

***"Intelligent building : A term blessed with instant credibility and instant attraction",  
Frank Duffy***

**περιεχόμενα**

**εισαγωγή.....3**

**Σκοπιμότητα έρευνας .....4**

**Μεθοδολογική προσέγγιση .....5**

**1.Δυναμικό κέλυφος: πως ορίζεται και ποιος είναι ο στόχος του .....6**

**1.1.Βασικές απαιτήσεις δυναμικού κελύφους που προσαρμόζεται στο περιβάλλον ..... 6**

**2.Ιστορική αναδρομή.....9**

**2.1.Responsive architecture..... 10**

**2.2.Intelligent Buildings ..... 14**

**2.3.Ο τοίχος του Mike Davies..... 18**

**2.4.Le mur neutralisant ..... 21**

**2.5. Πρόσοψη διπλής επιδερμίδας ..... 22**

**3.Οικολογία και Αρχιτεκτονική ..... 24**

**3.1. Το κίνημα Eco-Tech..... 24**

**3.2.Building skin, human skin και βιολογικές μεταφορές..... 30**

**3.3.Βιομιμητική – Καινοτόμα κελύφη εμπνευσμένα από τη φύση..... 32**

**4.Ηλιακά ίχνη και οπτική άνεση - Το παράδειγμα του Arab World Institute .....39**

**5.Smart materials .....40**

**6.Σχεδιαστικά παραδείγματα - Case studies.....52**

**7.Συμπεράσματα ..... 59**

**Παράρτημα - Απαιτήσεις ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος..... 62**

**Θερμική άνεση..... 62**

**Οπτική άνεση..... 62**

**Αερισμός ..... 64**

**Σύγκριση με παθητικά συστήματα ..... 66**

**Πηγές ..... 68**

## εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών τα κτήρια έχουν υποβληθεί σε μια σταθερή επέκταση της λειτουργίας τους ελαττώνοντας το κόστος. Αυξανόμενες ποικίλες και πολύπλοκες απαιτήσεις σχετιζόμενες με την άνεση του χρήστη, την ενέργεια και αποδοτικότητα σε κόστος έχουν οδηγήσει σε εκτεταμένη χρήση μηχανικών συστημάτων για τη δημιουργία ικανοποιητικού εσωτερικού κλίματος. Σε αυτό το πλαίσιο η επεκτεινόμενη εφαρμογή τεχνολογίας ελέγχου έχει οδηγήσει στην εμφάνιση των όρων **δυναμικά κτήρια** και **έξυπνα κτηριακά κελύφη** για να περιγράψουν μια χτισμένη μορφή που μπορεί να προσεγγίσει τέτοιες απαιτήσεις σε έναν ορισμένο βαθμό επιτυχίας. Ένας μεγάλος αριθμός ορισμών-ερμηνειών των δυναμικών κελυφών οδηγεί σε μια αλλιώςτική ερμηνεία του σχεδιασμού, της λειτουργίας και των στόχων ενός τέτοιου τύπου κελύφους. Αυτές τις διαφορετικές ερμηνείες του όρου θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε μέσα από την ανάλυσή μας δίνοντας έμφαση στις περιβαλλοντικές παραμέτρους των κελυφών αυτών.

Μέσα στο πλαίσιο αυτής της έρευνας, η έξυπνη συμπεριφορά ενός κτηριακού κελύφους είναι παρόμοια με την ανθρώπινη ευφυή συμπεριφορά, οριζόμενη **ως προσαρμογή στο περιβάλλον με όρους φυσικών διαδικασιών αντίληψης, λογικής και δράσης που ενεργοποιεί το κέλυφος να επιλύσει συγκρούσεις και να συμφωνήσει με νέες καταστάσεις που προκύπτουν στην αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον.**

Αυτός ο ορισμός χρησιμοποιείται σαν βάση για την ανάλυση της λειτουργίας που ένα δυναμικό κέλυφος αναμένεται να εκτελέσει στο πλαίσιο της ποιότητας του φυσικού φωτός ή βελτιστοποίησης του εσωτερικού περιβάλλοντος στις απαιτήσεις του χρήστη του κτηρίου. Σημαντική είναι η ικανότητα του κτηριακού κελύφους να μαθαίνει τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του χρήστη, να επιλέγει την πιο κατάλληλη αντίδραση σε κάθε κατάσταση, να σχεδιάζει μακροπρόθεσμες στρατηγικές, να προβλέπει την ανάπτυξη περιβαλλοντικών συνθηκών και να αξιολογεί την ίδια του την απόδοση.

Σημαντική επίσης είναι η αυξανόμενη αυτονομία του κτηριακού κελύφους, η συνεργασία ανάμεσα στην τεχνητή νοημοσύνη και το υλικό, τη φόρμα και τη σύνθεση των στοιχείων του κελύφους.

Η χρήση προσαρμοστικών λύσεων και μια εκτεταμένη λειτουργικότητα και ευελιξία του κτηριακού κελύφους, παρ' όλα αυτά, με κανένα τρόπο δεν μειώνει την ανάγκη για σχολαστικό σχεδιασμό σύμφωνα με το τοπικό κλίμα και τον τόπο, το πρόγραμμα του κτηρίου και την ποιότητα του εσωτερικού κλίματος.<sup>[1]</sup>

---

<sup>1</sup> Annemie Wyckmans, *Intelligent Building Envelopes- Architectural Concept & Applications for Daylighting Quality*, 2005, σ.3

## Σκοπιμότητα έρευνας

Ο σκοπός της ερευνητικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τη σημασία της εξέλιξης των δυναμικών κελυφών στην αρχιτεκτονική και της δημιουργίας ενός κτηρίου που μπορεί να χρησιμοποιεί την τεχνητή του νοημοσύνη, την κατασκευή και τα υλικά του για να προσαρμόζεται στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες με απώτερο σκοπό την άνεση των χρηστών του και την μέγιστη ενεργειακή εξοικονόμηση του ίδιου του κτηρίου.

Επίσης η ραγδαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, η σταδιακή εξάντληση των συμβατικών καυσίμων και η απερίσκεπτη μόλυνση του περιβάλλοντος έκαναν επιτακτική την ανάγκη χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εναλλακτικών συστημάτων διαχείρισης της.

Τίθεται λοιπόν το ερώτημα πως μπορούμε να αξιοποιήσουμε τη σύγχρονη στροφή της αρχιτεκτονικής προς τον ενεργειακό σχεδιασμό και τις τεχνολογικές εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα ώστε να δημιουργήσουμε περιβάλλοντα που έχουν σαν βασικό στόχο την βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος και κτήρια που θα είναι ενεργειακά βιώσιμα.

Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα γίνεται μια διερεύνηση κατά πόσο τα δυναμικά κελύφη ήδη μέχρι σήμερα είναι ικανά και σε πιο βαθμό να προσεγγίσουν αυτό το στόχο.

## Μεθοδολογική προσέγγιση

Η ερευνητική εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη: Στο πρώτο μέρος γίνεται μια θεωρητική διερεύνηση του υποβάθρου πάνω στον οποίο εξελίχθηκαν και σχεδιάστηκαν μέχρι σήμερα τα δυναμικά κελύφη.

Στην αρχή γίνεται μια προσπάθεια ορισμού του έξυπνου κτηριακού κελύφους, της γενικότερης σύλληψής του και των βασικών απαιτήσεών του και θα προσπαθήσουμε να καταγράψουμε την ιστορική διαδρομή από τα πρώτα “ευφυή” κτήρια μέχρι τα σύγχρονα παραδείγματα και το κίνημα Eco-Tech. Στη συνέχεια θα γίνει μια ανάλυση της συνεισφοράς της οικολογίας και του βιομημητικού σχεδιασμού στην εν δυνάμει μορφή και λειτουργία των κτηριακών κελυφών αλλά και μια σύγκριση ανάμεσα στον παθητικό σχεδιασμό και τα ενεργητικά δυναμικά κελύφη με αναφορά σε απαιτήσεις εσωτερικού κλίματος, θερμικής και οπτικής άνεσης και αερισμού μέσα στα κτήρια στο παράρτημα της ερευνητικής εργασίας.

Στο δεύτερο μέρος, σε μια προσπάθεια κατανόησης του σχεδιασμού σε βαθύτερο επίπεδο, γίνεται αναφορά σε κάποια υλικά σύγχρονης τεχνολογίας μέσα από αντίστοιχα παραδείγματα, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά σχεδιαστικά παραδείγματα με σύντομη ανάλυση και γίνεται μια αποτίμηση της μέχρι τώρα πορείας της ιδέας του έξυπνου δυναμικού κελύφους αλλά και των μελλοντικών προσδοκιών σχετικά με την συνδρομή τους στην αρχιτεκτονική πρωτοπορία, εξέλιξη και το σχεδιασμό με ανθρωποκεντρική λογική.

Απώτερος στόχος της εργασίας είναι η παρουσίαση των χαρακτηριστικών των δυναμικών κελυφών τόσο από θεωρητικής, σχεδιαστικής αλλά και τεχνικής πλευράς.

## 1. Δυναμικό κέλυφος: πως ορίζεται και ποιος είναι ο στόχος του

Ένα δυναμικό κέλυφος μπορεί να χαρακτηριστεί επιπλέον ως *ελεγχόμενο, έξυπνο, προσαρμοζόμενο, ρυθμιζόμενο, διαδραστικό, κινούμενο, ευφυές, μεταμορφώσιμο, ανταποκρινόμενο, ενεργητικό*.

Η λέξη *Intelligence* (ευφυΐα), σχετίζεται με την κατοχή διανοητικών ικανοτήτων, που εξασφαλίζουν την ικανότητα της κατανόησης. Υπάρχει μια συμπερασματική ικανότητα να αντιλαμβάνεται και να κατανοεί σημασίες και να εφαρμόζει αυτή την επίκτητη γνώση μέσα από διαδικασίες σκέψης και λογικής.

Η λέξη έχει την καταγωγή της στα Λατινικά του 14<sup>ου</sup> αιώνα και προέρχεται από τη λέξη *intelligentia*, η οποία προέρχεται από το *intelligere* που σημαίνει «να διακρίνεις» ή «να επιλέγεις». Ετυμολογικά, η λέξη έχει την καταγωγή της στην ιδέα της «επιλογής ανάμεσα σε», προερχόμενη από το *inter* «ανάμεσα» και *leger* «να επιλέγεις». [2]

### 1.1. Βασικές απαιτήσεις δυναμικού κελύφους που προσαρμόζεται στο περιβάλλον

Οι απαιτήσεις ενός δυναμικού κελύφους μπορεί να αφορούν τον έλεγχο του εσωτερικού κλίματος (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός), την θερμική άνεση, τον φυσικό φωτισμό, τον έλεγχο του τεχνητού φωτισμού, τη μικρή ή καθόλου ενεργειακή κατανάλωση (με χρήση τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού κλίματος), την οπτική άνεση, την ακουστική άνεση, την ευρεία δυνατότητα εφαρμογής σε όλα τα κτήρια, τη δυνατότητα να πραγματοποιεί βραχυπρόθεσμες ενέργειες προσαρμογής εν αντιθέσει με μακροπρόθεσμες επιρροές στο κτήριο, την ανάγκη για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, τη δυνατότητα να είναι αυτόνομο και ανεξάρτητα ελεγχόμενο από τις υπηρεσίες του κτηρίου, τις μικρές απαιτήσεις συντήρησης (για τα κινούμενα μέρη) και επίσης να υπάρχει ικανοποιητική απόδοση ανάμεσα στην συχνότητα προσαρμογής και στο κόστος προσαρμογής.

Μια σειρά από σταθερές που επηρεάζουν το σχεδιασμό ενός προσαρμοστικού κελύφους είναι οι εξής:

*Κινητικοί μηχανισμοί:* διολίσθηση, περιστροφή, πτύχωση, στρέψη, επέκταση, σύμπτυξη, πύκνωση-αραίωση, διόγκωση

*Κλίμακες χρόνου:* δευτερόλεπτα, λεπτά, ημερήσια διάταξη, εποχιακή διάταξη, ετήσια διάταξη

*Κλίμα:* θερμοκρασία, άνεμος, θέση του ήλιου

---

<sup>2</sup> Michael Wigginton, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ.17

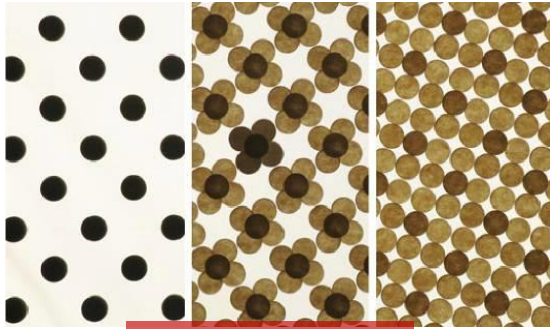
Χρήστες: κατοίκηση κτηρίου, δραστηριότητα, ένδυση

Μεταβαλλόμενες ιδιότητες κελύφους: διαφάνεια, μόνωση, θερμική αποθήκευση<sup>3]</sup>

---

<sup>3</sup> Roel Loonen, *Climate Adaptive Building Shells - What can we simulate*, 2010, σ. 14-16





πύκνωση - αραίωση



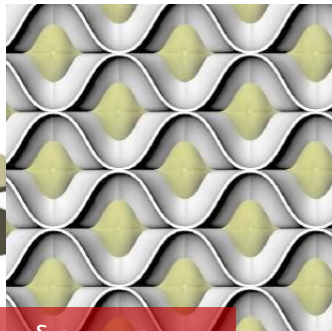
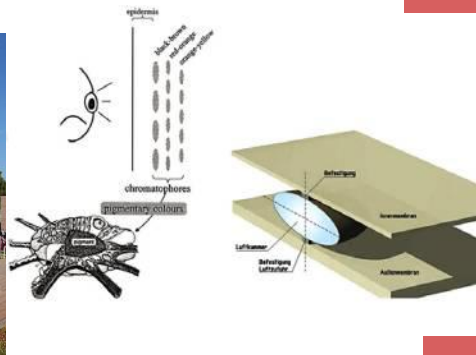
σύπτυξη



