. Ακόμα, όταν τα φυσικά διαθέσιμα είναι τοπικής προέλευσης και οι επιπτώσεις από την συγκομιδή και επεξεργασία τους είναι πιο άμεσες στους κατοίκους είναι πιο εύκολο να αναπτύξουν περιβαλλοντική συνείδηση και να εφαρμόσουν πρακτικές φιλικότερες προς το περιβάλλον. Η χρήση πέτρας και τούβλων τα οποία εξορύσσονται και παράγονται αντίστοιχα τοπικά ελαττώνει σημαντικά την ενσωματωμένη ενέργειά τους και επιπλέον δίνει και ένα τοπικό χαρακτήρα στην κατασκευή.

Τέλος, μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις του κατασκευαστικού τομέα στα φυσικά διαθέσιμα και το περιβάλλον γενικότερα είναι η παραγωγή αποβλήτων. Τα απόβλητα στον κατασκευαστικό τομέα μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες, των υλικών, τα εργατικά απόβλητα και τα απόβλητα από τα μηχανήματα. Εντούτοις, το σημαντικότερο μέρος τους είναι τα απόβλητα των υλικών λόγω του ότι οι πρώτες ύλες που εισέρχονται στην κατασκευή είναι μη ανανεώσιμα διαθέσιμα. Οι πρακτικές ποσοτικοποίησης των αποβλήτων σε πολλές χώρες συμπεριλαμβάνουν στα απόβλητα των κατασκευών και τα απόβλητα από την κατεδάφιση των κτιρίων. Οι αναλογίες των δύο δεν μπορούν να γενικευτούν και ποικίλουν από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ, τα απόβλητα από την κατεδάφιση αναφέρονται να είναι διπλάσια από ότι τα απόβλητα που προκύπτουν σε μια κατασκευή. Σε κάθε περίπτωση η ποσότητα αποβλήτων που παράγεται από τον κατασκευαστικό τομέα αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής παραγωγής αποβλήτων σε όλες τις χώρες. Στην Ολλανδία το ποσοστό των αποβλήτων από τον κατασκευαστικό τομέα αντιπροσωπεύει το 26% της συνολικής παραγωγής αποβλήτων στη χώρα, ενώ στις ΗΠΑ το 29% της συνολικής παραγωγής στερεών αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά αποτελούν μια μεγάλη περιβαλλοντική απειλή και είναι η πηγή πολλών και σημαντικών προβλημάτων ειδικά κατά την τελική διάθεση τους. Για να έχει κανείς μια εικόνα για το μέγεθος του προβλήματος, στο Hong Kong τα απόβλητα από τον κατασκευαστικό τομέα αποτελούσαν το 65% των χώρων τελικής διάθεσης κατά τα έτη 1994-95 όταν ήταν στην περίοδο αιχμής η κατασκευαστική βιομηχανία. Υπολογίζεται ότι στην Αυστραλία η κατασκευαστική βιομηχανία παράγει το 20-30% των αποβλήτων που αποτίθενται στους χώρους τελικής διάθεσης, ενώ το ποσοστό

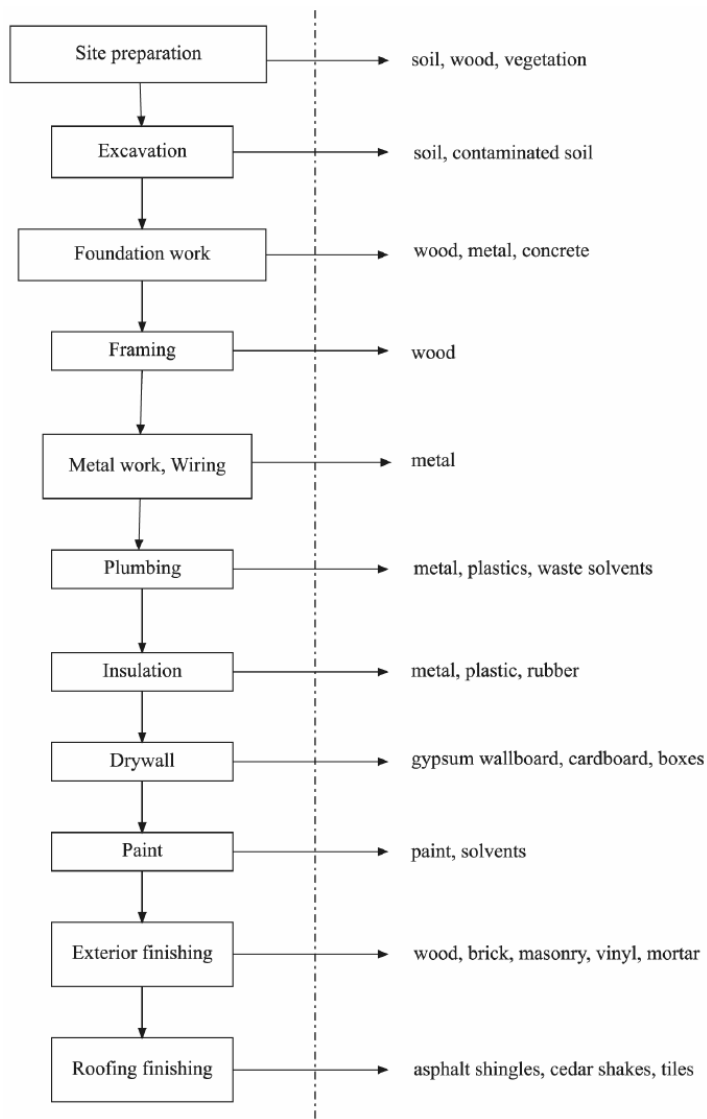


αυτό φτάνει το 50% στη Μ. Βρετανία, το 19% στη Γερμανία και το 13-15% στην Φινλανδία (*Construction Material Waste Source Evaluation, Ekanayake & Ofori*). Τα μεγέθη παραγωγής αποβλήτων από τον κατασκευαστικό τομέα στην Κύπρο και την Ελλάδα ανέρχονται σε 6.542.000 τόνους/έτος και 49.283.000 τόνους/έτος αντίστοιχα. Στον υπολογισμό του όγκου των αποβλήτων έχουν συμπεριληφθεί τα απόβλητα εκσκαφής, κατασκευής και κατεδάφισης των κτιρίων (*Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο, 2006*).

