

4 Το κτίριο κατά τη χρήση του

Τα οικοδομικά προϊόντα από πηλό είναι η καλύτερη επιλογή για ένα κτίριο και για τους ενοίκους του.

Από οικολογικής, οικονομικής και κοινωνικής πλευράς, τα οικοδομικά προϊόντα από πηλό αποτελούν μια αειφόρο επιλογή και έχουν ικανοποιητικές επιδόσεις κύκλου ζωής με συγκριτικά μικρή επίδραση στο περιβάλλον. Αυτά κατασκευάζονται συχνά σε σύγχρονα, αποκεντρωμένα εργοστάσια που χρειάζονται εξοπλισμό με χαμηλή εισαγωγή πρωτογενούς ενέργειας προς μείωση των εκπομπών. Λόγω της καλής τους θερμικής επίδοσης, τα οικοδομικά προϊόντα από πηλό μπορούν να ομορφάνουν την επίδραση των κτιρίων στο περιβάλλον.

Τα οικοδομικά προϊόντα από πηλό έχουν μια πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, απαιτούν λίγη ή καθόλου συντήρηση και βοηθούν στην μείωση των δαπανών θέρμανσης και ψύξης. Κατά συνέπεια παρέχουν πολύ μεγάλη οικονομική επίδοση. Σαν ένα αποτέλεσμα αυτών των πλεονεκτημάτων, τα κτίρια που είναι φτιαγμένα από οικοδομικά προϊόντα από πηλό έχουν ένα πολύ θετικό ισοζύγιο CO₂ καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, είναι ότι αυτά είναι εύκαμπτα κατά τη χρήση και προσφέρουν εξαιρετικές συνθήκες διαβίωσης και εσωτερικό κλίμα, χάριν της πορώδους δομής τους, της μάζας τους και της υψηλής αντίστασης στη φωτιά και στην υγρασία.

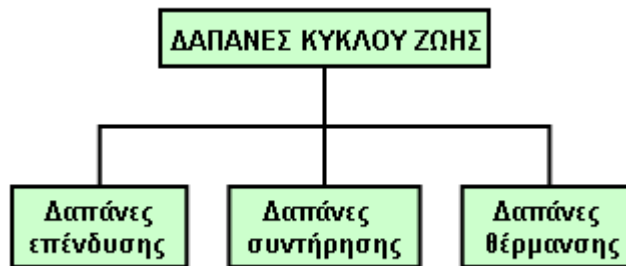
4.1 Οικονομικές απόψεις

Κατά το παρελθόν το κόστος επένδυσης ενός κτιρίου ήταν ο καθοριστικός παράγων. Σήμερα το κόστος του κύκλου ζωής ενός κτιρίου έχει γίνει ένας πιο σημαντικός γνώμονας, και οι κάτοικοι δείχνουν έντονο ενδιαφέρον για τα τρέχοντα έξοδα ενός κτιρίου, δηλαδή την θέρμανση, την ψύξη και την συντήρηση.



4.1.1 Δαπάνες του κύκλου ζωής

Η οικονομική αποτίμηση ενός κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον όλο κύκλο ζωής, δηλαδή τις δαπάνες τις σχετικές με την επένδυση, τη συντήρηση και τη θέρμανση, όσο και τις δαπάνες για την αποσυναρμολόγηση και την αντίστοιχη εναπόθεση των ανακυκλούμενων υλικών.



Αναλύσεις των δαπανών για κατασκευές από τούβλα δίνουν πολύ θετικά αποτελέσματα (βλέπε π.χ. D-A-CH Ökobilanz Ziegel, Dr. Manfred Bruck, 1996). Συμπαγείς (μονολιθικοί) τοίχοι με τούβλα και τοίχοι δίστρωτης τοιχοποιίας (με ενσωματωμένη μόνωση από ορυκτοβάμβακα) παρουσιάζουν χαμηλές δαπάνες σε σχέση με την πολύ χαμηλή συντήρηση και την ικανότητά τους να αποσυναρμολογούνται και να ανακυκλώνονται. Υψηλότερες δαπάνες κύκλου ζωής είναι συνήθως συνυφασμένες με τοίχους που έχουν εξωτερική μόνωση, η οποία πρέπει να ανανεώνεται αρκετές φορές κατά την ζωή του κτιρίου.

Οι δαπάνες κόστους ζωής είναι στενά συνδεδεμένες με την καταναλισκόμενη ενέργεια θέρμανσης από ένα κτίριο καθώς επίσης επηρεάζονται από τον τύπο της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, δηλαδή εάν είναι ηλεκτρικό ρεύμα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ανανεώσιμη ενέργεια ή θέρμανση της συνοικίας.

4.1.2 Δαπάνες επένδυσης

Αποτελεί επιθυμία όλων μας να μειώνονται όσο γίνεται περισσότερο οι δαπάνες του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, ωστόσο πρέπει να υπολογίζονται οι ολικές δαπάνες και δεν είναι σωστό να λαμβάνονται υπόψη μόνο επί μέρους δαπάνες, όπως π.χ. για τη μόνωση. Όσον αφορά το αρχικό κεφάλαιο δαπανών, μια κατασκευή κτιρίου μπορεί να κοστίζει περισσότερο από μια άλλη, αλλά μετά από ανάλυση που λαμβάνει υπόψη τόσο τη συντήρηση όσο και τις επισκευές του κτιρίου κατά το μέλλον, το αποτέλεσμα αλλάζει σημαντικά.