επέκταση



διολίσθηση



διογκωση



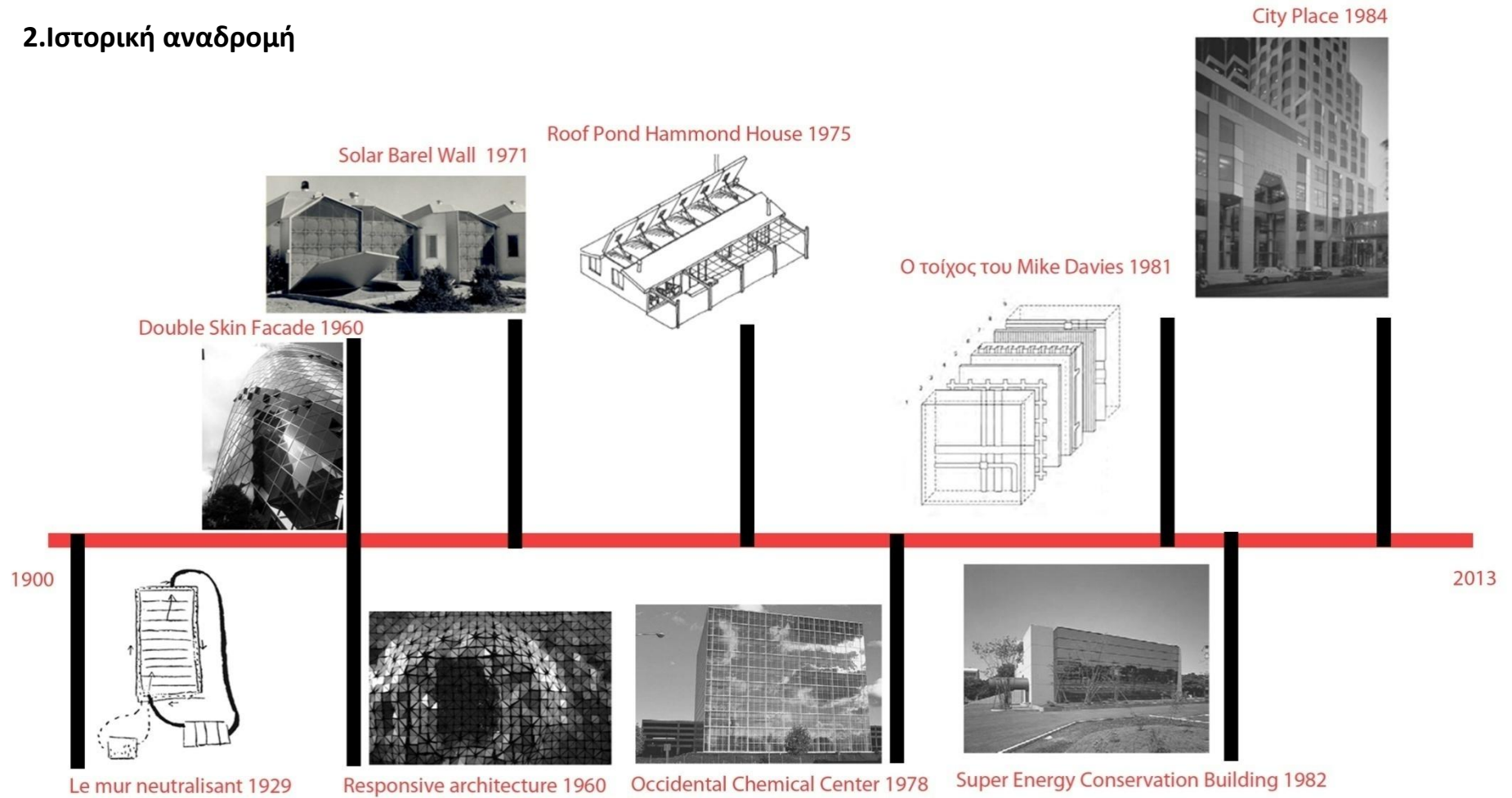
περιστροφή



στρέψη

Εικόνες 1,2,3,4,5,6,7,8,9 , Κινητικοί μηχανισμοί Πηγή: R.C.G.M. Loonen,(21<sup>st</sup> June 2010), Overview of 100 Climate Adaptive Building Shells, part of MSc. Thesis CABS – What can we simulate?.

## 2.Ιστορική αναδρομή



Χρονολογικός πίνακας

## 2.1.Responsive architecture

Ουσιαστικά πρόκειται για έναν εξελισσόμενο κλάδο της αρχιτεκτονικής πρακτικής και έρευνας. Σ' αυτόν υπολογίζονται οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες (μέσω αισθητήρων) ώστε να ενεργοποιήσουν το κτήριο να αλλάξει το σχήμα του, τη φόρμα, το χρώμα ή το χαρακτήρα του ανταποκρινόμενα μέσω μηχανισμών κίνησης. Στοχεύει στο να βελτιώσει και να επεκτείνει τις αρχές της αρχιτεκτονικής βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου με ανταποκρινόμενες τεχνολογίες (αισθητήρες, συστήματα ελέγχου, μηχανισμοί κίνησης), ενώ ταυτόχρονα παράγει κτήρια που αντανακλούν τις τεχνολογικές και πολιτισμικές συνθήκες της εποχής. Η ανταποκρινόμενη αρχιτεκτονική ξεχωρίζει τον εαυτό της από άλλες μορφές διαδραστικού σχεδιασμού ενσωματώνοντας ευφυείς και ανταποκρινόμενες τεχνολογίες στα στοιχεία του πυρήνα της κτηριακής δομής. Για παράδειγμα ενσωματώνοντας ανταποκρινόμενες τεχνολογίες στο κατασκευαστικό σύστημα των κτηρίων οι αρχιτέκτονες έχουν την ικανότητα να συνδέσουν το σχήμα του κτηρίου άμεσα με το περιβάλλον του. Αυτό καθιστά ικανούς τους αρχιτέκτονες να αναθεωρήσουν πως σχεδιάζουν και κατασκευάζουν το χώρο ενώ προσπαθούν να αναπτύξουν τις αρχές παρά να εφαρμόσουν “μπαλώματα”, από υπάρχουσες τεχνολογίες σε ένα υπάρχον “όραμα” κτηρίου.

Σύμφωνα με τον Νικόλαο Νεγρεπόντη ο ορισμός την “ανταποκρινόμενης” αρχιτεκτονικής είναι: “μια κατηγορία αρχιτεκτονικής ή κτηρίου που επιδεικνύει την ικανότητα να αλλάζει τη μορφή του ώστε συνεχώς να “αντανακλά” τις (περιβαλλοντικές) συνθήκες που το περιβάλλουν”. Είναι ο πρώτος που το συνέβαλε στα τέλη του 1960 όταν προβλήματα χωρικού σχεδιασμού εξετάζονταν εφαρμόζοντας κυβερνητική (cybernetics) στην αρχιτεκτονική. Ο Νεγρεπόντης πρότεινε την ανταποκρινόμενη αρχιτεκτονική σαν ένα φυσικό προϊόν της ενσωμάτωσης της υπολογιστικής ισχύος στους χτισμένους χώρους και τις δομές και ότι το αποτέλεσμα θα είναι πιο λογικά κτήρια που αποδίδουν καλύτερα. Ο Νεγρεπόντης επίσης επέκτεινε αυτό το “μίγμα” (αρχιτεκτονικής και υπολογιστών) για να συμπεριλάβει τις ιδέες της αναγνώρισης (recognition), πρόθεσης (intention), της απόκλισης από το πλαίσιο (contextual variation) και νοήματος (meaning) στους υπολογιστές και την επιτυχημένη ενσωμάτωσή τους στην αρχιτεκτονική. Αυτή η δια-καλλιέργεια ιδεών διήρκεσε περίπου οκτώ χρόνια. Πολλές επιτυχημένες θεωρίες ήταν αποτέλεσμα αυτών των προσπαθειών, αλλά σήμερα η συμβολή του Νεγρεπόντη είναι η πιο έκδηλη στην αρχιτεκτονική. Η δουλειά του προχώρησε την αρχιτεκτονική σε μια τεχνική, λειτουργική και μηχανοκίνητη κατεύθυνση.

Από την συμβολή του Νεγρεπόντη, πολλά έργα ανταποκρινόμενης αρχιτεκτονικής έχουν προκύψει, μερικά μόνο σαν έργα που είναι έργα αισθητικής και όχι λειτουργικά (Blur- Diller and Scofidio, Aegis Hyporsurface - dECOi, The Freshwater pavilion-NOX) ταξινομημένα σαν ανταποκριτική αρχιτεκτονική. Κάθε ένα από αυτά τα έργα παρακολουθεί τις αυξομειώσεις του περιβάλλοντος και αλλάζει τη φόρμα του σε απόκριση με αυτές τις αλλαγές. Το έργο Blur βασίζεται στα ανταποκρινόμενα χαρακτηριστικά ενός συννέφου να αλλάξει τη φόρμα του όταν φυσάει ο άνεμος. Στο έργο των dECOi, η ανταπόκριση ενεργοποιείται από μια προγραμματιζόμενη πρόσοψη, ενώ το έργο των NOX είναι ένα προγραμματιζόμενο ακουστικό-οπτικό εσωτερικό. Όλα αυτά τα έργα βασίζονται πάνω στις

ικανότητες των υπολογιστών να υπολογίζουν συνεχόμενα και να ενώνουν ψηφιακά μοντέλα που είναι προγραμματιζόμενα με τον αληθινό κόσμο και τα γεγονότα που τα σχηματίζουν. [4]



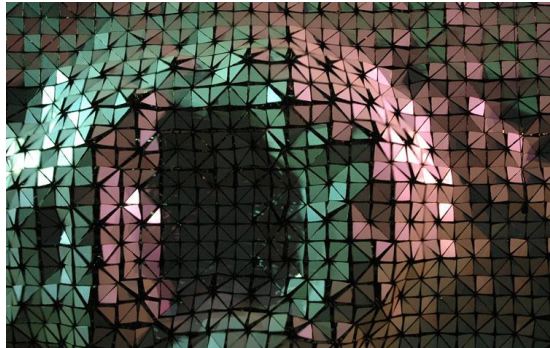
**Εικόνα 10, Blur – Diller & Scofidio** Πηγή:  
<http://openbuildings.com/buildings/blur-building-profile-2257>



**Εικόνα 11, The freshwater pavillion - NOX** Πηγή:  
<http://antoanapetkovamaisd.blogspot.gr/2012/04/nox-architecture-and-kas-osterhuis.html>

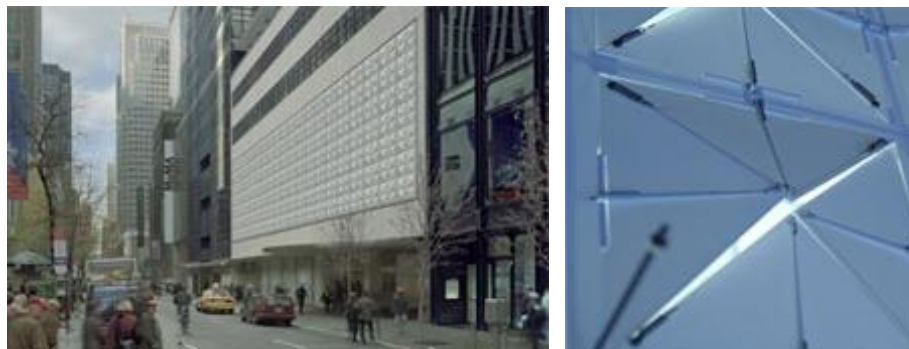
---

<sup>4</sup> <http://en.wikipedia.org/>

**Aegis Hyposurface - Mark Goulthorpe | dECOi Architects | 1999:**

**Εικόνα 12, Aegis Hyposurface** Πηγή:  
<http://www.hyposurface.org>

Το σύστημα συνίσταται από μεταβλητά τριγωνικά μεταλλικά ελάσματα που καθοδηγούνται από ένα στρώμα από 896 πιστόνια που λειτουργούν με πίεση αέρος. Αλλάζει μορφή σε πραγματικό χρόνο, βασιζόμενο σε ποικίλα περιβαλλοντικά ερεθίσματα, συμπεριλαμβανομένων των ήχων και των κινήσεων των ανθρώπων, του καιρού και ηλεκτρονικής πληροφορίας. Το αντικείμενο σηματοδοτεί την μετάβαση από το αυτοπλαστικό (καθορισμένο) στο αλλοπλαστικό (ακαθόριστο, διαδραστικό) χώρο.

**Άλλα παραδείγματα ανταποκρινόμενης - κινητικής αρχιτεκτονικής:****Pixelskin02 – Sachin Anshuman | Orangevoid, United Kingdom | 2006:**

**Εικόνες 13, 14, Pixelskin02**  
Πηγή:  
<http://www.orangevoid.org.uk>

Μια μήτρα από διασυνδεδεμένα πλακάκια pixel τα οποία ελέγχονται διαδραστικά μέσω ενσωματωμένων ελεγκτών. Το σύστημα χρησιμοποιεί καλώδια SMA δύο καταστάσεων για την ενεργοποίηση κάθε pixel σε μια από τις 255 πιθανές καταστάσεις. Η επιφάνεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να παράγει δυναμικές εικόνες χαμηλής ανάλυσης.

**Flare façade – White Void interactive art and design | Berlin, Germany:**



**Εικόνα 15, 16, Flare façade** Πηγή: <http://www.flare-facade.com>

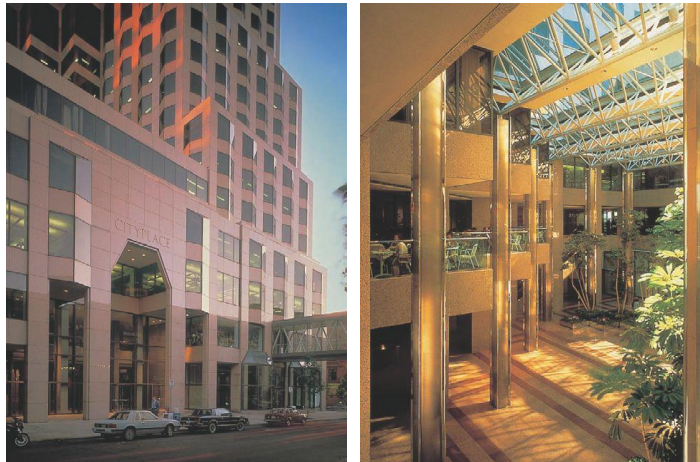
Ενεργώντας σαν μια ζωντανή επιδερμίδα η πρόσοψη επιτρέπει στο κτήριο να εκφράσει, να επικοινωνήσει και να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον του. Το σύστημα συνίσταται από έναν αριθμό από κεκλιμένα μεταλλικά κομμάτια που συμπληρώνονται από ξεχωριστούς ελεγχόμενους πνευματικούς κυλίνδρους. Αντανακλώντας το περιβαλλοντικό ή το άμεσο ηλιακό φως, τα ξεχωριστά κομμάτια του συστήματος λειτουργούν σαν pixels που μορφοποιούνται από το φυσικό φως.<sup>5]</sup>

<sup>5</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.5, 36, 67

## 2.2.Intelligent Buildings

Η λέξη "intelligent" χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να περιγράψει κτήρια στις αρχές της δεκαετίας του '80 και η χρήση του έχει συνοδευτεί από τον αμερικανικό όρο "smart", ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για να υπονοήσει κάποιο είδος ικανοτήτων σε υλικά, δομές και κτήρια. Πολλά από τα πρώτα είδη των κτηρίων που αποκαλούνταν έξυπνα απλά εξέφραζαν μια προσπάθεια να περιγράψουν και να αξιοποιήσουν την επικρατούσα τάση για την ενσωμάτωση αυξανόμενων ποσοτήτων της τεχνολογίας της πληροφορικής στα κτήρια.

Ένα κτήριο σχεδιασμένο από το γραφείο **Skidmore Owings & Merrill** στο **Hartford** του **Connecticut**, είναι ευρέως κηρυγμένο σαν το πρώτο "έξυπνο κτήριο στον κόσμο". Ο 38 ορόφων πύργος γραφείων, ονομαζόμενος "**City Place**" ολοκληρώθηκε το **1984** περιλαμβάνοντας ένα πλήρως ενσωματωμένο σύστημα υπηρεσιών συνδεδεμένο από μια "λεωφόρο δεδομένων" από καλώδια οπτικών ινών. Το δίκτυο εξασφάλιζε μια σύνδεση τόσο για το σύστημα ελέγχου του κτηρίου όσο και για επεξεργασία δεδομένων. Το κτήριο περιγράφηκε σαν να εξασφάλιζε ένα "νευρικό σύστημα" για να συνδέσει μεταξύ τους τις προηγουμένως χωρισμένες λειτουργίες της αναπνοής (κλιματισμός), κυκλοφορίας (ανελκυστήρες) και αισθήσεων (σύστημα ασφάλειας). Στην πραγματικότητα το κτήριο ήταν απλά καλό καλωδιωμένο με λίγες επιδιώξεις κοντά στην πραγματική τεχνητή νοημοσύνη. Εδώ η λέξη ευφυΐα σχετίζεται με τον ηλεκτρονικό έλεγχο. Κάποια σχεδιαστικά παραδείγματα προχρονολογούμενα του "City Place", βρίσκονται πολύ πιο κοντά σε ένα επίπεδο πραγματικής κτηριακής ευφυΐας. Παρ' όλα αυτά συμβατικά ο όρος δεν επεκτείνεται στον τομέα ενός "αυτονομικού" κτηρίου και διατήρηση των βέλτιστων περιβαλλοντικών συνθηκών του μέσω αυτοματοποιημένων, ενστικτωδών αλλαγών στο κτηριακό κέλυφος.<sup>[6]</sup>



Εικόνες 17, 18 City Place, Connecticut Πηγή:  
Michael Wiggington and Jude Haris, 2002

<sup>6</sup> Michael Wiggington, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ.20

Δύο προηγούμενα από το “City Place” κτηριακά παραδείγματα είναι τα “Super Energy Conservation Building” και “Occidental Chemical Center” στο Τόκυο και τη Νέα Υόρκη αντίστοιχα.