Οι αιτίες παραγωγής αποβλήτων κατά την κατασκευή ενός κτιρίου ποικίλουν και αντίστοιχα με τα ποσοστά συμμετοχής στους στην συνολική παραγωγή αποβλήτων μιας χώρας δεν μπορούν να γενικευτούν. Αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών κατασκευαστικών πρακτικών που εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση και στα διαφορετικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε κάθε χώρα ή περιοχή.

Οι δραστηριότητες σε ένα χώρο κατασκευής που είναι σε θέση να παράξουν απόβλητα συνοψίζονται στο πιο κάτω διάγραμμα.

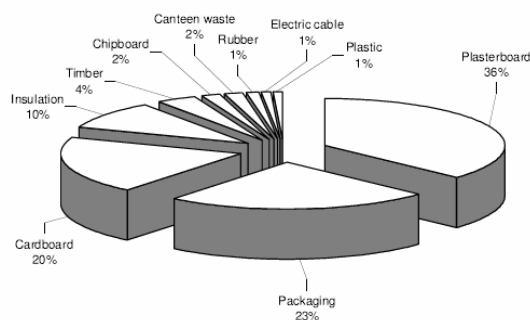
*Δραστηριότητες στο χώρο κατασκευής με υψηλό δυναμικό παραγωγής αποβλήτων*



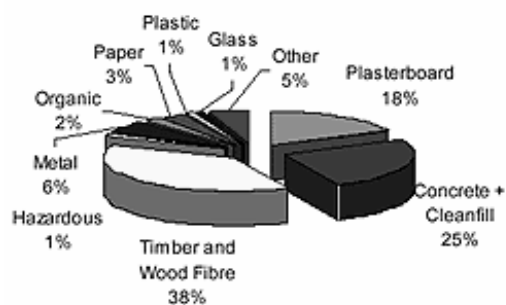
Πηγή: Khairulzan Yahya and A. Halim Boussabaine, « Eco-costing of construction waste», 2006

Επιπλέον, λόγω των διαφορετικών τεχνικών και πρακτικών αλλά και υλικών που χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα ανά τον κόσμο, δεν μπορεί να γενικευτεί ούτε και η σύσταση των αποβλήτων. Ενδεικτικά μετά από τη μελέτη της βιβλιογραφίας, τα απόβλητα από μια κατασκευή αποτελούνται κυρίως από πλαστικές συσκευασίες και άλλα πλαστικά υλικά, χαρτόνια, ξυλεία διαφόρων τύπων και χρήσεων, μονωτικά υλικά, τούβλα, μάρμαρα, λάστιχα, μέταλλα και τσιμέντο. Τα πιο κάτω διαγράμματα δείχνουν τη σύσταση των αποβλήτων σε μια κατασκευή στην Μ. Βρετανία και την Νέα Ζηλανδία, όπου μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις διαφορές.

*Σύσταση των αποβλήτων σε Μ. Βρετανία και Νέα Ζηλανδία*



Πηγή : Jones and Greenwood 2003



Πηγή : New Zealand , Ministry for the Environment

Μια εκτίμηση της σύστασης των αποβλήτων του κατασκευαστικού τομέα σε Κύπρο και Ελλάδα παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

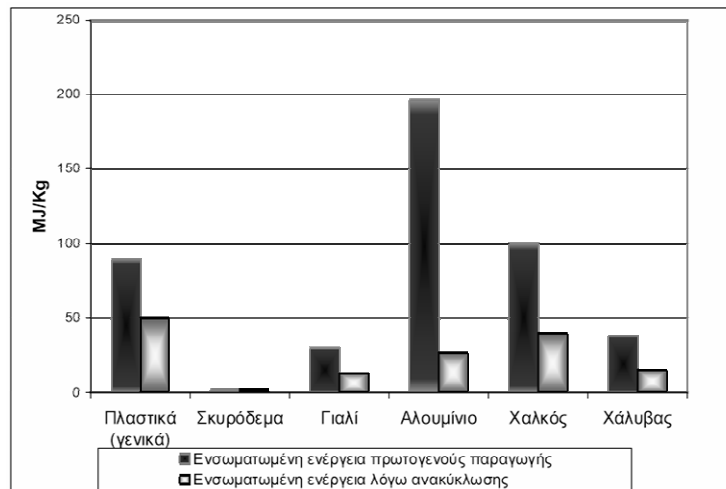
*Σύσταση αποβλήτων κατασκευαστικού τομέα σε Κύπρο και Ελλάδα*

Υλικό	% συμμετοχή	Ποσότητα στην Ελλάδα (tn/yr)	Ποσότητα στην Κύπρο (tn/yr)
Χαρτί	9	4.435.470	588.780
Πλαστικό	2	985.660	130.840
Μέταλλα	5	2.464.150	327.100
Ξύλο	14	6.899.620	915.880
Οικοδομικά υλικά (σκυρόδεμα, τούβλα κ.α.)	65	32.033.950	4.252.300
Λοιπά υλικά	5	2.464.150	327.100

Πηγή: Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο, 2006

Η παραγωγή αποβλήτων κατά τη διαδικασία κατασκευής, παρά το γεγονός ότι μπορεί να μειωθεί με τους τρόπους που ήδη αναφερθήκαν, δηλαδή την αποδοτικότερη χρήση των υλικών με προκατασκευασμένες εφαρμογές κλπ, είναι αναπόφευκτη πρακτικά, ειδικά σε περιπτώσεις κατεδάφισης παλαιών κατασκευών. Η ελάττωση των αποβλήτων που θα επιβαρύνουν τους χώρους τελικής διάθεσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την ανάκτηση υλικών και επαναχρησιμοποίησή τους, και όταν αυτή δεν είναι δυνατή με την ανακύκλωση τους, μειώνοντας έτσι το κόστος διάθεσης των αποβλήτων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την τελική διάθεσή τους. Επιπλέον η ενσωματωμένη ενέργεια ανακυκλωμένων υλικών είναι χαμηλότερη σε σχέση με τα πρωτογενή υλικά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.