Ένα καλό παράδειγμα αυτού του γεγονότος είναι η δίστρωτη τοιχοποιία με τούβλα, η οποία – τουλάχιστον σε μερικές χώρες – χρειάζεται μεγαλύτερο προϋπολογισμό κόστους από, για παράδειγμα, ένα συμπαγή τοίχο με



εξωτερική μόνωση με πολυστυρένιο. Αλλά η δίστρωτη τοιχοποιία έχει μια πολύ μακρά διάρκεια ζωής (τουλάχιστον 100 χρόνια) χωρίς να επιφέρει σημαντικές δαπάνες επισκευών. Αντίθετα, η εξωτερική μόνωση με πολυστυρένιο έχει μια περιορισμένη διάρκεια ζωής (περίπου 30 χρόνια) με περιλαμβανόμενες επιπρόσθετες δαπάνες σε αρκετές περιπτώσεις για την ανανέωση της μόνωσης. Οι δαπάνες κύκλου ζωής είναι κατά συνέπεια μικρότερες για τη δίστρωτη τοιχοποιία με τούβλα.

Οι δαπάνες επένδυσης για τα κεραμίδια στέγασης από πηλό πρέπει να αποσβένονται κατά τη διάρκεια ζωής τους των εκατό ετών.

4.1.3 Δαπάνες συντήρησης

Οι δαπάνες συντήρησης για κατασκευές τοίχων με τούβλα είναι γενικά πολύ χαμηλές, διότι χρειάζονται μικρή φροντίδα καθ' όλη τη πολύ μεγάλη διάρκεια της ζωής τους.

Στη περίπτωση τοίχων με εξωτερικό επίχρισμα, η μόνη συνήθης συντήρηση είναι το βάψιμο, το οποίο μπορεί να χρειαστεί μετά από 30 χρόνια, εξαρτώμενο από τη θέση του κτιρίου. Μετά από 50 έως 60 χρόνια, ο τοίχος πρέπει να ξανασοβατιστεί από την αρχή. Οι δίστρωτες τοιχοποιίες με τούβλα κανονικά δεν χρειάζονται συντήρηση ή επισκευή καθ' όλη τη πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής τους και είναι υψηλής ανθεκτικότητας και αντοχής έναντι της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ακόμα και όταν οι τοίχοι με τούβλα χρησιμοποιούνται με πρόσθετη εξωτερική μόνωση, δεν απαιτούν συντήρηση ή επισκευή. Οι μόνες προκαλούμενες δαπάνες θα είναι η ανανέωση κατά ορισμένα διαστήματα της εξωτερικής μόνωσης. Αυτή έχει κανονικά ένα μικρότερο χρόνο ζωής από τον τοίχο με τούβλα και πρέπει να ανανεώνεται σε καθορισμένα διαστήματα, που εξαρτώνται από την τοποθεσία του κτιρίου και τον τύπο της χρησιμοποιούμενης μόνωσης.



Η συντήρηση των κεραμιδιών στέγασης είναι εύκολη και μπορεί να προγραμματίζεται. Αυτή συνίσταται στον καθαρισμό από φυτικά απορρίμματα και στην αντικατάσταση των σπασμένων κεραμιδιών μιας στέγης, πράγμα που επιτυγχάνεται εύκολα.

4.1.4 Δαπάνες θέρμανσης και ψύξης

Οι δαπάνες θέρμανσης και ψύξης που προκαλούνται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου κατοικιών είναι σημαντικές. Αυτό δεν οφείλεται μόνο σε χρηματικούς παράγοντες, αλλά επίσης στην ανάγκη της μείωσης των εκπομπών CO₂ από θερμαντικά συστήματα κατοικιών – θεωρούμενο από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. ως σημαντική συνιστώσα για την ολοκλήρωση των στόχων που έχουν βάλει στο Κυότο.

Οι δαπάνες θέρμανσης είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ενέργεια που καταναλίσκεται από ένα κτίριο, και επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Σε αυτούς τους παράγοντες περιλαμβάνονται:

- η θέση του κτιρίου / το κλίμα
- η γεωμετρία του κτιρίου (μέγεθος, σχήμα, σχέση όγκου / επιφάνεια)
- η θερμική επίδοση του περιτυλίγματος του κτιρίου (τιμές U)
- η θερμική μάζα (η θερμική ικανότητα εκμετάλλευσης των αυξήσεων θερμότητας)
- ο αερισμός
- η αποδοτικότητα του θερμικού συστήματος
- ο αριθμός των ενοίκων και ο τρόπος ζωής τους



Στην πραγματικότητα η επιλογή της ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ανανεώσιμη ενέργεια όπως ξύλο ή ηλιακή θερμική ενέργεια και θέρμανση της συνοικίας) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή ψύξη, μπορεί να είναι πολύ περισσότερο αποφασιστική για τις δαπάνες θέρμανσης και ψύξης από ότι ο τύπος κατασκευής των τοίχων. Ο ηλεκτρισμός είναι συνήθως η πλέον ακριβή ενέργεια θέρμανσης. Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, την ανανεώσιμη ενέργεια (ξύλο ή άλλη βιομάζα, ηλιακή θερμική ενέργεια) και τη θέρμανση της συνοικίας. Οι τελευταίες δύο δυνατότητες είναι κανονικά φθηνές, αλλά αυτό εξαρτάται από τη τοποθεσία και τις μελλοντικές τάσεις.