**Super Energy Conservation Building - Ohbayashi Gumi | Tokyo, Japan | 1982:**

Το “Super Energy Conservation Building” βρίσκεται σε ένα ερευνητικό campus με διασκορπισμένα κτήρια και χώρους πειραμάτων, 20 χιλιόμετρα από το Τόκυο. Εκείνη την εποχή θεωρούνταν ότι ήταν το πιο ενεργειακά αποδοτικό κτήριο στον κόσμο. Ο κύριος φωτισμός είναι κάτω από φωτοκυτταρικό έλεγχο, που εξαρτάται από τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού. Αυτόματοι αεραγωγοί, στο πάνω και στο κάτω μέρος της διπλής επιδερμίδας, επιτρέπουν να ελέγχεται ο επιπλέον εξαερισμός ή να λειτουργεί σαν θερμική αποθήκη: Τη νύχτα, αυτομάτως ελεγχόμενα μονωτικά στόρια μπορούν να σηκωθούν μπροστά από τα νοτίως προσανατολισμένα γραφειακά παράθυρα, που μορφοποιούν το εσωτερικό στοιχείο της διπλής επιδερμίδας. Μια ελεγχόμενη από υπολογιστή νυχτερινή υπηρεσία «καθαρισμού» μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προ-ψύξει το κτήριο στο σωστό χρόνο για την επόμενη μέρα. Ο διπλής επιδερμίδας γυάλινος τοίχος στη νότια όψη χρησιμοποιείται για να προθερμάνει τον εισερχόμενο αέρα για τις μονάδες διαχείρισης του αέρα. Το καλοκαίρι αεραγωγοί στην κορυφή και το κάτω μέρος της διπλής επιδερμίδας ανοίγουν για να δημιουργήσουν φυσικό αερισμό και κατ' επέκταση να μειώσουν τα φορτία ψύξης.[<sup>7</sup>]

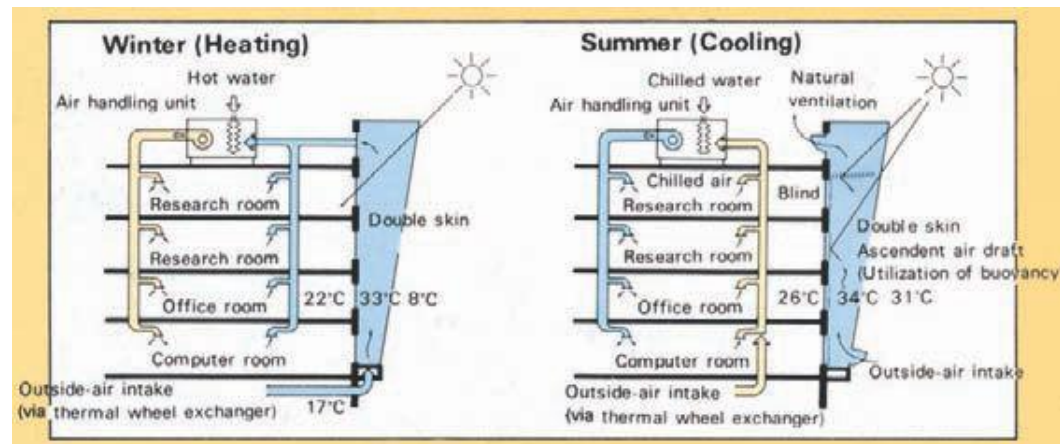


**Εικόνα 19, Super Energy Conservation Building**  
Πηγή: Michael Wiggington and Jude Haris, 2002

---

<sup>7</sup> ό.π., σ.159-161





Εικόνες 20, Super Energy Conservation Building Πηγή: Michael Wigginton and Jude Haris, 2002

#### Occidental Chemical Center - Canon Design |Niagra Falls, New York |1978

Το “Occidental Chemical Center” βρίσκεται εγκατεστημένο στην καρδιά του κέντρου της πόλης του Niagara Falls στην αμερικανική πλευρά του περίφημου καταρράκτη. Οι αρχιτέκτονες ήθελαν να εκμεταλλευτούν τις φανταστικές όψεις του καταρράκτη, χωρίς να υιοθετήσουν τις καθιερωμένες αρχιτεκτονικές απαντήσεις της εποχής, που φαινόταν να καθορίζει περιορισμένες περιοχές παραθύρων, για να περιορίσουν τις ενεργειακές απώλειες. Η προοπτική φωτισμένων εσωτερικών, φαινόταν να προσφέρει πολύ περισσότερες ευκαιρίες για ενεργειακή εξοικονόμηση και ένα διπλό κέλυφος προτάθηκε για να αντιμετωπίσει τις υπερβολικές θερμικές απώλειες και τα κέρδη που θα επέφερε ένα εξολοκλήρου γυάλινο κτήριο. Μια δεύτερη επιδερμίδα ήταν τυλιγμένη γύρω από την εσωτερική υαλοκατασκευή, δημιουργώντας μια περιμετρική κοιλότητα, πάχους 1,5 μέτρου στο πλήρες ύψος του κτηρίου. Φωτοκυτταρικοί αισθητήρες που ενεργοποιούνταν με τον χρόνο και την θερμοκρασία χειρίζονταν φεγγίτες που κινούνταν με κινητήρες στο πάνω και στο κάτω μέρος της κοιλότητας για να εξαεριστεί η διπλή επιδερμίδα. Ένας δύο- βαθμίδων έλεγχος του φωτισμού επιτρέπει μέγιστα οφέλη φυσικού φωτισμού.

Η διπλή επιδερμίδα λειτουργεί σαν μια απεριόριστη θερμική ζώνη, που αλλάζει τα χαρακτηριστικά ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου από την επικράτηση θερμικών φορτίων στην επικράτηση φορτίων ψύξης. Ουσιαστικά εξαλείφει το φιλτράρισμα και μειώνει την επίδραση ακραίων εξωτερικών θερμοκρασιών. Η κοιλότητα λειτουργεί σαν θερμική αποθήκη τον χειμώνα (συνθήκη απαιτήσεων θερμότητας), επιτρέποντας μια παράλληλη αναδιανομή του ηλιακώς θερμαινόμενου αέρα. Μπορεί επίσης να ανοίξει αυτόματα το καλοκαίρι (συνθήκη απαιτήσεων ψύξης) για να αερίσουν τον αέρα μεταγωγής της θερμότητας. Οι φεγγίτες μέσα στο κενό είναι ρυθμιζόμενοι για τον έλεγχο του ήλιου και μπορεί να κλείσουν τη νύχτα, για να αυξήσουν τη μόνωση. Προτείνουν μια

αποτελεσματική ισορροπία ανάμεσα στο φυσικό φωτισμό, την ηλιακή προστασία και απαιτήσεις συνθηκών θέρμανσης. Είχε υπολογιστεί ότι το κτήριο θα κατανάλωνε λιγότερο από το ένα τρίτο της ενέργειας που απαιτούνταν από ένα συμβατικώς σχεδιασμένο κτήριο γραφείων.<sup>[8]</sup>

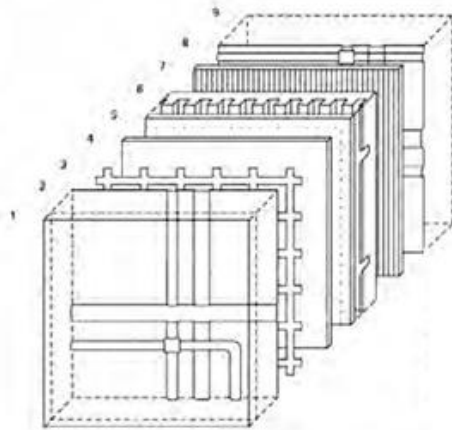


**Εικόνα 21, Occidental Chemical Center** Πηγή:  
Michael Wiggington and Jude Haris, 2002

---

<sup>8</sup> ό.π., σ. 163-164

### 2.3.Ο τοίχος του Mike Davies



- 1 Silica weather skin and deposition substrate.
- 2 Sensor and control logic layer — external.
- 3 Photo electric grid.
- 4 Thermal sheet radiator/selective absorber.
- 5 Electro reflective deposition.
- 6 Micro pore gas flow layers.
- 7 Electro reflective deposition.
- 8 Sensor and control logic layer — internal.
- 9 Silica deposition substrate and inner skin.

Εικόνα 22, Ο τοίχος του Mike Davies Πηγή: Michael Wiggington and Jude Haris, 2002

Από την ενεργειακή κρίση στην αρχή του '70 η βιομηχανία γυαλιού δημιούργησε πολλά νέα προϊόντα για να βελτιώσει την εικόνα του γυαλιού. Μια μελέτη για τον κατασκευαστή γυαλιού Pilkington είχε ως αποτέλεσμα έναν τοίχο «για όλες τις εποχές» από τον **Mike Davies, (1981)** έναν βρετανό αρχιτέκτονα που δούλεψε στο γραφείο του Richard Rogers. Η δέσμευσή του για έναν πολυσθενή τοίχο αναμφίβολα είχε μεγάλη επίδραση σε περαιτέρω εξελίξεις στις προσόψεις. Αυτός ο πολυσθενής ( πολυδυναμικός ) τοίχος έπρεπε να ελέγχει και να ρυθμίζει την ενεργειακή ροή από μόνος του. [<sup>9</sup>] Η σύλληψη ήταν για ένα κτηριακό κέλυφος με μεταβλητά χαρακτηριστικά και ο τοίχος είναι τυπικά γνωστός για την ενσωμάτωση πολλών λειτουργιών σε ένα επίπεδο (layer). Ο Mike Davies παρουσίασε την ιδέα αυτής της πολυλειτουργικής επιδερμίδας που θα μπορούσε να δράσει σαν νανομετρικός [<sup>10</sup>] απορροφητής, πομπός, ανακλαστήρας, φίλτρο και συσκευή μεταβίβασης. Ακολουθώντας αυτή τη θεωρία, το έξυπνο κέλυφος, τώρα έχει εξελιχθεί σαν ιδέα σε ένα κέλυφος με την ικανότητα να αλλάζει τις θερμοφυσικές του ικανότητες (θερμική αντίσταση, εκπομπή, απορροφητικότητα, διαπερατότητα) να εναλλάσσεται ανάμεσα σε διαφάνεια και αδιαφάνεια, να τροποποιεί το χρώμα του και να διαφοροποιεί τις οπτικές του ιδιότητες. Αυτό μπορεί είτε να εκτελεστεί από φυσικά στοιχεία προσαρτημένα στο έξυπνο κέλυφος, ή στο νανομετρικό επίπεδο από υλικά, με έμφυτες μεταβλητές ιδιότητες. [<sup>11</sup>] Ο τοίχος χρειαζόταν να έχει μικρο-λογική και αισθητήρες συνδεδεμένους με επεξεργαστές

<sup>9</sup> Boer, B. d., Ruijg, G.J., Bakker, L., Koornat, W., Zonneweldt, L., Kurvers, S., Alders, N., Raue, A., Hensen, J.L.M., Loonen, R.G.C.M. and Trcka, M, *Energy saving potential of climate adaptive building shells - Inverse modelling of optimal thermal and visual behaviour*, 2011, σ.3

<sup>10</sup> νανόμετρο = ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου

<sup>11</sup> Michael Wiggington, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ. 30

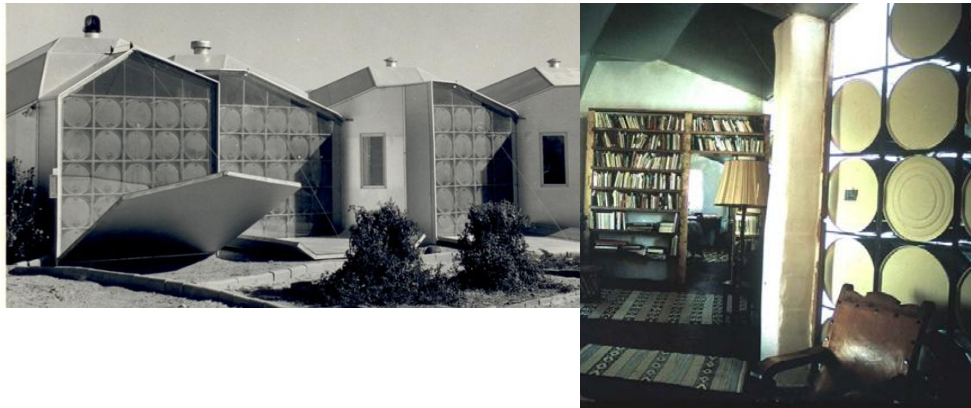
ελέγχου που μεταφέρουν πληροφορία πάνω σε χρονοδιαγράμματα χρήσης, συνήθειες και περιβαλλοντικής απόδοσης δεδομένα από τους χρήστες του κτηρίου σε ένα συνεχώς εξελισσόμενο κυβερνητικό σύστημα.<sup>[12]</sup>

«Αυτό που χρειάζεται είναι μια περιβαλλοντική δίοδος, μια προοδευτική και φασματικά μεταγωγίμη συσκευή, ένας δυναμικός διαδραστικός, πολύ – ικανός επεξεργαστής που θα δρα σαν κτηριακή επιδερμίδα. Η δίοδος λογικά βασίζεται στις αξιόλογες φυσικές ιδιότητες του γυαλιού, αλλά θα πρέπει να ενσωματώσει μια μεγαλύτερη γκάμα θερμικών και οπτικής προσαρμοστικής απόδοσης ικανοτήτων σε ένα πολυσθενές προϊόν. Αυτή η περιβαλλοντική δίοδος, ένας πολυσθενής τοίχος σαν το κέλυφος ενός κτηρίου, θα αφαιρέσει τη διάκριση ανάμεσα στο συμπαγές και στο διάφανο». Mike Davies (1981). <sup>[13]</sup>

### Δυναμικά κελύφη πριν τον τοίχο του Mike Davies:

#### Solar Barrel Wall – Steve Baer | Corrales, New Mexico | 1971:

Κατά την διάρκεια της ημέρας, η θερμική ενέργεια από τον ήλιο συλλέγεται και αποθηκεύεται σε στοίβες από ατσάλινα δοχεία λαδιού χωρητικότητας 200 λίτρων. Τη νύχτα τα εξωτερικά βλέφαρα είναι κλειστά καθώς το εσωτερικό βλέφαρο είναι ανοιχτό, έτσι ώστε η αποθηκευμένη ενέργεια να αποδεσμευθεί στο χώρο. Τα βαρέλια είναι βαμμένα μαύρα και το σκίαστρο είναι ιδιαίτερα ανακλαστικό. Και τα δύο τα φαινόμενα μαζί βελτιώνουν την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας.