*Ενσωματωμένη ενέργεια κατασκευαστικών υλικών (πρωτογενών και ανακυκλωμένων)*



Πηγή : Αιμ. Κοροναίος & Σαργέντης, 2002



Όταν ένα υλικό εκπληρώσει τον αρχικό του σκοπό και χρησιμότητα σε ένα κτίριο, εξακολουθεί να αποτελεί ένα φυσικό διαθέσιμο το οποίο μπορεί στη συνέχεια να ανακτηθεί και να ανακυκλωθεί. Για παράδειγμα τα μέταλλα είναι ανακυκλώσιμα εάν διαχωριστούν ανά τύπο. Το ατσάλι και το

αλουμίνιο, μέταλλα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρο στις κατασκευές, έχουν υψηλή ανακυκλώσιμη αξία. Το 50-70% της ενέργειας που καταναλώνεται και της ρύπανσης που προκαλείται από την παραγωγή ατσαλιού μπορεί να αποφευχθεί με την ανακύκλωση του, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το αλουμίνιο ανέρχεται έως και 85%. Από την άλλη, τα



περισσότερα πλαστικά είναι ανακυκλώσιμα, εντούτοις οι ρυθμοί ανακύκλωσης δεν είναι ιδιαίτερα υψηλοί λόγω της μεγάλης ποικιλίας τους η οποία καθιστά δύσκολο το διαχωρισμό τους. Το PVC για παράδειγμα θα μπορούσε να ανακυκλώνεται πολύ περισσότερο αν υπήρχε ο σχεδιασμός ώστε να αφαιρείται ευκολότερα. Από την άλλη, οι διάφορες επιστρώσεις, προσθετικά και χρωστικές δυσκολεύουν ακόμα περισσότερο την ανακύκλωση των πλαστικών. Ένα άλλο φυσικό διαθέσιμο το οποίο είναι ανακυκλώσιμο είναι η ξυλεία, μειώνοντας την επιβάρυνση στα ήδη υπερυλοτομημένα δάση. Τα ξύλινα υλικά μπορούν να ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν πολύ εύκολα σε αντίστοιχες εφαρμογές ή να επεξεργαστούν για την περαιτέρω χρήση τους. Το τσιμέντο, ο άργιλος, τα κεραμικά και άλλα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην τοιχοποιία αποτελούν παραδείγματα υλικών τα οποία είναι συνήθως δύσκολο να ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Συνήθως απορρίμματα από τέτοια υλικά βρίσκουν εφαρμογή στην οδοποιία, όπου αφού τεμαχιστούν χρησιμοποιούνται ως επίστρωση κάτω από την άσφαλτο ή το πεζοδρόμιο (*Sustainable Building Technical Manual*). Είναι επομένως επιβεβλημένος ο *σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός προγράμματος ανακύκλωσης και διαλογής των αποβλήτων στο*



χώρο της κατασκευής ή της κατεδάφισης. Τα διαχωρισμένα απόβλητα μπορούν να οδηγηθούν σε μονάδες ανακύκλωσης ή να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της κατασκευής επί τόπου, με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού όπως τα grinder (μηχανές άλεσης) (National Association of Home Builders - NAHB).

Η χρήση ανακυκλωμένων και ελαφριών αδρανών σε ορισμένες εφαρμογές σκυροδέματος εκτρέπει από την τελική διάθεση θραύσματα σκυροδέματος, τούβλα, γυαλί και άλλα απόβλητα. Όλα τα ανακυκλωμένα αυτά αδρανή χρησιμοποιούνται στη θέση της πέτρας και μειώνουν το φορτίο στις κατασκευές, ειδικά σε ελαφριές κατασκευές, και επιπλέον αυξάνουν τη θερμική αντίσταση της κατασκευής. Για την παραγωγή προϊόντων τοιχοποιίας όπως τούβλα και μπλοκ μπορεί να χρησιμοποιηθεί λυματολάσπη από βιολογικούς σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων και στάχτη από αποτεφρωτήρες και ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, η οποία όπως και στην περίπτωση



του τσιμέντου θα πρέπει να ελεγχθεί κατά ποσό περιέχει ρυπαντές οι οποίοι μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, μπορούν να παραχθούν υαλότουβλα από ανακυκλωμένο γυαλί, τα οποία έχουν πολλές εφαρμογές στα κτίρια.

Μια άλλη ομάδα υλικών η οποία είναι δυνατό να αξιοποιήσει ανακυκλωμένα υλικά είναι τα μονωτικά υλικά. Ο υαλοβάμβακας για παράδειγμα μπορεί να περιέχει υψηλά ποσοστά μετακαταναλωτικά ανακυκλωμένου γυαλιού, το οποίο από περιβαλλοντικής άποψης είναι προτιμότερο από το προκαταναλωτικά ανακυκλωμένο αφού τα μετακαταναλωτικά ανακυκλωμένα υλικά είναι πιο πιθανό να εκτρέπονται από την τελική διάθεση τους. Η σελλουλόζη για παράδειγμα μπορεί να περιέχει έως και 75% κατά βάρος μετακαταναλωτικά ανακυκλωμένο χαρτί. Το πολυστυρένιο το οποίο χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό μπορεί να περιέχει ανακυκλωμένα υλικά από συσκευασίες υπηρεσιών έτοιμων φαγητών (fast-food) και ποτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται για ζεστά ροφήματα σε καφετέριες κλπ.

Συνοψίζοντας, ο στόχος μιας κατασκευής αλλά και ολόκληρης της κατασκευαστικής βιομηχανίας η οποία προσδοκά σε φιλικότερες και αρμονικότερες σχέσεις με το περιβάλλον και τα φυσικά διαθέσιμα, προκύπτει μέσα από την ανάλυση του κύκλου ζωής των κατασκευαστικών υλικών. Η χρήση υλικών τα οποία επιβαρύνουν όσο το δυνατό λιγότερο το περιβάλλον, αξιολογημένα συνολικά σε όλα τα στάδια της ζωής