Νέες εξελίξεις στην τεχνολογία των κεραμιδιών στέγασης από πηλό μειώνουν τις δαπάνες θέρμανσης για το κτίριο. Η κυψελοειδής δομή των νέων πετασμάτων στέγασης από πηλό μπορούν να μονώνουν το κτίριο έναντι της θερμότητας το καλοκαίρι και του ψύχους τον χειμώνα. Νέα ηλιακά κεραμίδια έχουν σχεδιασθεί σαν ηλιακοί συλλέκτες για την θέρμανση μεταφερόμενου υγρού και παράγουν ανανεώσιμη ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο κτίριο.

4.2 Περιβαλλοντολογικές απόψεις

Στο παρελθόν η επιλογή των οικοδομικών υλικών επηρεαζόταν συνήθως από απλές οικολογικές απόψεις για το κάθε προϊόν. Σήμερα έχει βρεθεί ότι, όταν το προϊόν αξιολογείται, πρέπει να γίνεται μια πιο συνολική προσέγγιση.



4.2.1 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας του κτιρίου

Η φωτογραφία που ακολουθεί δείχνει την μέση κατανομή των απωλειών ενέργειας που λαμβάνει χώρα από τα διάφορα οικοδομικά στοιχεία μιας σωστά μονωμένης μονοκατοικίας:



Η θερμική και η ψυκτική ενέργεια που καταναλίσκεται από ένα κτίριο θα εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες:

Θέση του κτιρίου / κλίμα:

Όσο πιο κρύο είναι το κλίμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που χρειάζεται για τη θέρμανση, παρόλο που αυτή μπορεί να μειωθεί ανάλογα με το μέγεθος της ηλιακής ενέργειας που κερδίζεται κατά τη διάρκεια του έτους.

Γεωμετρία του κτιρίου (μέγεθος, σχήμα, σχέση όγκου / επιφάνεια):

Όσο μικρότερο είναι το κτίριο, τόσο μεγαλύτερη είναι ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας. Αλλά ένα απλό σχήμα (ιδεωδέστερα ένας κύβος) και μια υψηλή σχέση όγκου / επιφάνεια (έναν μεγάλο όγκο με μια μικρή επιφάνεια) σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας.

Θερμική επίδοση του περιβλήματος του κτιρίου (τιμές U των τοίχων, των παραθύρων, της στέγης, του υπογείου)

Οι τιμές U εξαρτώνται από τον τύπο της κατασκευής των τοίχων. Οι Οικοδομικοί Κανονισμοί διαφέρουν από χώρα σε χώρα και οι απαιτούμενες τιμές εξαρτώνται από το τοπικό κλίμα. Όσο μικρότερες είναι οι τιμές U των εξωτερικών οικοδομικών στοιχείων, τόσο λιγότερη είναι η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση. Έχει αποδειχθεί πρόσφατα ότι οι τοίχοι από συμπαγή τούβλα μπορούν να φθάσουν σε τιμές U πολύ χαμηλές, μέχρι και 0.20 W/m²K. Οι δίστρωτες τοιχοποιίες με τούβλα και οι τοίχοι με τούβλα και με πρόσθετη μόνωση μπορούν κατ' αρχή να φθάσουν οποιαδήποτε επιθυμητή τιμή U μεταβάλλοντας το πάχος της μόνωσης. Σε πολλές χώρες η τάση είναι προς σπίτια χαμηλής ενέργειας (ΣΧΕ, απαιτούμενη θερμική ενέργεια περίπου 40-60 kWh/m²a) ή ακόμα και παθητικά σπίτια (ΠΣ, απαιτούμενη θερμική ενέργεια < 15kWh/m²a).

Για αυτά τα πρότυπα ενέργειας, χρειάζονται οι ακόλουθες τιμές U:

Οικοδομικό στοιχείο	ΣΧΕ	ΠΣ
	Τιμή U [W/m ² K]	
Εξωτερικός τοίχος	0,30 - 0,20	≤ 0,15
Στέγη / οροφή	0,15	0,10
Θεμελίωση / υπόγειο	0,30 - 0,20	≤ 0,15
Παράθυρα U _F)	1,50 - 1,20	≤ 0,80
Πόρτες	1,60	1,00
Θερμογέφυρες	+	+++

Ειδικά σε σπίτια που έχουν πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι γέφυρες θερμότητας και ψύχους.