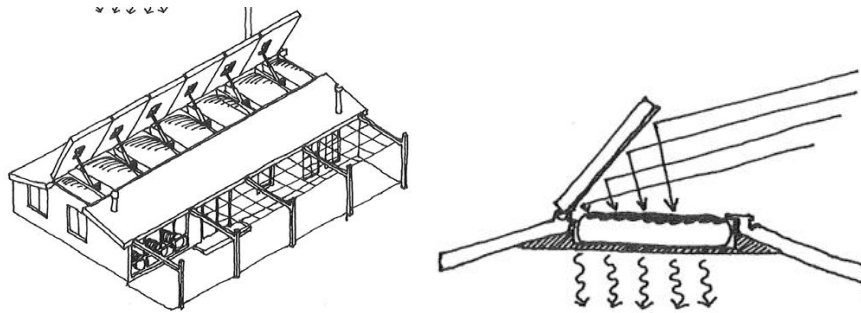


Εικόνα 23, 24, Solar Barrel Wall Πηγή: Baer, S. (2009) 'Some passive solar buildings with a focus on projects in New Mexico', Presentation for the Albuquerque chapter of AIA

<sup>12</sup> "A wall for all seasons", *Riba*, 1981, σ.2-3

<sup>13</sup> Roel Loonen, *Climate Adaptive Building Shells - What can we simulate*, 2010, σ. 14-16

## Roof Pond Hammond House – Jonathan Hammond | 1975:



Εικόνες 25, 26, Roof Pond Hammond House Πηγή: Baer, S. (2009)  
 ‘Some passive solar buildings with a focus on projects in New Mexico’, Presentation for the Albuquerque chapter of AIA

Μεγάλες αποθηκευτικές σακούλες νερού καλύπτονται από μονωτικά βλέφαρα τα οποία ανοίγουν και κλείνουν από ένα υδραυλικό έμβολο. Όταν τα πανέλα σηκώνονται τις φωτεινές ημέρες του χειμώνα, οι σακούλες του νερού είναι εκτεθειμένες στον ήλιο, ενώ τα πανέλα δρύνε σαν ανακλαστήρες για να ενισχύσουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα πανέλα ,το καλοκαίρι, σηκώνονται τη νύχτα. Η απορροφημένη θερμότητα από το εσωτερικό απελευθερώνεται στον ψυχρό νυχτερινό αέρα μέσω ακτινοβολίας και μεταγωγής θερμότητας.<sup>[14]</sup>

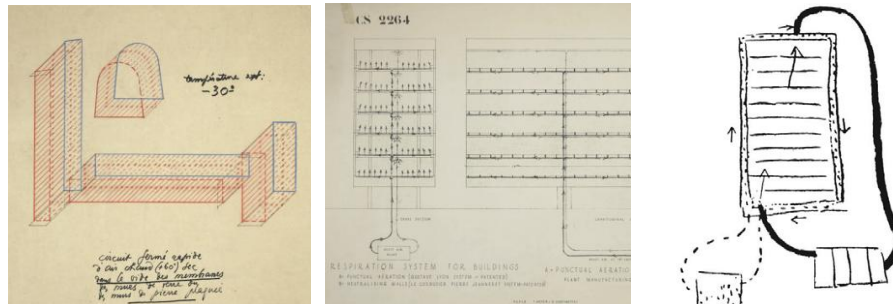
<sup>14</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ. 70, 79

## 2.4. Le mur neutralisant

Ο τοίχος εξουδετέρωσης ,σχεδιασμένος από τον Le Corbusier στις αρχές του αιώνα, συχνά θεωρείται ως ο επαναστατικός προκάτοχος της πρόσοψης της διπλής επιδερμίδας. Συνίσταται από δύο γυάλινα πανέλα μέσα στα οποία αέρας ρέει σε συνεχή θερμοκρασία 18 °C. Αυτό το επίπεδο αέρα εξουδετερώνει τα αποτελέσματα του κρύου καθοδικού ρεύματος το χειμώνα ή κρατά την ηλιακή θερμότητα έξω το καλοκαίρι. Μ' αυτό τον τρόπο προάγει συνθήκες θερμικής άνεσης καθ όλη τη διάρκεια του χρόνου.[<sup>15</sup>]

Ο αέρας στον Le mur neutralisant δρούσε κυρίως σαν ένα φράγμα εμποδίζοντας τη θερμότητα να ρέει από μέσα προς τα έξω κατά τη διάρκεια του χειμώνα και από έξω προς τα μέσα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ουσιαστικά ανέπτυξε μία υπάρχουσα, προηγούμενη συσκευή (πομπούς θερμότητας και νερού τοποθετημένους ανάμεσα σε δύο παράλληλους γυάλινους τοίχους) σε μια πιο φιλόδοξη ιδέα εισάγοντας σωλήνες αέρα γύρω από μία σφραγισμένη διπλού υαλοστασίου κοιλότητα που θα μπορούσε να κρατάει τον αέρα που φυσούσε ανάμεσα σε σταθερή θερμοκρασία. Η ιδέα του τοίχου εξουδετέρωσης δοκιμάστηκε και υπολογίστηκε από δύο ανεξάρτητες εταιρίες την εποχή μία Γαλλική και μία Αμερικάνικη. Τόσο η Saint Gobain όσο και η Αμερικάνικη Blower Company στους υπολογισμούς τους κατέληξαν ότι ένα τέτοιο σύστημα θα απαιτούσε ένα τεράστιο ποσοστό ενέργειας για να κάνει πραγματικά διαφορά στην εσωτερική θερμοκρασία. Είχε κυρίως δύο αδυναμίες: πολύ μεγάλη αγωγιμότητα ( η θερμότητα στην κοιλότητα θα ξέφευγε το χειμώνα) και κανένας έλεγχος της ακτινοβολημένης θερμότητας (η ηλιακή ακτινοβολία θα εισερχόταν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού).[<sup>16</sup>] Τελικά ο Harvey Bryn συμπέρανε ότι η ιδέα του θα άξιζε αν συμπεριλάμβανε και θέρμανση από τον ήλιο.

Το σύστημα εφαρμόστηκε στην Villa Schwob και προτάθηκε και σε πολλά άλλα έργα όπως στο διαγωνισμό League of Nations, στο Centrosoyuz building στη Μόσχα και στο Cite de Refuge στο Παρίσι. [<sup>17</sup>]



**Εικόνα 27, Le mur neutralisant** Πηγή: Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. and Auer, T. (2007) *Façades - Principles of construction*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser

**Εικόνες 28,29, Le mur neutralisant**  
<http://www.quintademoesteiro.com/>

<sup>15</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ. 53

<sup>16</sup> <http://facadesconfidential.blogspot.gr/>

<sup>17</sup> <http://www.wikipedia.org/>

## 2.5. Πρόσοψη διπλής επιδερμίδας - Double skin facade

Στη δεκαετία του 60 εμφανίστηκε η πρώτη γενική συνείδηση της οικολογίας σαν επιστήμη, σαν παγκόσμιου και στρατηγικού σχεδιασμού των πηγών, σαν συνείδηση του προβλήματος της μείωσης των πηγών και της ενεργειακής κρίσης. Η ενεργειακή κρίση υποχρέωσε τους αρχιτέκτονες και τους χρήστες να κοιτάζουν την απόδοση των κτηρίων τους. Ο θαυμαστός τοίχος του Mies Van de Rohe και η μονή γυάλινη πρόσοψη έγινε πρόβλημα. Η βιομηχανία του γυαλιού βασιζόμενη όμως στους προηγούμενους σχεδιαστές βρήκε την τέλεια απάντηση: περισσότερο γυαλί. Η διπλή πρόσοψη ήταν διπλά αποδοτική και κόστιζε λίγο παραπάνω από την διπλάσια τιμή. Οι θερμικές απώλειες μειώθηκαν από  $5,6 \text{ watt/m}^2/\text{O}^\text{C}$  σε  $2,8 \text{ watt/m}^2/\text{O}^\text{C}$ . Βέβαια με το κόστος της ενέργειας σταθερά να αυξάνεται ακόμα και τα  $2,8 \text{ watt/m}^2/\text{O}^\text{C}$  ήταν αμφίβολα αποδοτικά, κάτω από τους νέους κανονισμούς θέρμανσης των κτηρίων.<sup>[18]</sup>

Η πρόσοψη διπλής επιδερμίδας είναι ένα κτηριακό σύστημα που αποτελείται από δύο επιδερμίδες τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε ο αέρας να ρέει στην ενδιαμέση κοιλότητα. Ο αερισμός της κοιλότητας μπορεί να είναι φυσικός, υποστηριζόμενος από ανεμιστήρες ή μηχανικός. Πέρα από τον τύπο του εξαερισμού μέσα στην κοιλότητα, η καταγωγή και ο προορισμός του αέρα μπορεί να διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες, τη χρήση, την τοποθεσία, τις ώρες κατοίκησης του κτηρίου και τη στρατηγική HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning). Το γυαλί μπορεί να είναι μονό ή διπλό με απόσταση από 20εκ. έως δύο μέτρα. Συχνά για προστασία και για λόγους θερμικής εξαγωγής κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, συσκευές σκιασμού τοποθετούνται μέσα στην



**Εικόνες 30, Το κτήριο Gherkin** Πηγή:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Double-skin\\_facade](http://en.wikipedia.org/wiki/Double-skin_facade)

<sup>18</sup> "A wall for all seasons", *RibaJ*, 1981 σ. 1

κοιλότητα.

Η στοιχειώδης ιδέα της επιδερμίδας διπλής πρόσοψης πρώτα ερευνήθηκε και δοκιμάστηκε από τον Γάλλο-Ελβετό αρχιτέκτονα Le Corbusier. Ένα ακόμη από τα πρώτα μοντέρνα παραδείγματα που κατασκευάστηκε με πρόσοψη διπλής επιδερμίδας και που αναφέρθηκε πιο πάνω είναι το Occidental Chemical Centre. Το κτήριο **Gherkin** (η αλλιώς **30 str Mary Axe**) χτισμένο το **2004** από τον **Norman Foster** στο **Λονδίνο** και παράδειγμα του κινήματος Eco-Tech, χρησιμοποιεί τριγωνικά παράθυρα που ανοίγουν με βάση τα δεδομένα του καιρού και άλλα κτηριακά δεδομένα, επιτρέποντας λιγότερο ή περισσότερο αέρα να ρέει διαμέσου του κτηρίου για αερισμό.

Σε ψυχρά κλίματα ο αέρας μέσα στην κοιλότητα μπορεί να κυκλοφορεί στον χώρο του κτηρίου ώστε να αντισταθμίσει τις απαιτήσεις θέρμανσης, ενώ σε θερμά κλίματα η κοιλότητα μπορεί να αερίζεται ώστε να μετριάσει τα ηλιακά κέρδη και να μετριάσει το ψυκτικό φορτίο. Σε κάθε περίπτωση η υπόθεση είναι ότι μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη μονωτική τιμή χρησιμοποιώντας αυτή τη διάταξη εν αντιθέσει με τη συμβατική διάταξη γυαλιού.

Παρόμοιες μονωτικές τιμές μπορούν να επιτευχθούν και με υψηλής απόδοσης, low-e (χαμηλής εκπομπής) παράθυρα. Η κοιλότητα επίσης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση σε χρήσιμο χώρο δαπέδου και αναλόγως με την στρατηγική για τον αερισμό της κοιλότητας μπορεί να έχει προβλήματα με συμπύκνωση, να λερώνεται ή να εισάγει εξωτερικούς θορύβους. Η κατασκευή μιας δεύτερης επιδερμίδας επίσης μπορεί να σημαίνει σημαντική αύξηση του κόστους και των υλικών. [<sup>19</sup>]

---

<sup>19</sup> <http://www.wikipedia.org/>



### 3.Οικολογία και Αρχιτεκτονική

#### 3.1. Το κίνημα Eco-Tech

Ένα κίνημα που προέρχεται από την σύζευξη της High-Tech αρχιτεκτονικής με την στροφή προς τον ενεργειακό σχεδιασμό είναι το κίνημα του Eco-Tech.

Η αρχιτεκτονική του High-Tech που ξεκίνησε σαν η εισαγωγή μιας εκλογικευμένης βιομηχανικής διαδικασίας στην κτηριακή κατασκευή για να δημιουργήσει ουδέτερα, ευέλικτα, επεκτάσιμα περιβάλλοντα έχει εξελιχθεί σε ένα αυξανόμενο διάχυτο και περίπλοκο στυλ. Η ευαισθησία αυτή τώρα αγκαλιάζει ευρύτερα ενδιαφέροντα, περιλαμβανόμενου της κοινωνικής ανταπόκρισης, της χρήσης ενέργειας, της αστικότητας και της οικολογικής συνείδησης και το Eco-Tech αντιτίθεται στη High-Tech. Αντίθετα από το να είναι απaráδεκτα δοξασμένα, η τεχνολογία είναι πιο επιλεκτικά εκμεταλλευμένη για να επιτύχει συγκεκριμένα αποτελέσματα. Παραδείγματα από αυτό μπορεί να περιλαμβάνουν μια επικάλυψη με διάφανα πανέλα που έχει υψηλό επίπεδο μόνωσης, ή ένα σύστημα περιβαλλοντικού ελέγχου που μπορεί να προβλέψει τις απαιτήσεις των χρηστών του κτηρίου και να ανταποκριθεί ανάλογα.

Το **British Pavilion**, σχεδιασμένο για την **Seville Expo του 1992**, το **1989** από τους **Nicholas Grimshaw and Partners** είναι μια ελαφριά προσωρινή κατασκευή που συνδυάζει μια σειρά από ευφυή χαρακτηριστικά που τροποποιούν το περιβάλλον, όπως ένας τεράστιος τοίχος δροσιστικού νερού, στην κεντρική ανατολική όψη, τροφοδοτούμενο από ηλιακά πανέλα, το οποίο σχηματίζει μια τάφρο γύρω από το περίπτερο.<sup>[20]</sup>



**Εικόνα 31, British pavilion** Πηγή:  
<http://grimshaw-architects.com/project/british-pavilion-expo/>

**Εικόνα 32, British pavilion** Πηγή: <http://viewpictures.co.uk/Details.aspx?ID=78890&TypeID=1>

<sup>20</sup> Catherine Slessor, *Eco-Tech-Sustainable Architecture and High Technology*, 1997, σ. 7, 88

Το **Unesco Laboratory and Workshop** από τον **Renzo Piano** στη **Vesima** στην **Ιταλία**, χτισμένο το **1991**, χρησιμοποιείται για έρευνα στις κατασκευαστικές εφαρμογές των φυσικών υλικών. Η οροφή είναι καλυμμένη με μονάδες διπλού υαλοστασίου οι οποίες σκιάζονται από ένα αυτοματοποιημένο ρυθμιζόμενο σύστημα από περσίδες για την αποφυγή υπερθέρμανσης.<sup>[21]</sup>



**Εικόνα 33, Unesco Laboratory and Workshop, Λεπτομέρεια οροφής** Πηγή: <http://dmarch-studio2-c-maldonado-cruz-s08.blogspot.gr/2008/01/precedent-analysis.html>

**Εικόνα 34, Unesco Laboratory and Workshop** Πηγή: <http://dmarch-studio2-c-maldonado-cruz-s08.blogspot.gr/2008/01/precedent-analysis.html>

Στο **Cite Internationale** του **Renzo Piano** στη **Lyon** χτισμένο το **1995**, είναι ένα μείγμα από γραφεία, υποδομές πολιτισμού, καταστήματα, κατοικίες και ένα συνεδριακό κέντρο και αντανακλά το ενδιαφέρον του Piano για αστικό σχεδιασμό, ενεργειακή χρήση και σύνδεση με τη φύση. Η εξωτερική επιδερμίδα από γυαλί βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου καθώς αναχαιτίζει τη δύναμη του αέρα και της βροχής έτσι ώστε τα συμβατικά παράθυρα από πίσω να μπορούν να είναι πάντοτε ανοιχτά. Έτσι το καλοκαίρι τα κτήρια μπορούν να χρησιμοποιήσουν φυσικό αερισμό και το χειμώνα το γυαλί παγιδεύει την θερμότητα πίσω του λειτουργώντας ως ένα ακόμα επίπεδο μόνωσης.<sup>[22]</sup>

<sup>21</sup> ό.π., σ. 82

<sup>22</sup> ό.π., σ. 76



**Εικόνα 35, Cite Internationale** Πηγή:  
<http://www.virtourist.com/europe/lyon/37.htm>

Στο **Inland Revenue Headquarters** των **Michael Hopkins and Partners** στο **Nottingham** στην **Αγγλία** (χτισμένο το **1995**) το πιο καινοτόμο στοιχείο του προγράμματος είναι η στρατηγική περιβαλλοντικού ελέγχου. Σε μια σπάνια για το δημόσιο τομέα αφοσίωση από τους αρχιτέκτονες σε πράσινες αξίες, σχεδίασαν τα κτήρια ώστε να τροποποιούν το περιβάλλον με την ελάχιστη προσφυγή σε μηχανικά συστήματα: τα γραφεία χρησιμοποιούν φυσικό αερισμό και το καλοκαίρι το κέλυφος χρησιμοποιείται σαν θερμική αποθήκη, που μπορεί να απορροφήσει θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να ψυχθεί από αέρα που έλκεται στο κτήριο τη νύχτα. Σε θερμές καιρικές συνθήκες οι γυάλινοι πύργοι των κλιμάκων λειτουργούν επίσης σαν θερμικές καμινάδες, έλκοντας εξωτερικό αέρα μέσω των γραφείων. Οι δομικοί πυλώνες είναι φτιαγμένοι από πυκνά τούβλα της περιοχής του Nottingham τα οποία μαζί με τουςτσιμεντένιους θόλους της οροφής, λειτουργούν σαν θερμικός τροχός που διατηρεί ένα ομαλό εσωτερικό κλίμα.<sup>[23]</sup> Πρόκειται κυρίως για ένα παθητικό κτήριο.