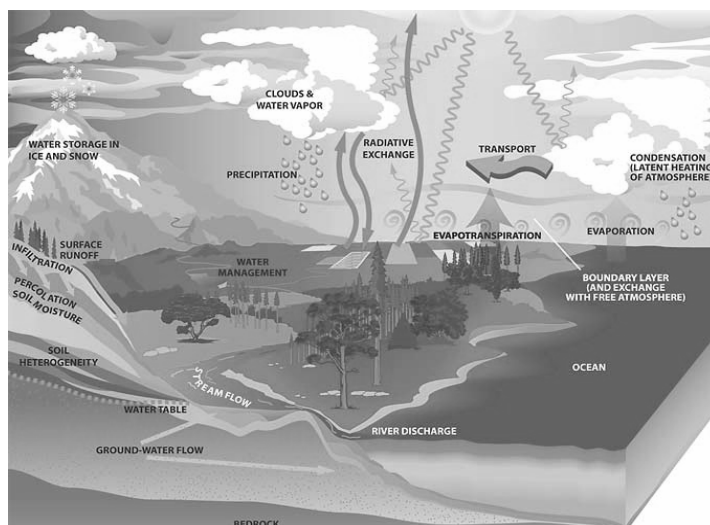
τους, είναι αναγκαία στον κατασκευαστικό τομέα. Η επάρκεια των φυσικών διαθεσίμων, όντας μη ανανεώσιμα, μπορεί να επιτευχθεί καταρχήν με τη μείωση της χρήσης τους κάτι που θα ελαττώσει και τις επεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον για την απόκτηση τους. Για να μειωθεί η χρήση νέων υλικών θα πρέπει αυτά τα οποία υφίστανται να μην απορρίπτονται ως απόβλητα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, αλλά να εξακολουθούν να αποτελούν διαθέσιμα, που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν είτε στην υφιστάμενη μορφή τους είτε αφού ανακυκλωθούν, επανεπεξεργαστούν και παράξουν νέα υλικά. Δεδομένων των πιο πάνω βημάτων, ελατώνεται αντανακλαστικά και η επιβάρυνση των χώρων τελικής διάθεσης από την απόρριψη των υλικών που σε άλλη περίπτωση θα αποτελούσαν απόβλητα. Η παραγωγή αποβλήτων τα οποία αναγκαστικά καταλήγουν στους χώρους τελικής διάθεσης είναι αναπόφευκτη, μπορεί όμως να μειωθεί σημαντικά και μαζί και τα τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία δημιουργεί η απόθεση τους. Εκτός από τη χρήση φυσικών διαθεσίμων και των προβλημάτων επάρκειας τους που δημιουργούνται, άλλες παράμετροι οι οποίες ενδεικτικά βοηθούν στην επιλογή των καταλληλότερων και φιλικότερων στο περιβάλλον, σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο, υλικών σε μια κατασκευή, αποτελούν η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού καθώς και οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, που προκύπτουν από την ΑΚΖ τους.

## Προστασία των υδατικών διαθεσίμων

Η έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου και η υπερθέρμανση του πλανήτη, η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η αλόγιστη χρήση νερού, η ρύπανση του από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και παρεμβάσεις στο περιβάλλον, η υπεράντληση για τις διάφορες ανθρωπογενείς χρήσεις έχει οδηγήσει σε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα και κυρίως στην σημαντική ελάττωση των διαθεσίμων αποθεμάτων φρέσκου νερού, καθώς και στην διατάραξη και ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (υφαλμύρυνση παράκτιων υδροφορέων), των επιφανειακών υδάτινων πόρων και οικοσυστημάτων. Για να έχει κανείς μια οπτική όσον αφορά τα αποθέματα νερού στον πλανήτη αρκεί να αναλογιστεί ότι το 97,5% του συνολικού νερού στον πλανήτη είναι αλμυρό και από το υπόλοιπο 2,5% μόλις το 1% αυτού είναι προσβάσιμο. Για να αντιληφθεί κανείς τις αναλογίες, αν το συνολικό νερό στον πλανήτη τοποθετείτο σε ένα δοχείο των 5 λίτρων, τότε το προσβάσιμο φρέσκο νερό ισοδυναμεί με ένα κουτάλι τσαγιού. Σήμερα, στα κτίρια αναλογεί το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού, και από τα 150-200 λίτρα πόσιμου νερού που καταναλώνονται κατά μέσο όσο ανά άτομο σε ημερήσια βάση, μόλις τα 4 λίτρα χρησιμοποιούνται για πόση (TAREB, *Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in Buildings – Environmental Assessment of Buildings, Price and Myers, 2004*).

Παγκοσμίως, το νερό είναι αποταμιευμένο σε τρεις κύριες «αποθήκες»: την ατμόσφαιρα, το έδαφος και τους ωκεανούς. Το νερό διαγράφει ένα συνεχή κύκλο ανάμεσα στους τρεις αυτούς παγκόσμιους ταμιευτήρες. Με την κατακρήμνιση, το

10% απορροφάτε από το έδαφος και καταλήγει τους υπόγειους υδροφόρους, το 20% καταλήγει σε επιφανειακά νερά όπως λίμνες, ποτάμια και ωκεανούς, και το 70% εναπομένει επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της





εξάτμισης και της διαπνοής για να σχηματίσει σύννεφα και να επαναρχίσει ο κύκλος. Το πόσιμο νερό προέρχεται συνήθως από επιφανειακά νερά και από τους υπόγειους υδροφόρους.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι κυριότερες αιτίες εξάντλησης των διαθεσίμων νερού στον πλανήτη είναι η μόλυνση του, η αύξηση του πληθυσμού και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Η μόλυνση του νερού παγκοσμίως έχει πολλές αιτιάσεις και παράγοντες, προκύπτοντας από τις επιφανειακές απορροές από αστικές περιοχές έως και τη μικροβιολογική ρύπανση των υδάτων. Οι απορροές από αστικές περιοχές αποτελούν ίσως τον πιο ρυπογόνο συνδυασμό στοιχείων που μπορεί να επηρεάσει την διαθεσιμότητα του νερού. Περιέχει περιττώματα, σκόνη, χώμα, βαρέα μέταλλα, παραπροϊόντα ελαστικών, λάδια και πετροχημικά προϊόντα. Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs) καθώς και άλλοι υδρογονάνθρακες, που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα ή το έδαφος, παρασύρονται από την βροχή και μέσα από τα συστήματα υπονόμων στα οποία καταλήγουν ρυπαίνουν και μολύνουν τα αποθέματα νερού.

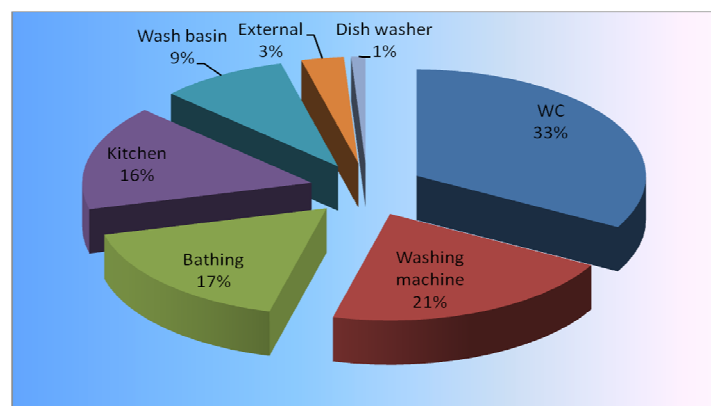
Η υπερθέρμανση του πλανήτη από την έξαρση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου έχει επίσης δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην διαθεσιμότητα και επάρκεια του φρέσκου νερού. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οι έντονες κατακρημνίσεις που οδηγούν σε πλημμύρες καθώς και οι παρατεταμένοι περίοδοι ξηρασίας, και γενικά η ανισοκατανομή της ετήσιας βροχόπτωσης δημιουργεί τεράστια προβλήματα στην διαθεσιμότητα του νερού. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, η ανισοκατανομή αυτή θα αμβλυνθεί ακόμα περισσότερο στα επόμενα χρόνια, με αυξημένη ροή στους ποταμούς και ακραία φαινόμενα πλημμύρων κατά τους χειμερινούς μήνες και έντονες και παρατεταμένες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών και ξηρασίας που θα συνοδεύονται από μειωμένη ροή στους ποταμούς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η ανατροφοδότηση του υπόγειου υδροφόρου θα μειωθεί και η έρημος θα επεκταθεί βορειότερα μετατρέποντας την νότια Ευρώπη σε Σαχάρα.