Θερμική μάζα για τη χρησιμοποίηση των κερδών ενέργειας

Όταν μελετάται το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου, είναι σημαντικό – ειδικά το καλοκαίρι – να υπάρχει επαρκής θερμική μάζα για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από την κατασκευή (βλέπε επίσης Άνεση διαβίωσης και Εσωτερικό περιβάλλον). Η θερμική μάζα έχει άμεση επίδραση στην ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση. Οι συμπαγείς τοίχοι με τούβλα μπορούν να αποθηκεύσουν τα κέρδη από την ηλιακή θερμική ενέργεια και να ακτινοβολήσουν την ενέργεια προς τα έξω όταν αυτή χρειάζεται, ενώ οι ελαφρές κατασκευές δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν αυτή την ενέργεια ή μόνο μικρά μέρη αυτής.

Εξαερισμός του κτιρίου

Όσο ολιγότερη είναι η ενέργεια που καταναλίσκεται για τη θέρμανση ενός κτιρίου, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίπτωση των απωλειών θερμότητας λόγω εξαερισμού. Για σπίτια χαμηλής ενέργειας ή παθητικής ενέργειας, αυτό είναι ένα σημαντικό μέρος της συνολικής απώλειας θερμότητας (ήτοι πάνω από 50%). Σε πολλές χώρες είναι σήμερα γνωστά μηχανικά συστήματα εξαερισμού ανωτάτου τεχνικού επιπέδου για την ανάκτηση της θερμότητας. Τέτοια συστήματα εξαερισμού μειώνουν τις ανάγκες σε θερμική ενέργεια κατά μέσο όρο 20 kWh/m²a και όταν συνδυάζονται με μονολιθικούς εξωτερικούς τοίχους με τούβλα, μπορούν να βοηθήσουν να πετύχουμε τις απαιτήσεις των προτύπων για παθητικά σπίτια.

Αποδοτικότητα του συστήματος θέρμανσης

Η ολική κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου εξαρτάται επίσης από την αποδοτικότητα του συστήματος θέρμανσης. Κανονικά τα ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης έχουν την χαμηλότερη αποδοτικότητα. Οι σύγχρονοι λέβητες αερίου ή οι αντλίες θερμότητας έχουν υψηλή αποδοτικότητα.

Τρόπος ζωής των ενοίκων

Ο τρόπος ζωής του κόσμου έχει σημαντική επίδραση στη συνολική θερμική αποδοτικότητα. Έρευνες έχουν δείξει ότι απρόσεκτες πράξεις και συνήθειες μπορούν να τριπλασιάσουν την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση ενός κτιρίου. Υπερβολικός εξαερισμός, όπως τα ανοικτά παράθυρα όλη την ημέρα ακόμα και τον χειμώνα, μπορεί να εξουδετερώσει τις ωφέλειες που είναι συνδεδεμένες με τα μέτρα τα σχετικά με την αποδοτικότητα της ενέργειας στη κατασκευή. Είναι λοιπόν σημαντικό οι ένοικοι να γνωρίζουν καλά τα θέματα τα σχετικά με την αποδοτικότητα της ενέργειας.



Ο ακόλουθος πίνακας δίνει την κατανάλωση θερμικής ενέργειας για διαφορετικούς τύπους τοίχων με τούβλα σε ένα τυπικό κτιριακό συγκρότημα 18 διαμερισμάτων για κατοικίες (βλέπε την ανωτέρω φωτογραφία). Οι κατασκευές των τοίχων έχουν επιλεγεί με βάση την υψηλή στάθμη της θερμομόνωσης. Η κατανάλωση υπολογίστηκε με διαφορετικές σειρές τιμών U για τα άλλα οικοδομικά στοιχεία (στέγη, παράθυρα, πόρτες, υπόγειο, κ.λ.π.) – οι δύο πρώτες γραμμές δείχνουν τα αποτελέσματα του υπολογισμού με τιμές U καλής πρακτικής (πρώτη γραμμή χωρίς, δεύτερη γραμμή με σύστημα μηχανικού εξαερισμού), η δε τελευταία γραμμή («ελάχιστη») δείχνει τα αποτελέσματα με τις χαμηλότερες διαθέσιμες στην αγορά τιμές U.

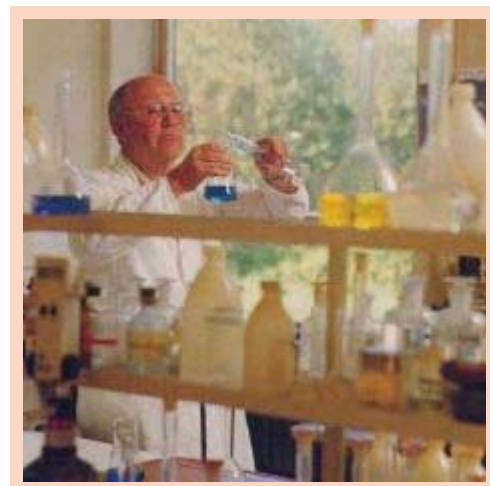
Προϊόντα	Μονο-λιθικός τοίχος 50 cm	Μονο-λιθικός τοίχος 38 cm	Τοίχος 30 cm +10 cm μόνωση	Τοίχος 25 cm +12 cm μόνωση	Τοίχος 20 cm +16 cm μόνωση	Δίστρωτος τοίχος Μόνωση 10 cm	Δίστρωτος τοίχος Μόνωση 15 cm
Τιμή U τοίχου	0,27	0,37	0,24	0,25	0,20	0,34	0,20
Πάχος (cm)	54	42	42	39	38	39	56
Κατασκευή τοίχου							
Κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh/m ² a)							
Χωρίς σύστημα εξαερισμού	43	46	40	41	38	45	40
Με σύστημα εξαερισμού	24	28	22	23	20	26	21
ελάχιστη	17	20	14	16	13	19	13