**Εικόνα 36, Inland Revenue Headquarters** Πηγή: Catherine Slessor, (1997), *Eco-Tech - Sustainable Architecture and High Technology*, London, Thames & Hudson

<sup>23</sup> ό.π., σ. 98



**Εικόνα 37, Inland Revenue Headquarters** Πηγή:  
<http://www.aaschool.ac.uk/PORTFOLIO/ALUMNI/PORTFOLIO/RIBAGGold.php>

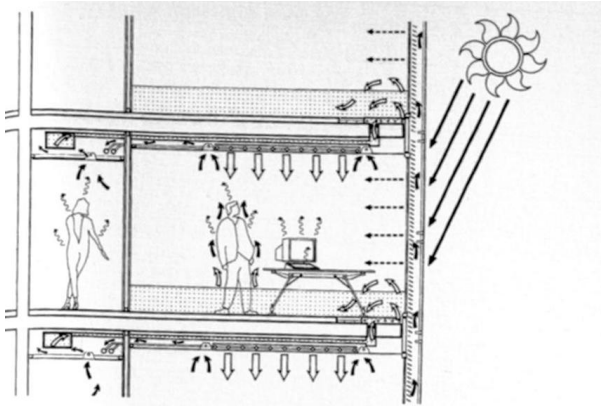
Το **Exhibition Hall** του **Thomas Herzog** στο **Ανόβερο** της **Γερμανίας**, χτισμένο το **1996**, ξεχωρίζει για την συνεχή καινοτόμα προσέγγιση του αρχιτέκτονα στην κατασκευή και τις υπηρεσίες. Το κόστος του μηχανικού εξοπλισμού για παράδειγμα μειώθηκε σημαντικά (έως το μισό) εκμεταλλευόμενος τις αρχές της φυσικής θερμικής κίνησης. Το καλοκαίρι φρέσκος αέρας εισάγεται από γυάλινους αγωγούς που βρίσκονται τοποθετημένοι περίπου τέσσερα μέτρα πάνω από το δάπεδο. Ο κρύος αέρας κατεβαίνει προς τα κάτω και μετά ανυψώνεται καθώς ζεσταίνεται από τη θερμότητα των ανθρώπων και των μηχανημάτων. Τελικώς απωθείται από τις τρεις κορυφές της οροφής και οποιαδήποτε επιστροφή του αέρα στον εκθεσιακό χώρο εμποδίζεται με ρυθμιζόμενα πτερύγια στην κορυφογραμμή της στέγης, που μπορούν να προσανατολιστούν σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου. Το χειμώνα προθερμασμένος αέρας κατευθύνεται μέσω μακράς έκτασης επιταχυντών προσαρτημένων στους αγωγούς. [24] Πρόκειται και αυτό κυρίως για ένα παθητικό κτήριο.



**Εικόνα 38, Exhibition Hall** Πηγή:  
<http://www.flickr.com/photos/14036391@N08/2346582029/>

<sup>24</sup> ό.π., σ. 84

Το **Microelectronics Park** στο **Duisburg** στην **Γερμανία**, χτισμένο το **1996** είναι ένα σύμπλεγμα που αποτελείται από τρία κτήρια χαλαρά συνδεδεμένα από ένα περίβλημα πάρκου. Το πιο εξέχων στοιχείο του οικοπέδου είναι το Business Promotion Centre. Ένα αρκετά πολύπλοκο σύστημα διαχείρισης του κτηρίου αναλύει τις τρέχουσες και τις προβλεφθείσες καιρικές συνθήκες ώστε να υπολογίσει τα βέλτιστα επίπεδα θέρμανσης, ψύξης και σκιασμού ρυθμίζοντας οριζόντια δικτυωτά σκίαστρα σε μια εξωτερική επιδερμίδα τριπλού υαλοστασίου. Έτσι οι χρήστες μπορούν να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία και το φωτισμό στους δικούς τους χώρους. Η ανταπόκριση του συστήματος θέτει νέες προδιαγραφές για περιβαλλοντικό έλεγχο.<sup>[25]</sup> Ουσιαστικά, μια διάφανη εσωτερική επιδερμίδα "μόνωσης" μετριάζει τις ακραίες θερμοκρασίες. Τοπικά θερμικά κέρδη από ακτινοβολία τόσο από μηχανήματα όσο και από χρήστες είναι εκμεταλλεύσιμα. Ο Foster έχει αποτελεσματικά δημιουργήσει μια πολύπλοκη σύγχρονη έκδοση του mur neutralisant του Le Corbusier. <sup>[26]</sup>



**Εικόνα 39, Το σύστημα κλιματικού ελέγχου,** Πηγή: Catherine Slessor, (1997), *Eco-Tech - Sustainable Architecture and High Technology*, London, Thames & Hudson



**Εικόνα 40, Microelectronics Park, Το αίθριο ανάμεσα στα γραφεία** Πηγή: Catherine Slessor, (1997), *Eco-Tech - Sustainable Architecture and High Technology*, London, Thames & Hudson

<sup>25</sup> ό.π., σ. 92

<sup>26</sup> ό.π., σ. 95

Ο πύργος **Hearst** στη **Νέα Υόρκη** χτισμένος από τον **Norman Foster** το **2004** είναι το πρώτο πράσινο ψηλό κτήριο χτισμένο στη **Νέα Υόρκη** με έναν αριθμό από περιβαλλοντικούς παράγοντες στο σχέδιό του. Το δάπεδο και το αίθριο είναι πλακοστρωμένα με θερμικά αγωγίμο πωρόλιθο. Σωληνώσεις από πολυεθυλένιο είναι ενσωματωμένοι κάτω από το δάπεδο και γεμάτοι με νερό που κυκλοφορεί για την ψύξη το καλοκαίρι και τη θέρμανση το χειμώνα. Η βροχή συλλέγεται στην οροφή και αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή στο υπόγειο για χρήση στο σύστημα ψύξης. Συνολικά το κτήριο έχει σχεδιαστεί να χρησιμοποιεί 26% λιγότερη ενέργεια από τις ελάχιστες απαιτήσεις για την πόλη της Νέας Υόρκης και ανακηρύχθηκε ο πρώτος "χρυσός" ουρανοξύστης στη Νέα Υόρκη σύμφωνα με το πρόγραμμα LEED.<sup>[27]</sup> Επίσης περιλαμβάνει αισθητήρες φωτός για τον έλεγχο του τεχνητού φωτισμού που χρησιμοποιείται βασιζόμενοι στο ποσοστό του φυσικού φωτισμού που είναι διαθέσιμο στο εξωτερικό και ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται για ψύξη και εξαερισμό το 75% του χρόνου.<sup>[28]</sup>



**Εικόνα 41, Hearst Tower** Πηγή:  
<http://www.filtersfast.com/articles/Greenest-Buildings-in-the-US.php>



**Εικόνα 42, Agbar Tower**, Πηγή: [http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/barcelona/agbar\\_tower\\_3.jpg](http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/barcelona/agbar_tower_3.jpg)

Ένα άλλο παράδειγμα της High-Tech αρχιτεκτονικής που ανήκει στο κίνημα Eco-tech είναι το **Agbar Tower** χτισμένο από τον **Jean Nouvel** το **2005** στη **Βαρκελώνη**. Το κτήριο διαθέτει αισθητήρες θερμοκρασίας στο εξωτερικό του που ρυθμίζουν το άνοιγμα και το κλείσιμο των σκιάστρων στα παράθυρα, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη του κτηρίου.<sup>[29]</sup>

<sup>27</sup> <http://en.wikipedia.org/>

<sup>28</sup> <http://www.filtersfast.com/>

<sup>29</sup> <http://en.wikipedia.org/>

### 3.2. Building skin, human skin και βιολογικές μεταφορές

Η πρόκληση είναι η δημιουργία ενός κτηρίου που μιμείται **το ανθρώπινο δέρμα**. Το ανθρώπινο δέρμα είναι ένα καλό μοντέλο για το πώς θα θέλαμε ένα κτηριακό κέλυφος να συμπεριφέρεται. Προσαρμόζεται στην θερμοκρασία και την υγρασία, μπορεί να νιώσει ένα αεράκι ή το μικρότερο άγγιγμα και μπορεί να αυτοεπιδιορθωθεί. <sup>[30]</sup>

**Το ανθρώπινο σώμα** ακόμα αποτελείται από διαφορετικά έξυπνα συστήματα, τα οποία το επιτρέπουν να λειτουργεί με έναν συνειδητό και ασυνείδητο τρόπο. Η σκέψη λειτουργεί ώστε να επιδέχεται διαφωνίες και στρατηγικό σχεδιασμό. Ένας αθλητής λειτουργεί αυτόματα. Η στρατηγική σκέψη «να τρέξω» μετατρέπεται σε αναρίθμητες πολύπλοκες δράσεις που περιλαμβάνουν οδηγίες από τον εγκέφαλο. Οι δράσεις χωρίζονται σε συντονισμένες οδηγίες, πολύ γρήγορες για σκέψη. Η καρδιά χτυπάει και οι πνεύμονες αναπνέουν αυτόνομα. Η σκέψη δεν είναι απαραίτητη. Το ευφυές κτήριο ενσωματώνει πλευρές από όλα αυτά, κάποιες φορές αποκεντρωμένες και αυτόνομες. <sup>[31]</sup> Υπάρχουν καθαρές αναλογίες ανάμεσα στην τεχνητή νοημοσύνη και την λογική του εγκεφάλου. Παρ' όλα αυτά, και η θεώρηση του συνόλου των αντιδραστικών και των γνωστικών δράσεων που είναι ενσωματωμένες στα ζώα, προτείνει ένα ευρύτερο μοντέλο που θα μπορούσε να είναι χρήσιμο στη θεώρηση της κτηριακής ευφυΐας <sup>[32]</sup>:

Πλήρως **προσαρμοσμένα όντα** που υπάρχουν σαν αποτέλεσμα της εξέλιξης είναι σχηματισμένα και κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να λειτουργεί ο μεταβολισμός τους (ένα παράδειγμα είναι η **χειμερία νάρκη**). Αυτό είναι σύμφωνο με τις Δαρβινικές αρχές, που περιλαμβάνουν την εξέλιξη διατάξεων που μειώνουν την ανάγκη για μεγάλη ενεργειακή χρήση στη διαδικασία της επιβίωσης. <sup>[33]</sup> Η φύση είναι γεμάτη από παρόμοια έξυπνα παραδείγματα, που μπορούν να αισθάνονται και να αντιδρούν στο περιβάλλον τους. Για παράδειγμα υπάρχουν ποικίλα ανταποκρινόμενα συστήματα στη φύση, όπως οι θερμοκυκλοφοριακές δυνάμεις του ανθρώπινου δέρματος, οι εποχιακές αλλαγές του δέρματος σε πολλά θηλαστικά και το άνοιγμα και το κλείσιμο των λουλουδιών σε ανταπόκριση με το φως. <sup>[34]</sup> Ο χαμαιλέοντας είναι ικανός να αλλάζει το χρώμα του σώματός του όταν φοβάται και σε απόκριση με το φως, τη θερμοκρασία και άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές. Η αλλαγή χρώματος ενεργοποιείται από ορμόνες που επηρεάζουν ειδικά κύτταρα που φέρουν βαφή στο δέρμα. Όλα αυτά τα παραδείγματα στη φύση μοιράζονται τα χαρακτηριστικά της απόκρισης με το ποικίλο περιβάλλον, έχοντας σαν αποτέλεσμα την αλλαγή στο σχήμα ή στο υλικό καθώς και την διαφοροποίηση στην ενεργειακή ροή. <sup>[35]</sup>

<sup>30</sup> Michael Wiggington, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ. 28

<sup>31</sup> ό.π., σ. 26

<sup>32</sup> ό.π., σ. 18

<sup>33</sup> ό.π., σ. 25

<sup>34</sup> ό.π., σ. 18

<sup>35</sup> ό.π., σ. 29

**Το ανθρώπινο νευρικό σύστημα** χωρίζεται σε σωματικό και αυτονομικό. Το πρώτο εξασφαλίζει για εκούσιο και συχνά λογικό έλεγχο πάνω στους σκελετικούς μύες ενώ το δεύτερο για τις ακούσιες κινήσεις του καρδιακού, των μαλακών μυών και αδένων. Αν αυτή η αναλογία εφαρμοστεί στα κτήρια, το είδος της νοημοσύνης των έξυπνων κτηρίων θα μπορούσαμε να πούμε ότι περιλαμβάνει αυτονομικές αντιδράσεις ενώ οι σωματικές αντιδράσεις μπορεί να είναι αυτές που πραγματοποιούνται από τους χρήστες, για παράδειγμα το άνοιγμα ενός παραθύρου. Τα περισσότερα ευφυή κτήρια είναι ικανά να επιδεικνύουν αυτόματες-σωματικές αποκρίσεις από τις αποκαλούμενες «φυσικές αυτονομικές», ευφυείς αντιδράσεις, που μπορεί να είναι πιο κατάλληλες για πραγματικά ευφυή κτήρια στο μέλλον.<sup>[36]</sup>

---

<sup>36</sup> ό.π., σ. 18-19



### 3.3.Βιομιμητική – Καινοτόμα κελύφη εμπνευσμένα από τη φύση

Μηχανικοί, σχεδιαστές και αρχιτέκτονες συχνά ψάχνουν στη φύση για έμπνευση. Η εισαγωγή της ορολογίας των επιστημών της ζωής στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής παραδίδει νέες προοπτικές μπροστά στις καινοτομίες της αρχιτεκτονικής και του σχεδιασμού.<sup>[37]</sup>

Κάποια κτήρια είναι σχεδιασμένα ώστε να δείχνουν σαν φυσικοί οργανισμοί. Τις περισσότερες φορές, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αστεία ή εικονικά κτήρια αλλά η μίμηση της εμφάνισης των οργανισμών μπορεί να είναι και λειτουργική. Δομικοί μηχανικοί έχουν επιτυχώς μελετήσει την φυλλοταξία (την διάταξη των φύλλων στα φυτά) για την βελτιστοποίηση των κατασκευών τους. Αλλά τι αν τα κτήρια δεν μοιάζουν μόνο στο φυσικό τους ισοδύναμο αλλά επίσης συμπεριφέρονται και σαν ζωντανοί οργανισμοί. Για παράδειγμα τα φύλλα του ιβίσκου ανοίγουν κατά την διάρκεια της ημέρας και κλείνουν τη νύχτα. Ένας χαμαιλέοντας μπορεί να αλλάζει το χρώμα του κάτω από ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η ανταλλαγή αερίων από τα στόματα των φύλλων είναι μια λειτουργία σχετικής υγρασίας.