Ο παγκόσμιος πληθυσμός αριθμεί αυτή τη στιγμή 6 δισεκατομμύρια ανθρώπους και αναμένεται να ανέρθει στα 9,3 δις έως το έτος 2050. Η αύξηση του πληθυσμού είναι προφανώς άμεσα αλληλένδετη με την αύξηση της κατανάλωσης φρέσκου νερού. Σήμερα, σε παγκόσμια κλίμακα, 1,1 δις άνθρωποι έχουν ελλιπή πρόσβαση σε καθαρό νερό και 2,4 δις έχουν ελλιπή πρόσβαση σε ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, οι οποίοι

βρίσκονται στην πλειοψηφία τους σε χώρες τις οποίες χαρακτηρίζουμε ως αναπτυσσόμενες. Έως το 2025 1,8 δις άνθρωποι θα ζουν σε χώρες ή περιοχές του πλανήτη όπου θα υπάρχει παντελής έλλειψη νερού, κάτι που σημαίνει ότι δεν θα έχουν τα απαραίτητα αποθέματα νερού για να καλύψουν τις διατροφικές τους ανάγκες μέσω την γεωργίας, καθιστώντας τις όλο και περισσότερο εξαρτημένες από την εισαγωγή τροφίμων, δημιουργώντας ένα παγκόσμιο φαύλο κύκλο (TAREB, *Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in Buildings*). Ο Ismail Serageldin, ο πρώην αντιπρόεδρος της Παγκόσμιας Τράπεζας δήλωσε πριν από μερικά χρόνια ότι ο επόμενος παγκόσμιος πόλεμος θα γίνει για τα διαθέσιμα νερού στον πλανήτη, και αν αναλογιστεί κανείς τα σημερινά δεδομένα αναφορικά με την πρόσβαση σε φρέσκο νερό, η υπερβολή της δήλωσης αυτής φαντάζει πραγματικότητα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και τις άμεσες προεκτάσεις της έλλειψης νερού σε όλο τον παγκόσμιο πληθυσμό, προβάλλει ως επιτακτική ανάγκη η προστασία των υδατικών διαθεσίμων. Ο κατασκευαστικός τομέας καλύπτει, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το 40% περίπου της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού. Οι κυριότερες εστίες κατανάλωσης νερού κατά τη λειτουργία ενός κτιρίου είναι η τουαλέτα, το πλυντήριο πιάτων, το μπάνιο και η κουζίνα όπως φαίνεται και στο πιο κάτω διάγραμμα.

Κατανομή κατανάλωσης νερού σε μια κατοικία



Πηγή: *Environmental Assessment of Buildings, Price and Myers, 2004*

Βέβαια, ζητήματα προστασίας των υδατικών διαθεσίμων προκύπτουν και κατά την κατασκευή ενός κτιρίου. Ειδικότερα υπάρχει το ζήτημα της προστασίας του υπόγειου υδροφόρου και των επιφανειακών απορροών από τις κατασκευαστικές δραστηριότητες. Η υλοποίηση προγράμματος και σχεδιασμού προστασίας από την διαρροή τοξικών και βαρέων μετάλλων καθώς και άλλων ρυπογόνων ουσιών, οι



οποίες μπορούν να παρασυρθούν από το νερό της βροχής και να μολύνουν τους υδάτινους αποδέκτες στους οποίους καταλήγουν, είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ποιότητας των αποθεμάτων φρέσκου νερού. Μια άλλη παράμετρος, η οποία έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο της χωροθέτησης και του σχεδιασμού της τοποθεσίας της κατασκευής, είναι και η διαπερατότητα εδάφους του περιβάλλοντος χώρου, η οποία επηρεάζει το μέγεθος των επιφανειακών απορροών και την ανατροφοδότηση του υπόγειου υδροφόρου.

Οι προσεγγίσεις βάση των οποίων μπορεί να διασφαλιστεί η επάρκεια και ποιότητα των υδατικών αποθεμάτων, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες: καταρχήν στην μείωση της χρήσης νερού, τη διαχείριση του νερού το οποίο χρησιμοποιείται, την ανακύκλωση του και τέλος την συλλογή νερού από τις βροχοπτώσεις. Η υλοποίηση των προσεγγίσεων αυτών μπορεί να προκύψει μέσα από πολλές πρακτικές και εφαρμογές έχοντας και ως γνώμονα τις δραστηριότητες οι οποίες καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό νερού κατά τη λειτουργία ενός κτιρίου.

Μεγάλες ποσότητες νερού καταναλώνονται σε καθημερινή βάση στους νεροχύτες της κουζίνας και του μπάνιου. Για την εξοικονόμηση νερού στις δραστηριότητες αυτές υπάρχουν διάφορες τεχνικές όπως είναι οι *βρύσες χαμηλής ροής* και οι πιο διαδεδομένες *αεριζόμενες βρύσες (aerating taps)*. Οι τελευταίες διαθέτουν ένα εσωτερικό περιοριστή ροής μαζί με μια περιστροφική βαλβίδα η οποία αερίζει το νερό δίνοντας την αίσθηση ότι η ροή νερού είναι μεγαλύτερη από ότι είναι στην πραγματικότητα. Σε εμπορικά και δημόσια κτίρια, όπου οι βρύσες συχνά αφήνονται ανοικτές, είναι πολύ χρήσιμες οι βρύσες οι οποίες κλείνουν αυτόματα μετά από μικρό χρονικό διάστημα ή διαθέτουν αισθητήρα.