4.2.2 Η επίδραση των οικοδομικών υλικών στο περιβάλλον

Η βιομηχανία των τούβλων και των κεραμιδιών υπήρξε πρώτη στον τομέα των οικοδομικών υλικών που προέβλεψε ένα οικολογικό ισοδύναμο των προϊόντων της. Με βάση την αξιολόγηση του κύκλου ζωής πολλών εργοστασίων σε διαφορετικές χώρες, προσδιορίστηκε η επίδραση στο περιβάλλον 1 kg τούβλων.

Οι παράγοντες που ελήφθησαν υπόψη περιελάμβαναν:

- Τη ζήτηση για ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους (MJ)
- Τη ζήτηση για μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους (MJ)
- Την επίδραση θερμοκηπίου (kg CO₂-ισοδύν.)



- Την ελάττωση του όζοντος (kg R11-ισοδύν.)
- Τη φωτοαιθαλομίχλη (kg Αιθυλενίου- ισοδύν.)
- Την οξοποίηση (kg SO_x - ισοδύν.)
- Την αζωτοποίηση (kg PO_4^3 -ισοδύν.)

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα προϊόντα του πηλού προκαλούν μικρή επίδραση στο περιβάλλον, συγκρινόμενα με άλλα οικοδομικά υλικά. (βλέπε επίσης [GBC - the green building challenge handbook](#) → **“Building materials”**).

Επίσης μπορούν να υπολογιστούν οι επιδράσεις στο περιβάλλον κάθε m^2 κατασκευής. Με βάση την αξιολόγηση του κύκλου ζωής πολλών εργοστασίων, έχει διαπιστωθεί το οικολογικό ισοδύναμο των προϊόντων του πηλού (εμφανή τούβλα, κεραμίδια για στέγες, μονός τοίχος από πηλό) και έχει προσδιορισθεί η μέση οικολογική επίδραση ενός τετραγωνικού μέτρου κατασκευής από πηλό σε ένα χρόνο. Τα **αποτελέσματα** (βλέπε Démarche HQE) δείχνουν ότι τα προϊόντα από πηλό έχουν μικρή επίδραση στο περιβάλλον.

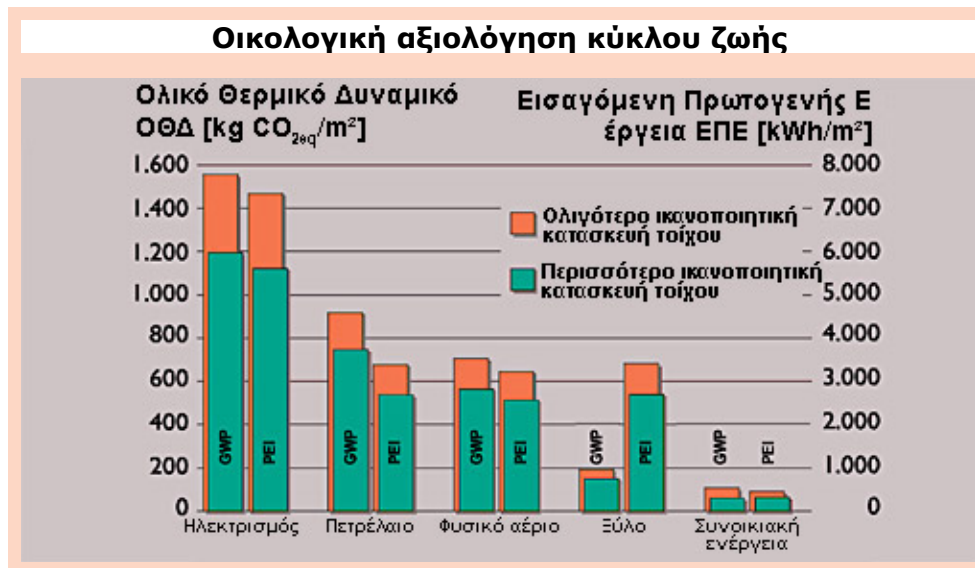
4.2.3 Αποτίμηση του κύκλου ζωής του κτιρίου

Ένα αποτέλεσμα της μελέτης του οικολογικού ισοδύναμου των τούβλων, που βασίζεται στις αξιολογήσεις του κύκλου ζωής των εργοστασίων τούβλων σε διάφορες χώρες, ήταν η συλλεκτική αξιολόγηση των κατασκευών τοιχοποιίας από τούβλα. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της συνολικής αξιολόγησης του κύκλου ζωής ενός ολοκληρωμένου κτιρίου.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης διαφόρων κατασκευών τοιχοποιίας από τούβλα ήταν τα ακόλουθα:

- Η οικολογική αξιολόγηση των κτιρίων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον πλήρη κύκλο ζωής της κατασκευής. Αυτός καλύπτει:
 - Την εξόρυξη των πρώτων υλών,
 - Την παραγωγή οικοδομικών υλικών,
 - Την ανέγερση του κτιρίου,
 - Την φάση χρήσης,
 - Την συντήρηση και τις επισκευές
 - Την κατεδάφιση,
 - Τον διαχωρισμό και την επαναχρησιμοποίηση,
 - Την απομάκρυνση των κατάλοιπων.
- Η επιλογή του συστήματος θέρμανσης και ο τύπος του καυσίμου που χρησιμοποιείται έχουν πολύ σημαντικότερη επίδραση στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής από την κατασκευή του τοίχου και την θερμική του επίδοση.
- Η συνοικιακή θέρμανση από αποτέφρωση απορριμμάτων έχει την μικρότερη επίδραση επί της ολικής θέρμανσης ενώ η θέρμανση με ηλεκτρισμό έχει την υψηλότερη επίδραση (αλλά αυτό εξαρτάται επίσης από την μέθοδο γένεσης ισχύος). Η θέρμανση με φυσικό αέριο και πετρέλαιο εμπίπτει μεταξύ των δύο αυτών άκρων.

- Όπου τα συστήματα θέρμανσης είναι ήδη άκρως αποδοτικά, η δυνατότητα ανακύκλωσης των οικοδομικών υλικών καθίσταται σημαντική στον συνολικό υπολογισμό.
- Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα σημεία, οι μονολιθικοί τοίχοι με τούβλα και οι δίστρωτοι τοίχοι με τούβλα με επαρκή θερμική χωρητικότητα, επιτυγχάνουν εξαιρετικά αποτελέσματα.
- Τα αποτελέσματα είναι περισσότερο ή λιγότερο ανεξάρτητα από το καθιερωμένο υπόδειγμα αξιολόγησης.



Το ανωτέρω διάγραμμα δείχνει τα αποτελέσματα μιας οικολογικής αξιολόγησης κύκλου ζωής κατασκευών τοίχων με τούβλα όσον αφορά το ΟΘΔ (Ολικό Θερμικό Δυναμικό) και την ΕΠΕ (Εισαγόμενη Πρωτογενή Ενέργεια) για διάφορα καύσιμα και συστήματα θέρμανσης για μια περίοδο 90 ετών.

Στην πραγματικότητα η επιλογή της ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ανανεώσιμη ενέργεια όπως ξύλα ή ηλιακή θέρμανση και συνοικιακή θέρμανση) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή ψύξη, μπορεί να είναι πολύ περισσότερο αποφασιστική για την οικολογική αξιολόγηση ενός κτιρίου, από τον τύπο κατασκευής ενός τοίχου.

Σημείωση: αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να διαφέρουν σημαντικά από χώρα σε χώρα και εξαρτώνται από τον τύπο του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας και από την διαθεσιμότητα συνοικιακής ενέργειας από αποτέφρωση απορριμμάτων.



Μέσα από το Σχέδιο Πρόκλησης για Οικολογικά (Πράσινα) Κτίρια, έχουν αναπτυχθεί εργαλεία αποτίμησης για τον προσδιορισμό της συνολικής οικολογικής αξιολόγησης του κύκλου ζωής ενός ολόκληρου κτιρίου. Αυτά τα υποδείγματα έχουν εφαρμοσθεί σε

διάφορες χώρες (π.χ. **Πιστοποίηση Ολικής Ποιότητας στην Αυστρία**). Στη Γαλλία χρησιμοποιείται το Démarche HQE (βλέπε **Démarche HQE**).

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης για κτίρια με τούβλα είναι πολύ θετικά.

4.2.4 Το Ισοζύγιο του CO₂ στο κτίριο

Ο κατωτέρω πίνακας δείχνει την επίδραση στο περιβάλλον 1 kWh θερμικής ενέργειας (εξαρτώμενη από το καύσιμο / την ενέργεια που χρησιμοποιείται) (βλέπε **GBC - the green building challenge handbook**) :

	Ισχύουσα Μονάδα	Ολικό Θερμικό Δυναμικό	Δυναμικό οξοποίησης	Εισαγόμενη Πρωτογενής Ενέργεια
Μονάδα		Ισοδ. kg CO ₂ /kWh	Ισοδ. kg SO ₂ /kWh	kWh/kWh
Πετρέλαιο	kWh	0,313	0,719	1,317
Φυσικό αέριο	kWh	0,263	0,320	1,319
Ηλεκτρισμός	kWh	0,576	3,957	3,770
Τρίμματα ξύλου	kWh	0,014	0,540	1,369

Τα πιο πάνω στοιχεία όταν χρησιμοποιούνται με τιμές κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, επιτρέπουν έναν απλό υπολογισμό του ισοζυγίου CO₂ σε ένα κτίριο για μια περίοδο ενός έτους. Για παράδειγμα, εάν η κατανάλωση θερμικής ενέργειας είναι 50 kWh/m²a και το σπίτι έχει μια επιφάνεια 150 m² και σύστημα θέρμανσης με φυσικό

αέριο, η συνολική εκπομπή CO₂ (ΟΘΔ) είναι ισοδύναμη με $0.263 \times 50 \times 150 = 1.972,5$ kg CO₂.