Ένας ξεχωριστός τύπος βιομιμητικής σχετιζόμενος με δυναμικά κελύφη είναι η ιδέα του **τροπισμού**. Ο τροπισμός ορίζεται ως η κίνηση που βρίσκεται στη φύση υποθάλποντας προσαρμοστικότητα στην αλλαγή. Τόσο ο φωτοτροπισμός (για παράδειγμα η αλλαγή σε απόκριση στο φως) όσο και ο ηλιοτροπισμός (η αλλαγή σε απόκριση στον ήλιο) έχουν μεταμορφωθεί αποδοτικά στα κτήρια σε συλλήψεις δυναμικών κελυφών, ενεργοποιώντας την δράση να συλλέξει ή να απορρίψει την ηλιακή ενέργεια.<sup>[38]</sup> Παρ' όλα αυτά η παραλληλία των βιολογικών παραδειγμάτων στην αρχιτεκτονική δεν είναι άμεση, αλλά παρά τις προσπάθειες σε αυτή την περιοχή έρευνας ένα ανοιχτό ερώτημα ακόμα παραμένει: πως προχωράμε πέρα από τη μεταφορά.

#### Παραδείγματα βιομιμητικής αρχιτεκτονικής

Ένα παράδειγμα συστήματος ενεργητικού ελέγχου και αντίδρασης σε περιβαλλοντικές επιρροές, για παράδειγμα στον ήλιο και τον αέρα, είναι το περίφημο **“Heliotrope”** του **Rolf Disch** σχεδιασμένο το **1993**. Το πρωτότυπο αυτού του προϊόντος βρίσκεται στο Freiburg. Το κτήριο έχει μια σχεδόν στρόγγυλη κάτοψη, ένα κυλινδρικό σχήμα και έχει την ικανότητα να περιστρέφεται ανάλογα με τον ήλιο. Τα συστήματα εναλλαγής θερμότητας και τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην οροφή το καθιστούν επιπλέον μια ενεργειακή κατοικία.<sup>[39]</sup> Επομένως μπορεί να προσαρμόζει τις διαφορετικές θερμικές του ιδιότητες του εξωτερικού κελύφους. Ήταν το πρώτο κτήριο στον κόσμο που παρήγαγε περισσότερη ενέργεια από όση χρησιμοποιούσε, χωρίς εκπομπές και ήταν ουδέτερο σε εκπομπές CO<sub>2</sub>.<sup>[40]</sup> Το

<sup>37</sup> Petra Gruber, *The signs of life in architecture*, 2008 σ.1

<sup>38</sup> Roel Loonen, *Climate Adaptive Building Shells - What can we simulate*, 2010, σ. 17-18

<sup>39</sup> Petra Gruber, *The signs of life in architecture*, 2008, σ.6

<sup>40</sup> <http://www.wikipedia.org/>



μισό κτήριο καλύπτεται από υαλοστάσιο ενώ το άλλο μισό είναι καλά μονωμένο. Ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου αποφασίζει ποια πλευρά θα είναι εκτεθειμένη στο ήλιο.<sup>[41]</sup>

**Εικόνα 43, Heliotrop** Πηγή:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Helirotrope\\_\(building\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Helirotrope_(building))

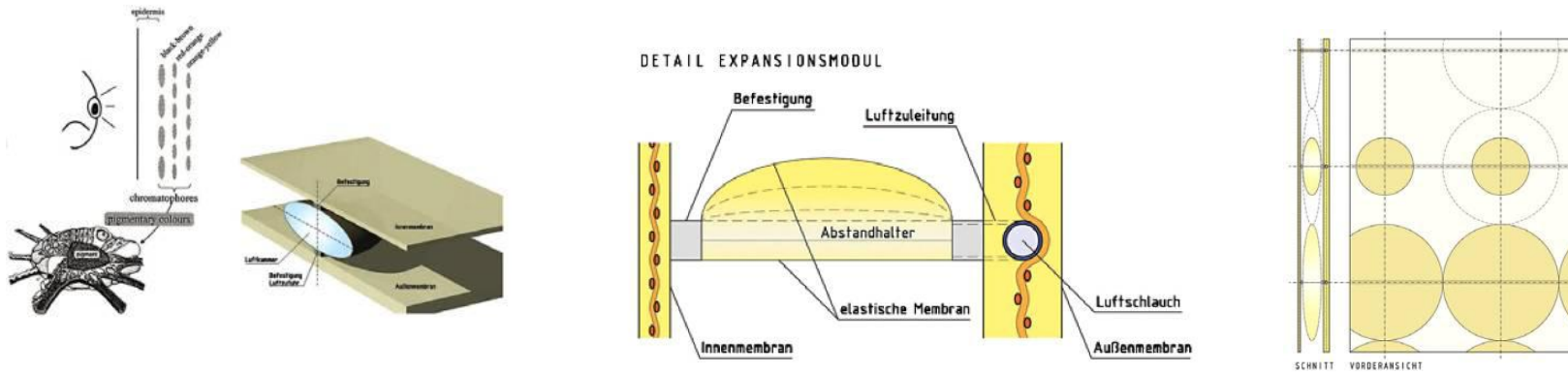
Ένα άλλο κέλυφος, βασιζόμενο στην έμπνευση από την χρωματική αλλαγή του δέρματος του κεφαλοπόδου, σχεδιάστηκε σαν μια πνευματική πρόσοψη με την επιλογή της χρωματικής αλλαγής από τον **Stefan Pfaffstaller**. Ανάμεσα στα δύο επίπεδα της πρόσοψης, ελαστικές μεμβράνες αλλάζουν όγκο με πνευματική πίεση, δημιουργώντας σκοτεινά σημεία στην επιφάνεια.<sup>[42]</sup> Με αυτό τον τρόπο αλλάζουν τα επίπεδα φυσικού φωτισμού και ηλιακών κερδών. Πίεση που λειτουργεί με αέρα είναι η κινητήριος δύναμη πίσω από τους προσαρμοστικούς μηχανισμούς.<sup>[43]</sup> Οι σωλήνες εξαερισμού μπορούν να ενσωματωθούν μέσα στην εσωτερική μεμβράνη του συστήματος. Το **“Aero Dimm” (2004)** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για το σκιασμό όπως και για την χρωματική αλλαγή.<sup>[44]</sup>

<sup>41</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.45

<sup>42</sup> Petra Gruber, *The signs of life in architecture*, 2008, σ.6

<sup>43</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.4

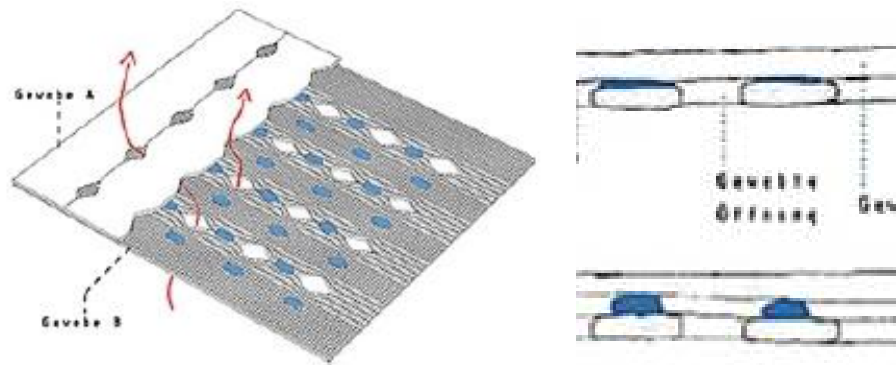
<sup>44</sup> Petra Gruber, *The signs of life in architecture*, 2008, σ.6



Εικόνες 44, 45, 46, Aero Dimm Πηγή: Petra Gruber, The signs of life in architecture, 2008

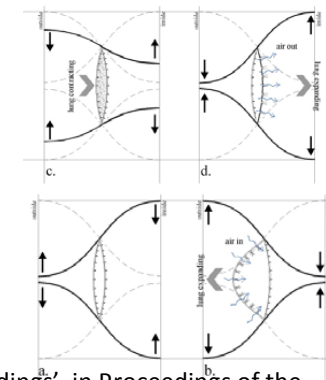
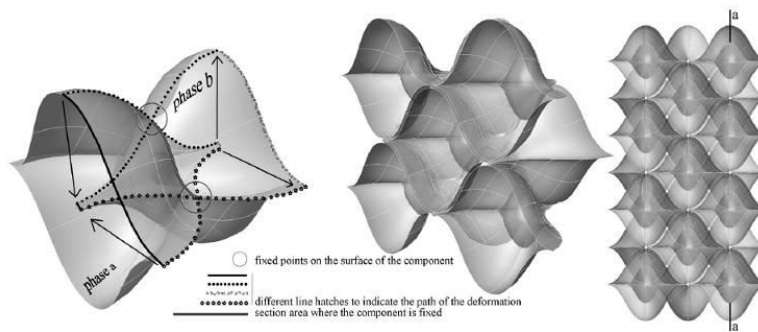
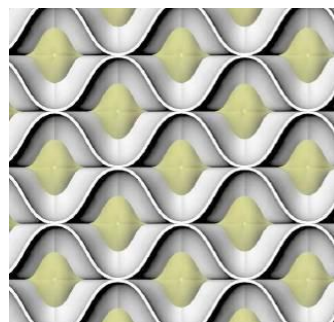
Ένα δυναμικό κέλυφος με αντίδραση στο επίπεδο του υλικού, είναι το "**Stomata Inspired Skin**" σχεδιασμένο από τον **Michael Murer**. Ουσιαστικά πρόκειται για το σχεδιασμό ενός έξυπνου υφάσματος εμπνευσμένο από τα «στόματα», τα ανοίγματα ανταλλαγής αερίων στα φύλλα των φυτών, για αερισμό ανάλογα με την υγρασία (**εικόνες 7, 8**). Δύο επίπεδα υφάσματος είναι έτσι τοποθετημένα ώστε τα ανοίγματα να μην υπερκαλύπτονται. Ο διαχωρισμός ανάμεσα στα επίπεδα εξασφαλίζεται από ένα πολυμερές το οποίο αλλάζει τον όγκο του ανάλογα με την αλλαγή της υγρασίας. Η αλλαγή στον όγκο οδηγεί σε αυξημένο διαχωρισμό και επιτρέπει την καλύτερη ροή του αέρα σε ολόκληρο το σύστημα του υφάσματος.<sup>[45]</sup>

<sup>45</sup> Petra Gruber, *The signs of life in architecture*, 2008, σ.6-7



Εικόνες 47, 48 Stomata inspired skin Πηγή: Petra Gruber, The signs of life in architecture, 2008

Ένα άλλο παράδειγμα βιομιμητικού κελύφους είναι το **“Bionic Breathing Skin”** της Lidia Badarnah στο **Technology University** στο **Delft** σχεδιασμένο το **2007**. Το κέλυφος μετατρέπεται σε ένα κατανεμημένο σύστημα αερισμού δια μέσου συστολών και διαστολών μιας ελαστικής μεμβράνης. Η επιδερμίδα εκτελεί μια διαδικασία εισπνοής και εκπνοής μέσω πνευμόνων -σαν θαλάμους- εμπνευσμένους από την αναπνευστική επιφάνεια των θαλάσσιων σφουγγαριών. Ο συνεχώς εναλλασσόμενος ρυθμός παραμόρφωσης των λειτουργικών μονάδων, ελέγχεται μέσω πιεζοηλεκτρικών μηχανισμών κίνησης.



Εικόνες 49, 50, 51, 52 Bionic Breathing Skin Πηγή: Badarnah, L. and Knaack, U. (2007) ‘Bionic breathing skin for buildings’, in Proceedings of the International Conference SB07: Sustainable Construction, Materials and Practices

Στο **“iHomeLab”** των **Lischer Partner Architekten** στο **Lucerne** της Ελβετίας σχεδιασμένο το **2008**, εναλλάξ κάθε άλλη κινητή γρίλια, μπορεί να εξαναγκαστεί να καμπυλώσει και με αυτό τον τρόπο να ελέγξει το επίπεδο του ηλιακού φωτός και τα ηλιακά κέρδη που εισέρχονται στο κτήριο. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του η μεμβράνη λειτουργεί λίγο πολύ σαν τα βράγχια του ψαριού. Τη νύχτα, η μεμβράνη αλλάζει χρώμα όταν και όπου άνθρωποι προσεγγίζουν το κτήριο.



Εικόνα 53, iHomeLab Πηγή: <http://www.lischer-partner.ch>

Στο **“Living glass”** του αρχιτεκτονικού γραφείου **The living** σχεδιασμένο το **2005** είναι ένα ελαστικού σχήματος κράμα καλωδίων ελέγχει το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα στο δωμάτιο. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα αναγκάζουν τα καλώδια σε συστολή και ανοίγουν σχισμές χαραγμένες στο τζάμι ώστε να επιστρέψουν τον φρέσκο αέρα να εισρεύσει. Εμπνευσμένο και αυτό από τα βράγχια, το αναπνευστικό όργανο που ελέγχει την απορρόφηση του οξυγόνου και την έκκριση του διοξειδίου του άνθρακα στους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς.



Εικόνες 54, 55, Living glass Πηγή: <http://www.thelivingnewyork.com>

Το “**Grow**” των **Smit** σχεδιασμένο το **2010** που μιμείται κυρίως την μορφή των φύλλων του κισσού, στη Νέα Υόρκη πρόκειται για μία συσκευή παραγωγής υβριδικής ενέργειας που παρέχει ισχύ μέσω του ήλιου και του αέρα. Τα ηλιακά φύλλα λειτουργούν σαν μικρο -σταθμοί παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιώντας λεπτές φωτοβολταϊκές μεμβράνες με πιεζοηλεκτρικές γεννήτριες και εκτυπωμένο αγωγίμο μελάνι συμπυκνωμένο σε ελάσματα από ETFE fluoroopolymer.



Εικόνες 56, 57, **Grow** Πηγή:<http://www.s-m-i-t.com>

Το “**Aperture**” των **Frederic Eyl** και **Gunnar Green** σχεδιασμένο το **2005** είναι μια εγκατάσταση πρόσοψης που συνίσταται από ένα σύστημα ιριδιακών διαφραγμάτων. Όπως η ίριδα του ανθρώπινου ματιού και οι ίριδες στους φακούς της φωτογραφικής κάμερας, αντιδρούν στο φως, διαπλατώνονται και αντιδρούν με αυξομειώσεις στην ένταση του εισερχόμενου φωτός. Ο βαθμός ανοίγματος ελέγχεται διαμέσου αντιστάσεων που εξαρτώνται από το φως, που θέτουν σε κίνηση σερβοκινητήρες.