Μια άλλη καθημερινή δραστηριότητα η οποία ευθύνεται για την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων νερού είναι και το μπάνιο. Ισχύει ότι η μπανιέρα καταναλώνει τριπλάσια σχεδόν ποσότητα νερού σε σχέση με τη ντουζιέρα. Συγκεκριμένα, η μπανιέρα καταναλώνει περίπου 80 λίτρα νερό σε σχέση με τα 30 λίτρα που απαιτεί το ντους. Βέβαια, αυτό δεν είναι απόλυτο αφού εξαρτάται άμεσα από τη χρήση, αφού ένα παρατεταμένο ντους μπορεί προφανώς να καταναλώσει μεγάλες ποσότητες νερού. Το φαινόμενο αυτό είναι το λεγόμενο «rebound effect», όπου η εξοικονόμηση ακυρώνεται από μια δράση η οποία αντισταθμίζει το αρχικό

όφελος, όπως για παράδειγμα η λειτουργία ενός λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης όλο το 24ωρο γιατί είναι οικονομικός αντί να χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιείται ο συμβατικός.

Όπως μπορεί να παρατηρήσει και από το παραπάνω διάγραμμα, η μεγαλύτερη χρήση νερού σε μια κατοικία οφείλεται στη χρήση της τουαλέτας (33%), ενώ το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 43% σε ένα γραφείο. Είναι επομένως λογική η υλοποίηση πρακτικών και η εφαρμογή κανονισμών όσον αφορά τον εξοπλισμό αυτό. Μια από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές είναι η χρήση *τουαλετών dual flush*, των οποίων η δεξαμενή είναι χωρητικότητας 6 λίτρων σε σύγκριση με τις παλαιότερες εφαρμογές που ήταν 9 λίτρων. Οι τουαλέτες αυτές είναι λειτουργήσιμες σε δύο στάσεις, αφού δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει ανάμεσα στην χρήση όλου του νερού στη δεξαμενή ή του μισού. Οι διατάξεις αυτές εξοικονομούν νερό, αν και παρουσιάζουν διάφορα λειτουργικά προβλήματα. Βέβαια, εφόσον το νερό που χρησιμοποιείται στις τουαλέτες δεν είναι καθόλου αναγκαίο να είναι πόσιμο, μια άλλη λύση για την εξοικονόμηση του είναι η χρήση βρόχινου νερού ή επεξεργασμένου απόβλητου νερού. Τέλος, σε εμπορικά και δημόσια κτίρια υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης ουρητηρίων τα οποία δεν χρησιμοποιούν καθόλου νερό (TAREB, *Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in Buildings*).

Ενδεικτικές τιμές για τη λειτουργία των διάφορων συσκευών που καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες νερού, οι οποίες συστήνονται από το *LEED*, παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

*Ελάχιστες απαιτήσεις λειτουργίας των εφαρμογών διαχείρισης νερού*

Toilets	6.0 L/flush	1.6 gal/flush
Urinals	3.8 L/flush	1.0 gal/flush
Showerhead	9.5 L/min	2.5 gal/min
Faucets	9.5 L/min	2.5 gal/min
Replacement Aerators	9.5 L/min	2.5 gal/min
Metering Faucets	0.95 L/cy	0.25 gal/cy

Πηγή: *LEED Canada, Green Building Rating System, For New Construction & Major Renovations*

Μια άλλη δραστηριότητα σε μια κατοικία, η οποία καταναλώσει σημαντικές ποσότητες νερού είναι το πλύσιμο ρούχων καθώς και η πλύση των πιάτων. Τα *πλυντήρια ρούχων οριζόντιου άξονα* ή *αλλιώς* που φορτώνονται από το εμπρός μέρος του και όχι από πάνω, καταναλώνουν πολύ μικρότερες ποσότητες νερού. Όσον

αφορά την πλύση των πιάτων, η χρήση ενός πλυντηρίου πιάτων καταναλώνει μικρότερη ποσότητα νερού σε σύγκριση με την πλύση τους στο νεροχύτη. Επιπλέον,



υπάρχουν και πλυντήρια πιάτων υψηλής απόδοσης τα οποία καταναλώνουν έως και 40% λιγότερο νερό από τα συμβατικά. Για την εξοικονόμηση νερού πάντως πέραν από την αποδοτικότητα των συσκευών που χρησιμοποιούνται μια ουσιώδης παράμετρος είναι και πάλι ο τρόπος χρήσης τους. Η χρήση των πλυντηρίων όταν αυτά είναι πλήρης περιορίζει τη συχνότητα της χρήσης τους κάτι που εξοικονομεί σημαντικές

ποσότητες νερού αν αναλογιστεί κανείς ότι οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν την ίδια ποσότητα νερού ανεξάρτητα από το φορτίο τους (με εξαίρεση ορισμένα πλυντήρια ρούχων όπου υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της μισής ποσότητας νερού).

(County of San Mateo – Department of Public Works- <http://www.ext.colostate.edu/pubs/consumer/09952.html>)

Εκτός από τις πρακτικές οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν για την πρωτογενή μείωση της κατανάλωσης του νερού καθώς και της αποδοτικότερης χρήσης του, άλλη μια σημαντική παράμετρος για την προστασία των διαθέσιμων φρέσκου νερού είναι και η διαχείριση των συστημάτων διανομής του. Η διασφάλιση της καλής λειτουργίας των υδραυλικών συστημάτων χωρίς την ύπαρξη διαρροών μέσα από τον καλό σχεδιασμό και τη συχνή συντήρηση τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός κτιρίου. Κάτι το οποίο μπορεί να συμβάλει στην κατεύθυνση αυτή είναι και η διαρκής παρακολούθηση των επιπέδων κατανάλωσης ώστε σε περίπτωση ασυνήθιστων ενδείξεων να διεξάγονται έλεγχοι και να μην περνούν απαρατήρητα συμβάντα διαρροής (Water Conservation, Joseph Bourg - [http://www.wbdg.org/design/water\\_conservation.php](http://www.wbdg.org/design/water_conservation.php)).

Αν και ο όρος ανακύκλωση χρησιμοποιείται συνήθως για προϊόντα αλουμινίου, γυαλιού, χαρτιού κλπ, εντούτοις και το νερό μπορεί να ανακυκλωθεί. Η ανακύκλωση νερού αφορά την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου απόβλητου νερού για σκοπούς άρδευσης, σε βιομηχανικές εφαρμογές ψύξης, σε τουαλέτες, ακόμα και για την ανατροφοδότηση του υπόγειου υδροφόρου (US EPA- <http://www.epa.gov/region09/water/recycling/index.html> ).