Συγκρινόμενες με το CO₂ που παράγεται από ένα σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου, οι εκπομπές CO₂ που οφείλονται στη διεργασία παραγωγής τούβλων είναι πολύ χαμηλές. Η μελέτη της πράσινης πρόκλησης (GBC-study) της βιομηχανίας τούβλων στη Γερμανία, την Αυστρία και την Ελβετία (βλέπε **GBC - the green building challenge handbook** → **“Building materials”**) δείχνει μια τιμή ΟΘΔ της τάξεως των 0,194 kg ισοδύναμου CO₂ ανά χιλιόγραμμο τούβλων. Ένα σπίτι μιας οικογένειας 150 m² συνεπάγεται την χρησιμοποίηση κατά μέσο όρο 40 τόνων τούβλων, οι οποίοι για τη κατασκευή τους θα δημιουργήσουν 7.760 kg CO₂. Με άλλες λέξεις, η εκπομπή CO₂ που προέρχεται από τη θέρμανση τεσσάρων ετών υπερβαίνει το CO₂ που οφείλεται στην κατασκευή των τούβλων.

Κανονικά, ένας τοίχος έχει μια μέση ζωή τουλάχιστον 90 ετών. Εάν η εκπομπή CO₂ που οφείλεται στη κατασκευή των τούβλων διαιρεθεί με τα 90 χρόνια, η μέση ετήσια επιβάρυνση σε CO₂ είναι μόνο 86 kg CO₂, ή 4,4% του CO₂ που παράγεται από το σύστημα θέρμανσης.

4.3 Κοινωνικές απόψεις

Τα κτίρια από πηλό έχουν μια θετική επίδραση στην υγεία και την ευεξία των ενοίκων.

4.3.1 Άνεση διαβίωσης

Τα κτίρια που έχουν χτιστεί με τούβλα προσφέρουν υψηλά επίπεδα ανέσεων, καίτοι όλοι μας έχουμε τις δικές μας αντιλήψεις σχετικά με το τι συνιστά ένα άνετο περιβάλλον. Μερικές από αυτές τις αντιλήψεις είναι δύσκολο να εκτιμηθούν ποσοτικά, άλλες όμως μπορούν να μετρηθούν ή να δοκιμαστούν με ακρίβεια. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Την ακουστική επίδοση / ηχομόνωση,



- Τις θερμικές ανέσεις (θερμοκρασία της επιφάνειας των τοίχων, (διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας των επιφανειών και του χώρου του δωματίου, μετακινήσεις του αέρα μέσα στο δωμάτιο),
- Την ικανότητα του τοίχου να απορροφά υγρασία και να την επιστρέφει στον εσωτερικό αέρα,
- Τη θερμική μάζα / την αποθήκευση θερμότητας,
- Να μη προκαλούνται τοξικές εκπομπές, προερχόμενες από το χτιστό μέρος του κτιρίου, προς το εσωτερικό περιβάλλον,
- Τα ψηλά επίπεδα ασφάλειας σε περίπτωση πυρκαγιάς, πλημμύρας και διάρρηξης,
- Τα ψηλά επίπεδα ευλυγισίας που προσφέρονται για το σχεδιασμό του κτιρίου.



4.3.2 Εσωτερικό κλίμα

Το εσωτερικό κλίμα μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση στην ευδιαθεσία ενός ενοίκου και οι τοίχοι από τούβλα συμπεριφέρονται πολύ καλά από αυτή την άποψη. Λόγω της πολύ καλής θερμικής συμπεριφοράς των τούβλων σε συμπαγείς τοίχους, σε τοίχους δύο στρώσεων και σε εξωτερικά μονωμένους τοίχους, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας είναι υψηλή, ακόμα και όταν έξω κάνει κρύο. Είναι σημαντικό ως προς την άνεση ότι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας και της θερμοκρασίας του αέρα του εσωτερικού χώρου είναι ελάχιστη. Είναι επίσης ελάχιστες οι μετακινήσεις του αέρα που οφείλονται σε διαφορές θερμοκρασίας ή σε ελαττώματα της εξωτερικής κατασκευής.

Το πορώδες των τούβλων τους επιτρέπει να απορροφούν υγρασία από τον αέρα όταν η σχετική υγρασία είναι μεγάλη και να επιστρέφουν αυτήν την υγρασία όταν ο εσωτερικός αέρας γίνεται ξηρότερος. Εκτός από την υγρασία, οι τοίχοι με τούβλα μπορούν να απορροφήσουν και να αποθηκεύσουν κέρδη ηλιακής ενέργειας, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ένα εξισορροπημένο κλίμα το καλοκαίρι. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις ελαφροβαρείς κατασκευές, οι οποίες συχνά υποφέρουν από υπερθέρμανση το καλοκαίρι.

Ειδική προσοχή πρέπει να δίνεται στις γέφυρες θερμότητας και ψύχους, σαν αυτές που μπορεί να υπάρχουν σε γωνίες και σε κάσες παραθύρων, όπου οι θερμοκρασίες της επιφάνειας είναι σημαντικά χαμηλότερες. Η βιομηχανία τούβλων μπορεί να προσφέρει σχεδιαστικές λύσεις για την ελαχιστοποίηση της επίδρασης αυτών των λεπτομερειών. Για περισσότερες κατασκευαστικές λεπτομέρειες βλέπε [VÖZ Baudetails](#).