Εικόνες 58, 59, **Aperture** Πηγή:<http://www.fredericeyl.de/aperture>

Το "**Weather sensitive envelope**" του **Axel Ritter (1997)** είναι μια πολυαντιδραστική μηχανομεμβράνη, βιονικά εμπνευσμένη από τις ποικίλες λειτουργίες του ανθρώπινου δέρματος. Αυτός ο διαδηλωτής τεχνολογίας έχει την ικανότητα να αλλάζει χρώμα, να αξιοποιήσει εξατμιστικό δροσισμό και να ανυψώνει τριχοειδή στοιχεία σε ανταπόκριση στις αλλαγές της θερμοκρασίας και στην υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Η σύλληψη λειτουργεί μέσω ενός πολύπλοκου συστήματος θερμοδιμετάλλων, κεραμικών που απορροφούν το νερό, φίλτρα χρώματος, ελαστικών ταινιών, όλα συνδεδεμένα σε μια ευέλικτη υφασμάτινη μεμβράνη. [<sup>46</sup>]

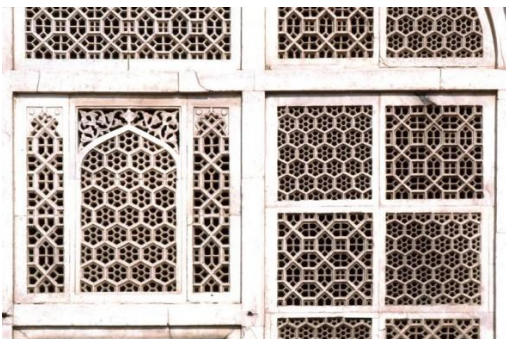


**Εικόνες 60, Weather sensitive envelope** Πηγή: Ritter, A. (2007) *Smart Materials – in architecture, interior architecture and design*, Basel: Birkhäuser

<sup>46</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.8, 14, 43, 48, 54, 97

#### 4. Ηλιακά ίχνη και οπτική άνεση - Το παράδειγμα του Arab World Institute

Ένα ζήτημα που τίθεται συνήθως με την τοποθέτηση προσαρμοστικής επιφάνειας στην πρόσοψη ενός κτηρίου είναι τα ηλιακά ίχνη και η σκιές που δημιουργεί. Ιδιαίτερα όταν αυτά προσπίπτουν πάνω στην επιφάνεια εργασίας σε χώρους όπως βιβλιοθήκες, χώροι ανάγνωσης, συνεδριάσεων κ.λ.π τότε δημιουργείται το πρόβλημα αυτό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (που θυμίζει αυτό της έμμεσης θάμβωσης που προκαλείται εξαιτίας της αντανάκλασης των φωτεινών πηγών σε έντονα ανακλαστικές επιφάνειες με αποτέλεσμα το σχηματισμό ειδώλων της φωτεινής πηγής στο πεδίο της όρασης). Τυπικό παράδειγμα αυτού του φαινομένου είναι το παράδειγμα του Arab World Institute όπου ο χώρος της βιβλιοθήκης φωτίζεται και σκιάζεται από τα περίτεχνα διαφράγματα της πρόσοψης που αποτελεί μια μοντέρνα ερμηνεία του αραβικού mashrabiya (ένας τύπος περικλειστού αραβικού παραθύρου σκαλισμένου σε ξύλο σχεδιασμένο να επιτρέπει τον ήλιο και τον αέρα να εισέρχεται αλλά και να κρατάει τις γυναίκες μακριά από τη δημόσια θέα).<sup>[47]</sup>



**Εικόνα 59, Αραβικό Mashrabiya** Πηγή:

<http://matsysdesign.com/studios/compositebodies/tag/mashrabiya/>



**Εικόνα 61, Η βιβλιοθήκη του Arab World Institute** Πηγή:

<http://lettredeparis.com/content/articles/linstitut-du-monde-arabe-tour-de-force>

**Εικόνα 62, Η βιβλιοθήκη του Arab World Institute** Πηγή:

[www.core.org.cn/OcwWeb/Architecture/4-607Thinking-About--Architecture--In-History-and-At-PresentFall2002/CourseHome/-index.htm](http://www.core.org.cn/OcwWeb/Architecture/4-607Thinking-About--Architecture--In-History-and-At-PresentFall2002/CourseHome/-index.htm)

<sup>47</sup> <http://moreaedesign.wordpress.com/>





Εικόνα 63, Φωτορεαλιστική απεικόνιση του χώρου της βιβλιοθήκης στο Arab World Institute

## 5.Smart materials:

Με την εκμετάλλευση της προόδου στην επιστήμη των υλικών, και χάρη στην ευρεία διαθεσιμότητα των αισθητήρων και των μηχανισμών κίνησης, υπάρχει ένα ευρύ σύνολο από τεχνολογικές επιλογές ώστε να γίνει ένα κτηριακό κέλυφος προσαρμόσιμο. Παρ' όλα αυτά η εφαρμογή των έξυπνων κτηριακών κελυφών παραμένει περιορισμένη.

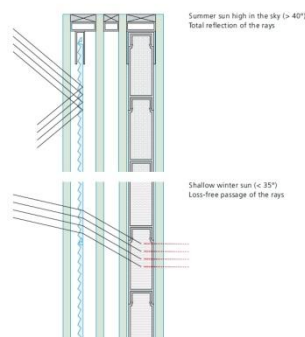
### 5.1.Phase Change Materials – Υλικά αλλαγής φάσης

Είναι γνωστό ότι η αλλαγή φάσης ενός υλικού από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο ακολουθείται από ταυτόχρονη ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον, η οποία είναι αποτέλεσμα της αναδιάταξης της μοριακής του κατάστασης.

Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι ανόργανα άλατα και παραφίνες των οποίων η χρήση αυξάνει τη θερμική αποθήκευση των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Σε θερμοκρασία δωματίου είναι στερεάς μορφής. Όταν η θερμοκρασία ανέβει, το υλικό υγροποιείται, καθώς απορροφά και αποθηκεύει θερμότητα. Η θερμότητα που απορροφάται κατά τη διάρκεια τήξης του υλικού απελευθερώνεται με καθυστέρηση κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η εσωτερική θερμοκρασία πέφτει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον δροσισμό των κτηρίων.

Τα υλικά αλλαγής φάσης προσφέρονται συνήθως σε σφραγισμένες πλαστικές συσκευασίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται με μεταλλικά συστήματα στήριξης, είναι όμως διαθέσιμα και στη μορφή επιστρώσεων τοίχων (PCM wall boards)<sup>[48]</sup> και άλλες μορφές (Τοίχος Trombe με PCM, PCM building blocks, παραθυρόφυλλα PCM, ενεργειακά παράθυρα).

#### PCM σε έξυπνα κτηριακά κελύφη:



Εικόνες 64, GlassX Πηγή:

<http://greenspec.buildinggreen.com/blogs/high-tech-glazing-phase-change-material>

<sup>48</sup> Σοφία Κεσίδου, "Νέες τεχνολογίες στα δομικά υλικά- Για αιεφορία και εξοικονόμηση ενέργειας στις κατασκευές", *Κτήριο*, 2009, σ.189

Ο Ελβετός αρχιτέκτονας **Dietrich Schwarz** εμπορευματοποίησε ένα σύστημα με τη δική του εταιρία GlassXAG χρησιμοποιώντας PCM από Dorken. Το **GlassX** ένας υψηλής τεχνολογίας υαλοπίνακας από την Ευρώπη με υλικά αλλαγή φάσης για αποθήκευση θερμότητας, έχει μόλις εισαχθεί στη Βόρεια Αμερική και ο οποίος λειτουργεί ως εξής: μια εξωτερική μονάδα μονωμένου υαλοπίνακα (IGU) έχει ένα διακοπτόμενο πρισματικό φίλτρο μεταξύ των υαλοπινάκων που αντανακλά το υψηλότερης γωνίας φως του ήλιου πίσω, ενώ διαβιβάζει το χαμηλής γωνίας φως του ήλιου προσφέροντας έτσι ένα «παθητικό» μηχανισμό ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για νοτίου προσανατολισμού γυαλί. Με αυτό τον τρόπο κρατείται μακριά η περισσότερη από την υψηλή ηλιακή καλοκαιρινή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα επωφελούμαστε από τη χαμηλότερης γωνίας ηλιακή χειμερινή ακτινοβολία. Το φως του ήλιου που τα καταφέρνει μέσω αυτής της εξωτερικής IGU περνά σε μια εσωτερική IGU που είναι γεμάτη με σφραγισμένα πολυκαρβονικά κανάλια εντός των οποίων είναι ενσωματωμένο ένα διαφανές ένυδρο άλας PCM. Τα PCMs αποθηκεύουν πολλή θερμότητα καθώς αλλάζουν φάση από στερεό σε υγρό (τήξη) σε ένα στενό εύρος θερμοκρασιών και απελευθερώνουν εκείνη τη θερμότητα καθώς κρυστώνουν. Το ένυδρο άλας που χρησιμοποιείται στο GlassX λιώνει και παγώνει σε εύρος θερμοκρασίας 79-86 °F (26-30 °C).

Δύο ξεχωριστές επικαλύψεις χαμηλής εκπομπής και χαμηλής αγωγιμότητας αερίου, που γεμίζει εξωτερικά τους δύο σφραγισμένους χώρους γυαλιού βοηθούν στην ώθηση της θερμότητας από το PCM προς τα μέσα, ενώ επιβραδύνεται η απώλεια θερμότητας προς τα έξω. Η διαπερατότητα άμεσης δέσμης φωτός (με την προϋπόθεση ότι το φως του ήλιου δεν είναι αποκλεισμένο από το στρώμα του πρίσματος) είναι έως και 45% όταν τον PCM είναι υγρό και μέχρι 28%, όταν το PCM έχει κρυσταλλωθεί. Μαζί με το να κάνει μια εξαιρετικά καλή δουλειά στο να εμποδίζει την απώλεια θερμότητας, ο υαλοπίνακας αποθηκεύει θερμότητα σαν ένας τοίχος Trombe (ή τοίχος θερμικής αποθήκευσης).<sup>[49]</sup>

Το κρύσταλλο GlassX ουσιαστικά ενσωματώνει 4 λειτουργίες σε μια ξεχωριστή μονάδα: διάφανη μόνωση, προστασία υπερθέρμανσης, μετατροπή ενέργειας και θερμική αποθήκευση. Το στοιχείο κλειδί είναι η λεπτή διάφανη υπομονάδα θερμικής αποθήκευσης PCM η οποία έχει χωρητικότητας αποθήκευσης ισοδύναμη με περίπου 20 εκατοστά μπετόν.<sup>[50]</sup>



Εικόνα 65, GlassX Πηγή: <http://www.glassx.ch/>

<sup>49</sup> <http://greenspec.buildinggreen.com/>

<sup>50</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 Climate Adaptive Building Shells*, 2010, σ.41

## 5.2.Υαλοπίνακες

Οι συνήθεις κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

### **Ανακλαστικοί υαλοπίνακες:**

Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.

### **Έγχρωμοι υαλοπίνακες:**

Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

### **Απορροφητικοί υαλοπίνακες:**

Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

### **Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e) :**

Εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.

### **Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες:**

Εκτός από τους συνήθεις διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.<sup>[51]</sup>

**Υαλοπίνακες που μπορούν να μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες:**

**Ηλεκτροχρωμικοί :**

Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος. Γνωστό και ως Smartglass είναι ουσιαστικά ένα καινοτόμο γυαλί που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει χωρίσματα, παράθυρα ή φεγγίτες. Επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν την ποσότητα του φωτός ή της θερμότητας που περνά μέσα από το γυαλί.<sup>[52]</sup>



Εικόνα 66, Ηλεκτροχρωμικό γυαλί Πηγή:  
<http://www.citiglass.cn/ProductShow.asp?ID=51>

**Φωτοχρωμικοί:**

Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας. Το ανόργανο αυτό γυαλί είναι ικανό να αλλάζει αντιστρεπτά την μετάδοση του φωτός στο ορατό φάσμα του φωτός όταν εκτεθεί σε υπεριώδεις ή μικρού κύματος ορατή ακτινοβολία.<sup>[53]</sup>

<sup>51</sup> <http://www.cres.gr>

<sup>52</sup> <http://www.smartglassinternational.com/>

<sup>53</sup> <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/>



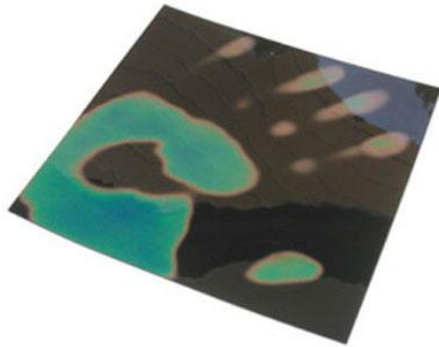
**Εικόνα 67, Φωτοχρωμικοί φακοί** Πηγή: <http://www.made-in-china.com/showroom/wengweng/product-detailWtmQbSEIOYje/China-Photochromic-Lens-Transition-Lens-TY-058-.html>

**Θερμοχρωμικοί** Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι. Με εισαγωγή θερμικής ενέργειας επέρχεται αλλαγή στη μοριακή δομή του υλικού με αποτέλεσμα η νέα δομή να παρουσιάζει διαφορετική φασματική ανακλαστικότητα. Συνεπώς αλλάζει το χρώμα του υλικού, δηλαδή η ανακλώμενη ακτινοβολία από την περιοχή του φάσματος που είναι ορατή στο μάτι.<sup>[54]</sup>



**Εικόνα 68, Θερμοχρωμικό παράθυρο** Πηγή: <http://olioboard.com/>

<sup>54</sup> Μαχαιρίδου Δέσποινα, *Smart buildings, responsive kinetic architecture - Ανακαλύπτοντας το νέο τρόπο κατοίκησης και το νέο χρήστη*, 2007, σ. 79



**Εικόνα 69, Θερμοχρωμικό φύλλο** Πηγή:

[http://www.mindsetsonline.co.uk/porup\\_image.php?rID=548](http://www.mindsetsonline.co.uk/porup_image.php?rID=548)

#### **Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων :**

Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς. Με ένα διακόπτη αμέσως δημιουργεί ένα ιδιωτικό περιβάλλον. Όταν εφαρμόζεται ρεύμα ενός λεπτού μια άμεση αντίδραση ευθυγραμμίζει τα σωματίδια υγρών κρυστάλλων στο γυαλί επιτρέποντας την ορατότητα. Όταν το ρεύμα απομακρύνεται τα σωματίδια διασκορπίζονται, αντικαθιστώντας την ορατότητα με ιδιωτικότητα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξωτερικά παράθυρα, χωρίσματα-οθόνες, πόρτες, οθόνες καταμέτρησης, διαφημιστικές προβολές και άλλα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα σχήματα, καμπυλα πανέλα, μονάδες διπλού υαλοπίνακα κ.α. [<sup>55</sup>]



**Εικόνα 70, Παράθυρο υγρών κρυστάλλων** Πηγή:

<http://www.glassonweb.com/articles/utills/print.php?id=380>

<sup>55</sup> <http://www.glassonweb.com/>

### 5.3. Άλλα έξυπνα υλικά

#### Aerogel:

Το aerogel για πρώτη φορά δημιουργήθηκε από τον Samuel Stephens Kistler το 1931 σαν αποτέλεσμα από ένα στοίχημα με τον Charles Learned για το ποιος θα μπορούσε να αντικαταστήσει το υγρό με αέρα χωρίς να προκαλέσει συρρίκνωση.<sup>[56]</sup>

Ονομαζόμενο «παγωμένος καπνός», το aerogel είναι ένα εξαιρετικά ελαφρύ υλικό με πυκνότητα μόνο τρεις φορές από αυτού του αέρα. Ο περισσότερος όγκος του είναι επίσης γεμάτος από αέρα. Αυτό κάνει το aerogel μια εξαιρετική μόνωση και παρέχει σχεδόν 40 φορές την μονωτική ικανότητα του fiberglass. Μπορεί να αντέξει τεράστιες πιέσεις και είναι μία εξαιρετική ηχομόνωση. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απορροφήσει την ατμοσφαιρική μόλυνση.

Είναι διαθέσιμο για υψηλής απόδοσης εφαρμογές, αλλά λόγω του υψηλού κόστους δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Παρ' όλα αυτά προσπάθειες επιστημόνων προσφέρουν τη δυνατότητα για δραστική μείωση του κόστους παραγωγής του aerogel που θα μπορούσε να οδηγήσει σε νέες δυνατότητες για τη χρήση του σαν υλικό κτηριακής μόνωσης.