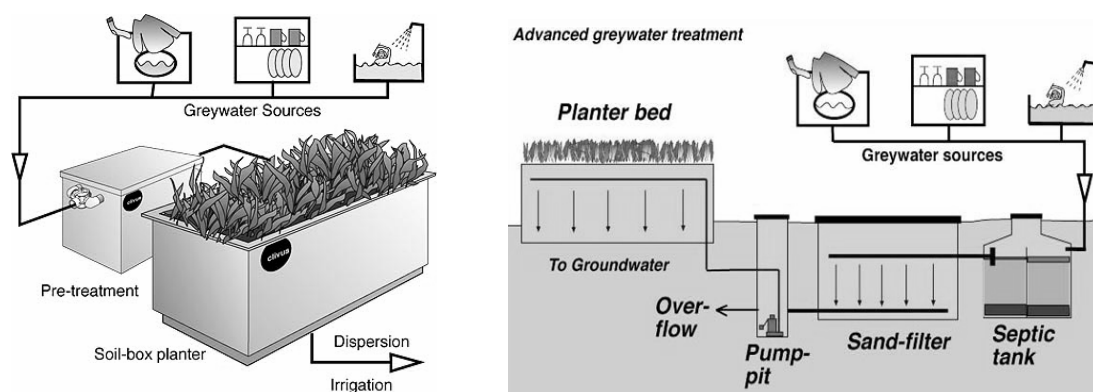
Οι μεγαλύτερες ποσότητες απόβλητου νερού επεξεργάζονται συμβατικά, από κεντρικές μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων οι οποίες απαιτούν μεγάλα κεφάλαια, ενέργεια και χημικά, και το επεξεργασμένο νερό στη συνέχεια



απορρίπτεται σε φυσικούς αποδέκτες, προκαλώντας συχνά τη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως η δημιουργία άλγεων στους υδάτινους αποδέκτες. Η εκτροπή του νερού από την είσοδο του στα κεντρικά συστήματα επεξεργασίας και η επεξεργασία του στο χώρο δημιουργίας του, μειώνει το φορτίο που έχουν να διαχειριστούν οι κεντρικές αυτές μονάδες και παράλληλα δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης του τοπικά επεξεργασμένου νερού για την πλήρωση των αναγκών του κτιρίου. Το νερό το οποίο εκτρέπεται από το κεντρικό σύστημα αποχέτευσης είναι είτε *grey water* είτε *black water*, τα οποία απαιτούν διαφορετική διαχείριση. Για τη διαχείριση των ρευμάτων αυτών θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα υδραυλικών το οποίο να διαχωρίζει τα δύο ρεύματα (*dual plumbing*) (Sustainable Building Technical Manual).

Στο απόβλητο νερό από τους νεροχύτες, το μπάνιο, το ντους, τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων έχει αποδοθεί ο όρος *grey water* ενώ το απόβλητο ρεύμα από τη χρήση της τουαλέτας έχει χαρακτηριστεί ως *black water*. Το *grey water* είναι σχετικά καθαρό εντούτοις περιέχει σημαντικές ποσότητες σωματιδίων φαγητού, λαδιού, μαλλιών και απορρυπαντικών τα οποία είναι δύσκολο να φιλτραριστούν και μπορούν να αποφράξουν τις μεμβράνες στα φίλτρα. Το νερό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί σε διάφορες χρήσεις όπως οι τουαλέτες, η άρδευση του κήπου, το πλύσιμο των αυτοκινήτων κλπ. (TAREB, Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in Buildings).

#### Μια τοπική διάταξη επεξεργασίας grey water



Πηγή: <http://www.greywater.com/>

Βέβαια, υπάρχουν και οι αρνητικές πλευρές της υλοποίησης ενός τέτοιου εγχειρήματος. Η επιτόπου επεξεργασία των απόβλητων νερών και η επαναχρησιμοποίησή του για τους σκοπούς που αναφέρθηκαν πιο πάνω, ελλοχεύει διάφορες επιπλοκές και κινδύνους, και κυρίως ανακύπτουν θέματα που αφορούν την



υγεία των ενοίκων. Σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχει επαρκής νομική κάλυψη για την εφαρμογή τέτοιων πρακτικών αν και όταν υπάρχει προσεκτική αξιοποίηση τους είναι αρκετά ασφαλή. Μεγαλύτερος κίνδυνος υπάρχει από την επεξεργασία *black water*, το οποίο περιέχει μεγαλύτερα ποσά οργανικών και μπορεί να υπάρξει βακτηριδιακή μόλυνση (*Conserve Water, Kelly Hart* –

<http://www.greenhomebuilding.com/articles/conservewater.htm>).

Οι πηγές συλλογής νερού δεν αφορούν μόνο τη συλλογή νερού από τις κατακρημνίσεις αλλά και από επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από αρδευτικές δραστηριότητες και νερό από συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (συστήματα HVAC).

Η συλλογή του νερού από τις κατακρημνίσεις αποτελεί ένα πολύ αποδοτικό τρόπο για την αξιοποίηση των φυσικών διαθεσίμων της τοποθεσίας και παράλληλα συμβάλλει στην εξοικονόμηση και προστασία των περιορισμένων υδατικών διαθεσίμων. Με τη συλλογή του νερού της βροχής μειώνεται το μέγεθος των επιφανειακών απορροών και επομένως τα φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους αλλά και η ρύπανση των υδάτινων αποδέκτων από τις μολυσμένες απορροές. Η μέθοδος αυτή αξιοποιείται εδώ και πάρα πολλά χρόνια, ειδικά σε περιοχές όπου παρατηρείται ξηρασία. Σε περιοχές του πλανήτη όπου ο πληθυσμός είναι διασκορπισμένος, η συλλογή βρόχινου νερού αποτελεί μια οικονομική εναλλακτική λύση σε σχέση με την κεντρική παροχή νερού μέσω υπόγειων σωληνώσεων (*SBTM*). Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της συλλογής βρόχινου νερού είναι το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία της τουαλέτας. Κατά μέσο όρο καταναλώνονται 45 λίτρα νερού ανά άτομο ανά ημέρα για το σκοπό αυτό. Σε ένα μέσο νοικοκυριό, αυτό μολύνει περίπου 66,000 λίτρα πόσιμο νερό το χρόνο. Επομένως, η χρήση νερού από τη συλλογή βροχής για το σκοπό αυτό μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην προστασία των διαρκώς ελαττούμενων διαθεσίμων πόσιμου νερού (*TAREB, Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in Buildings*).