Τα κεραμίδια από πηλό συμβάλουν:

- Στην υδροθερμική άνεση, προστατεύοντας το κτίριο από την υπερθέρμανση λόγω του ήλιου, από τη βροχή και από το χιόνι
- Στην ακουστική άνεση, μειώνοντας το θόρυβο που προέρχεται από καταπτώσεις επί της στέγης.

4.3.3 Ασφάλεια (έναντι νερού, φωτιάς, διάρρηξης, σεισμού, κ.λ.π.)

Τα τούβλα είναι ένα υλικό άκαυστο, έχουν εξαιρετική αντοχή στη φωτιά και δεν εκπέμπουν επιβλαβείς ουσίες ή αέρια. Επί πλέον, κανονικά δεν υφίστανται δομική βλάβη κατά τη διάρκεια μιας φωτιάς και ως εκ τούτου μπορούν να συνεχίζουν να προσφέρουν την φέρουσα ικανότητά τους μετά την ανακαίνιση του κτιρίου.

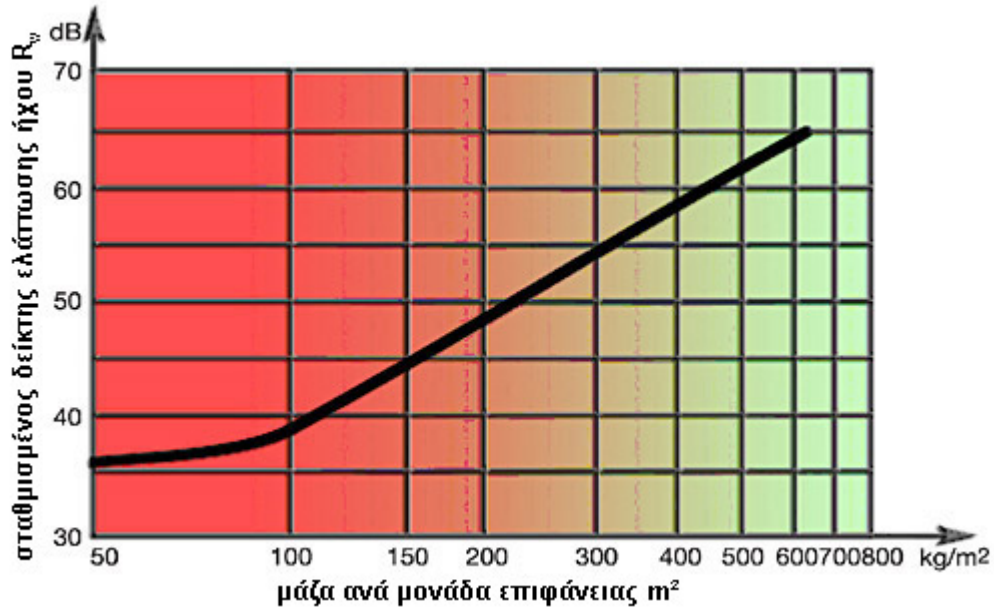
Οι τοίχοι από τούβλα μπορούν επίσης να αντέχουν στον διαποτισμό από νερό λόγω πλημμύρας ή λόγω θραύσεως σωλήνων χωρίς να επηρεάζονται αρνητικά από οικοδομικής πλευράς. Οι τοίχοι αυτοί μπορούν να αντέχουν οριζόντια φορτία, τέτοια όπως εκείνα των σεισμών, αλλά χρειάζεται να οπλίζονται σε περιοχές που υπόκεινται σε υψηλές σεισμικές διαταραχές. Οι τοίχοι με τούβλα προσφέρουν επίσης υψηλά επίπεδα ασφάλειας από διαρρήκτες.



Τα κεραμίδια στέγασης από πηλό αποτελούνται από αδρανή υλικά. Ως εκ τούτου, δεν είναι εύφλεκτα και σε περίπτωση φωτιάς δεν προκαλείται έκλυση τοξικών αερίων. Το νερό της βροχής που εκχύνεται από αυτά μπορεί να συλλεχθεί και να αποθηκευθεί για περαιτέρω χρήση.

4.3.4 Ακουστική προστασία / ηχομόνωση

Κατ' αρχήν, η ηχομόνωση ενός τοίχου ή ενός δαπέδου θα εξαρτηθεί από την μάζα του. Κατά συνέπεια τα κτίρια με συμπαγή δομή, όπως εκείνα από τούβλα, έχουν μια πολύ καλύτερη ακουστική συμπεριφορά από εκείνα που είναι χτισμένα με ελαφρά υλικά.



4.3.5 Μεταβλητότητα κατά τη χρήση

Τα κτίρια από τούβλα πρέπει να μπορούν να μεταβάλλονται εύκολα. Όταν οι κοινωνικές αλλαγές υπαγορεύουν αλλαγές στη διαρρύθμιση των κτιρίων, τόσο κατά την διεργασία της κατασκευής όσο και κατά την διάρκεια της ζωής τους, αυτές πρέπει να μπορούν να πραγματοποιούνται με ευχέρια.