Αν και είναι επιθυμητή για όλους τους παραπάνω λόγους η συλλογή νερού από τις κατακρημνίσεις, είναι απαραίτητη η εξακρίβωση και της ποιότητας του. Σε περιοχές όπου η ποιότητα του αέρα είναι ιδιαίτερα χαμηλή, όπως αστικές και βιομηχανικές, η ποιότητα του νερού της βροχής είναι σίγουρα υποβαθμισμένη και περιέχει σημαντικές ποσότητες οξέων και βαρέων μετάλλων, κάτι που το καθιστά



ανεπιθύμητο για χρήση. Σε περιοχές όπου το νερό έχει υψηλή σκληρότητα, το νερό από τις κατακρημνίσεις μπορεί να αυξήσει το χρόνο ζωής διάφορων συσκευών όπως οι θερμάστρες νερού. Γενικότερα, το νερό το οποίο συλλέγεται θα πρέπει να πληροί τους περιορισμούς που τίθενται από τους τοπικούς ή εγχώριους κανονισμούς για να μπορεί να χρησιμοποιείται.

Τα συστήματα συλλογής βρόχινου νερού αποτελούνται από τέσσερα κυρίως μέρη. Τα μέρη αυτά περιλαμβάνουν τις περιοχές συλλογής, οι οποίες είναι κυρίως οι οροφές, τα συστήματα φιλτραρίσματος και επεξεργασίας του νερού, τα συστήματα αποθήκευσης και τέλος τα συστήματα διανομής του. Για την μέγιστη αξιοποίηση των βροχοπτώσεων είναι απαραίτητη η εγκατάσταση κάθετων υδρορροών το μέγεθος των οποίων να έχει ρυθμιστεί βάση του της έκτασης της οροφής και της έντασης των κατακρημνίσεων. Απαιτείται πάντως ιδιαίτερη διαχείριση των συστημάτων συλλογής νερού από τις βροχοπτώσεις αφού ιδιαιτερότητες όπως η ποιότητα του νερού αυτού μετά από περίοδο ξηρασίας ή η ποιότητα της αρχικής ροής νερού από τις υδρορροές, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και το νερό αυτό να εκτρέπεται από την δεξαμενή συλλογής του. Η δεξαμενή συλλογής του νερού θα πρέπει να συντηρείται συχνά ώστε να αποτρέπεται η δημιουργία άλγεων ή να αποτελεί εστία αναπαραγωγής κουνουπιών. Επιπλέον, το υλικό της οροφής θα πρέπει να είναι είτε από μέταλλο ή άργιλο ή κεραμικό ώστε να μην εκροφούνται ουσίες οι οποίες μπορούν να μολύνουν το νερό. Το νερό που συλλέγεται από τις κατακρημνίσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και ως πόσιμο, μετά βέβαια από κατάλληλη επεξεργασία (*Sustainable Building Technical Manual*).



## REFERENCES

- Air Conditioning Contractors of America, Available from: <http://www.acca.org/>
- A Green Guide to Indoor Air Quality – Environmental Protection Agency (EPA), available from: <http://www.epa.gov/iaq/>
- Comfortable Low Energy Architecture (CLEAR), Available from: [http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/interactive/matrix/level\\_10\\_building\\_orientation.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/interactive/matrix/level_10_building_orientation.html)
- Energy star, Labeling Energy Efficient Office Equipment, Available from: <http://www.eu-energystar.org/>
- Environmental Protection Agency, Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits, Available from: <http://www.epa.gov/region09/water/recycling/index.html>
- Green Built Home – Wisconsin Environmental Initiative, Available from: <http://www.greenbulthome.org/>
- Graham Treloar, Roger Fay, Benedict Ilozor and Peter Love, Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities, Facilities, Vol 19, 3/4, 2001, pp. 139±149, MCB University Press
- Greener Buildings, Available from: <http://www.greenerbuildings.com/>
- Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought, Press Release, Available from: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/03/1278&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>
- Joseph Bourg, Water Conservation, Available from: [http://www.wbdg.org/design/water\\_conservation.php](http://www.wbdg.org/design/water_conservation.php)
- Kelly Hart, Conserve Water, Available from: <http://www.greenhomebuilding.com/articles/conservewater.htm>
- Khairulzan Yahya and A. Halim Boussabaine, «Eco-costing of construction waste», Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 17 Number 1, pp. 6-19, 2006
- Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori, Construction Material Waste Source Evaluation, Proceedings: Strategies for a Sustainable Built Environment, Pretoria, 23-25 August 2000
- LEED Canada, Green Building Rating System, For New Construction & Major Renovations, Available from: [http://www.cagbc.org/building\\_rating\\_systems/leed\\_rating\\_system.php](http://www.cagbc.org/building_rating_systems/leed_rating_system.php)



New York City Department of Design and Construction, Available from:  
<http://www.ci.nyc.ny.us/html/ddc/home.html>

R. Waskom and M. Neibauer, Water Conservation In and Around the Home,  
Available from: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/consumer/09952.html>

Sustainable Energy Development Office, Available from:  
<http://www1.sedo.energy.wa.gov.au/pages/orient.asp>

Seattle Area Built Green Website, Available from: <http://www.builtgreen.net/>

Shannon Lloyd, Anne Landfield, and Brian Glazebrook, Integrating LCA into  
Green Building Design, progress report on life cycle assessment, building design  
& construction, November 2005, Available from: [www.bdcnetwork.com](http://www.bdcnetwork.com)

The Environmentally Responsible Construction and Renovation Handbook –  
Canada, Available from: [http://www.pwgsc.gc.ca/realproperty/text/pubs\\_ercr/toc-e.html](http://www.pwgsc.gc.ca/realproperty/text/pubs_ercr/toc-e.html)

TAREB, Low Energy Architecture, Environmental issues, Water Conservation in  
Buildings – Environmental Assessment of Buildings, Price and Myers, 2004

US Department of Energy, Available from:  
[http://www.eere.energy.gov/consumer/your\\_home/designing\\_remodeling/index.cfm/mytopic=10270](http://www.eere.energy.gov/consumer/your_home/designing_remodeling/index.cfm/mytopic=10270)

Whole Building Design Guide, Available from: <http://www.wbdg.org/>

X. Κορωναίος, Διδακτικές Σημειώσεις Μεταπτυχιακού προγράμματος Σπουδών  
«Περιβάλλον & Ανάπτυξη», Μάθημα: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2006