Επειδή το aerogel είναι ημιδιάφανο αντί για εντελώς διάφανο μία από τις εφαρμογές που έχει πρωτίστως χρησιμοποιηθεί είναι αρχιτεκτονικές εφαρμογές και πανέλα φυσικού φωτισμού. Ταυτόχρονα έχουν μόνωση R- value ισάξια ή καλύτερη από έναν μονωμένο τοίχο σε ένα καινούργιο σπίτι. Αυτά τα παράθυρα δεν προσφέρουν θέα, αλλά επιτρέπουν ένα μεγάλο ποσοστό φωτός να μεταδοθεί, επιτρέποντας το διάχυτο φως, το οποίο είναι καλύτερη μέθοδος φωτισμού χωρίς να παράγει την ανεπιθύμητη θάμβωση.



**Εικόνα 71, Ένα λουλούδι πάνω σε ένα κομμάτι από aerogel το οποίο κρέμεται πάνω από ένα καυστήρα. Το λουλούδι είναι προστατευμένο από τη φλόγα. Πηγή :**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>

<sup>56</sup> <http://www.wikipedia.org>



Αν οι τιμές του aerogel γίνουν σημαντικά χαμηλότερες, θα είναι δυνατόν να δούμε υψηλής μόνωσης πανέλα να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές μορφές μόνωσης.<sup>[57]</sup>

#### Aerogel σε δυναμικά κελύφη:

#### Eclipsis Shutter Shade – Virginia Tech’s Entry to US DOE Solar Decathlon competition | 2009:

Το σκίαστρο έκλειψις είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ασάλι και ένα ημιδιάφανο πολυκαρβονικό πανέλο γεμάτο με αεροζέλ. Τα σκίαστρα μπορούν να γλιστράνε κατά μήκος της νότιας και της βόρειας πρόσοψης, εξασφαλίζοντας προστασία από το άμεσο ηλιακό φως καθώς ταυτόχρονα επιτρέπει το έμμεσο φυσικό φως, θεάσεις προς το εξωτερικό και ιδιωτικότητα για αυτούς στο εσωτερικό. Το έξυπνο σύστημα της κατοικίας συλλέγει πληροφορίες από τον μετεωρολογικό σταθμό στην οροφή ώστε να ελέγχει αυτόματα τις οθόνες. <sup>[58]</sup>



Εικόνα 73, Eclipsis Shutter Shade Πηγή: <http://www.flickr.com/afagen>

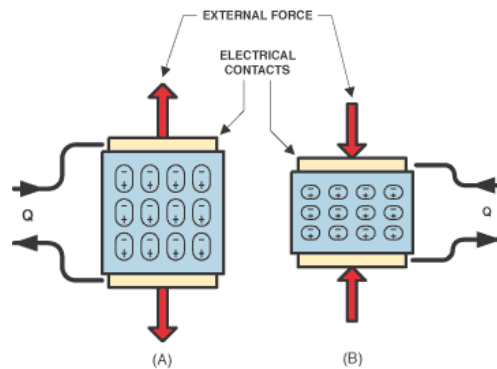
Εικόνα 72, Eclipsis Shutter Shade Πηγή: <http://lumenhaus.blogspot.com/>

<sup>57</sup> <http://greenbuildingelements.com/>

<sup>58</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010. σ.30

### Πιεζοηλεκτρικά υλικά

Με εισαγωγή ελαστικής ενέργειας (τέντωμα) παράγεται ηλεκτρική ροή. Τα περισσότερα πιεζοηλεκτρικά υλικά είναι δικατευθυντικά, καθώς τα αποτελέσματα μπορούν να αναστραφούν με εφαρμογή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα υλικά παρουσιάζουν μια μικρή αλλαγή στις διαστάσεις τους όταν υπόκεινται σε ηλεκτρικό πεδίο. Παρ' όλα αυτά κάποια υλικά επίσης επιδεικνύουν και το αντίστροφο αποτέλεσμα με την ανάπτυξη ηλεκτρικής πολικότητας στην εφαρμογή έντασης και του επακόλουθου τεντώματος. Αυτά είναι τα πιεζοηλεκτρικά. Δηλαδή μετατρέπουν ενέργεια από ηλεκτρική σε μηχανική και αντίστροφα. Η ένταση είναι πολύ μικρή της τάξης του 0.1-0.3 %. Χρησιμοποιούνται σαν αισθητήρες και μηχανισμοί κίνησης.<sup>[59]</sup>



**Εικόνα 73, Τάση που εφαρμόζεται σε πιεζοηλεκτρική μήτρα προκαλεί να αλλάξει το σχήμα του. Πηγή:**  
<http://www.ifa.hawaii.edu/ao/pages/definitions.php>

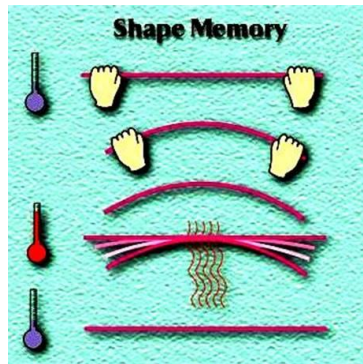
### Πιεζοηλεκτρικά υλικά σε έξυπνα κτηριακά κελύφη:

Τα προηγούμενα σχεδιαστικά παραδείγματα των Bionic Breathing Skin της Lidia Badarnah στο TUDelft στην Ολλανδία και το Grow των Smit στην Νέα Υόρκη χρησιμοποιούν πιεζοηλεκτρικά υλικά σαν μηχανισμούς κίνησης για την κίνηση των μονάδων στο κέλυφος.

<sup>59</sup> <http://www.designinsite.dk/>

**Shape Memory Alloys:**

Τα SMA είναι μέταλλα που μπορούν να αλλάξουν το σχήμα τους όταν θερμαίνονται σε μια θερμοκρασία ενεργοποίησης. Ουσιαστικά επιδεικνύουν δύο μοναδικές ιδιότητες, την ψευδο-ελαστικότητα και το φαινόμενο μνήμης σχήματος. Όταν είναι ψυχρά είναι εύπλαστα και μπορούν να αλλάξουν σχήμα σαν ένα τυπικό μέταλλο. Παρ' όλα αυτά όταν θερμαίνονται μέχρι να ξανανεργοποιηθούν, επιστρέφουν στο προκαθορισμένο τους σχήμα. Σε ατομικό επίπεδο η κρυσταλλική δομή από ένα SMA υλικό αλλάζει με τη θερμότητα από μια κανονική δομή σε μια άλλη. Παρ' όλα αυτά ενώ όλα τα μέταλλα θα αλλάξουν σχήμα με την θερμότητα (π.χ. θα λιώσουν) τα SMA αλλάζουν όλα σχήμα σε στερεά μορφή και η αλλαγή αυτή είναι αντιστρεπτή. Το πιο συνήθως χρησιμοποιούμενο SMA είναι το ντινόν (νικέλιο-τιτάνιο). Επειδή τα SMA είναι ελαφρύτερα από τους συνήθεις μηχανισμούς κίνησης, μπορούν να ενεργοποιηθούν για να δημιουργήσουν πολλά είδη κίνησης.<sup>[60]</sup>



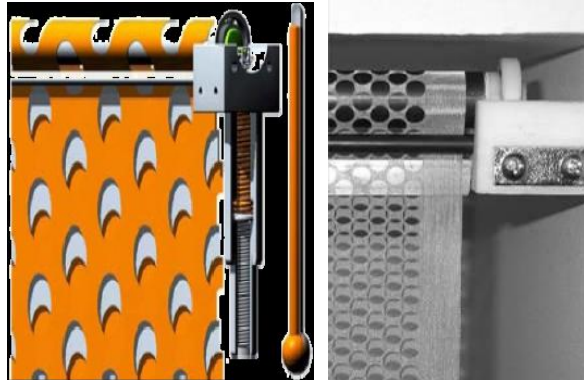
**Εικόνα 74, Αλλαγή σχήματος SMA** Πηγή:

[http://www.steelguru.com/article/details/Njg=/Shape\\_memory\\_alloys.html](http://www.steelguru.com/article/details/Njg=/Shape_memory_alloys.html)

<sup>60</sup> <http://blog.makezine.com/>

Shape Memory Alloys σε δυναμικά κελύφη:

Smart Screen – Martina Decker and Peter Yeadon | New York:



**Εικόνα 75, Smart Screen** Πηγή: Decker, M. and Yeadon, P (2008) *Smart Screen: Controlling solar heat gain with shape memory systems*, Boston Society of Architects Design Research Grants

Η συσκευή σκίασης ενεργοποιείται αυτόματα από τις αλλαγές στη θερμοκρασία του τοπικού εσωτερικού αέρα. Το έξυπνο υλικό R-Phase SMA ταυτόχρονα λειτουργεί και σαν αισθητήρας και σαν κινητήρας. Η προσαρμογή προκαλείται αυτόματα και κατ' επέκταση δεν καταναλώνει καθόλου καύσιμο ή ηλεκτρισμό.<sup>[61]</sup>

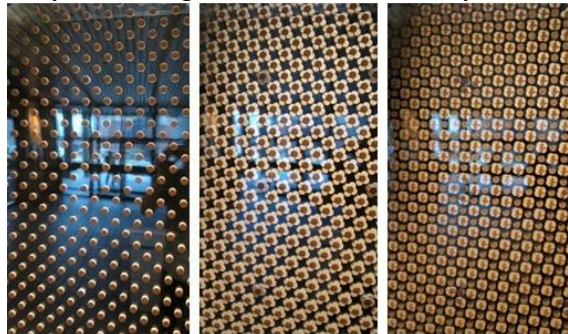
<sup>61</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.76

## 6.Σχεδιαστικά παραδείγματα - Case studies

Η κατηγοριοποίηση των παραδειγμάτων μπορεί να γίνει σε παράθυρα – σκίαστρα, προσόψεις, επιφάνειες, οροφές, τοίχους, συστήματα ή και ολόκληρο το κέλυφος ενός κηρίου (αν και η κατηγοριοποίηση δεν είναι πάντα διακριτή) ανάλογα με το τμήμα του κτηρίου που εκτελεί την προσαρμοστική συμπεριφορά..

### Παράθυρα – Υαλοπίνακες - Σκίαστρα:

#### Adaptive Fritting - Hoberman Associates | New York



Εικόνες 76, Adaptive Fritting Πηγή:

<http://www.adaptivebuildings.com/adaptive-fritting.html>

Το Adaptive fritting χτίζει πάνω στην πρακτική της καθιερωμένης φριτούρας με την πρόσθεση σε πραγματικό χρόνο δυναμικής κίνησης μέσω ελέγχου με κινητήρα. Τα πανέλα είναι προγραμματισμένα να σχηματίσουν ένα δυναμικό πεδίο όπου η μετάδοση του φωτός, η θεάσεις και η περίφραξη συνεχώς προσαρμόζονται και αλλάζουν. Καθώς τα πανέλα μετασχηματίζονται, το οπτικό φαινόμενο είναι αυτό από αραιές κουκίδες που "ανθίζουν" σε μια αδιαφανή επιφάνεια.<sup>[62]</sup> Οι μονάδες γυαλιού με τα κινητά κατακερματισμένα μοτίβα επιτρέπουν μια ευρεία γκάμα δυνατών διαφανειών. Χρησιμοποιούμε τον χειρισμό μιας επιφάνειας με ένα γραφικό μοτίβο, εμπνευσμένο από τη φύση, με σκοπό τον έλεγχο του ηλιακού κέρδους και την προσαρμογή του φωτός, ενώ επιτρέπει αρκετή διαφάνεια για οπτική άνεση. <sup>[63]</sup>

<sup>62</sup> <http://www.adaptivebuildings.com/>

<sup>63</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.3

## Οροφές:

City of Justice- Foster + Partners | Madrid, Spain | 2006-2001



Εικόνα 77, City of Justice Πηγή: <http://www.hoberman.com>

Εξαγωνικές μονάδες σκίασης θα καταλάβουν το κεντρικό κυκλικό αίθριο καθώς και τα οχτώ περιφερειακά αίθρια του συμπλέγματος. Όταν επεκτείνεται, το σύστημα καλύπτει το σύνολο του τριγωνικού πλέγματος της οροφής. Ένας κατά παραγγελία αλγόριθμος που συνδυάζει ιστορικά δεδομένα ηλιακών κερδών με την αντίληψη των επιπέδων φωτισμού σε πραγματικό χρόνο μπορεί να ελέγξει τις μονάδες σκίασης.<sup>[64]</sup>

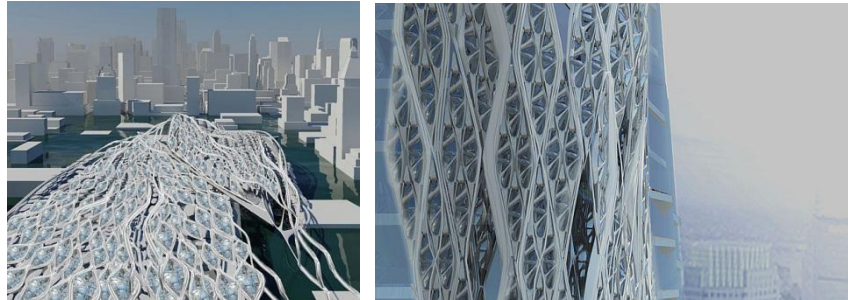


Εικόνα 78, City of Justice Πηγή: <http://www.hoberman.com/>

<sup>64</sup>Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.22

## Επιφάνειες:

### Solar Skin–Studio Formwork | 2010



**Εικόνα 79, Super Solar Skin** Πηγή:

<http://www.ecofriend.com/eco-tech-inflatable-solar-skin-allows-inefficient-buildings-to-generate-solar-energy.html>

Το Solar Skin είναι ένα ελαφρύ ενοποιημένο σύστημα “φουσκωτών” ηλιακών στοιχείων που μπορούν να δεθούν ώστε να σχηματίσουν μια προσωρινή επιδερμίδα που εξασφαλίζει σε ένα ανεπαρκές κτήριο πρόσβαση στην αυξανόμενη τάση της επιτόπου ενεργειακής παραγωγής μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων χωρίς καμία “ανακαίνιση”.<sup>[65]</sup>

---

<sup>65</sup> <http://www.ecofriend.com>

**Προσόψεις:****Bioreactive Façade - Arup | Hamburg Wilhelmsburg| 2013****Εικόνες 80, Bioreactive Façade** Πηγή:

<http://oliveventures.com.sg/act/2012/09/15/meanwhile-in-germany-the-worlds-first-bio-adaptive-façade-installed-on-zero-energy-house/>

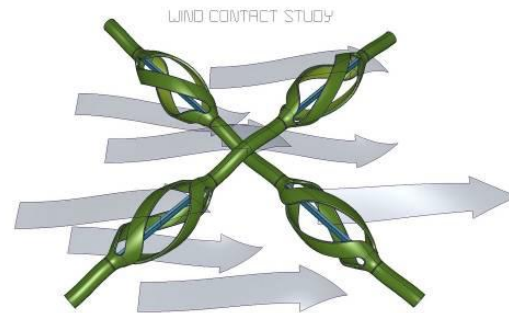
Η ιδέα της πρόσοψης είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε η άλγη στις βιο-αντιδραστικές προσόψεις να μεγαλώνουν γρηγορότερα στο λαμπρό φως ώστε να εξασφαλίζουν περισσότερη εσωτερική σκίαση. Οι “βιο-αντιδραστήρες” όχι μόνο παράγουν βιομάζα που μπορεί επακόλουθα να “θεριστεί” αλλά μπορούν και να αιχμαλωτίσουν την ηλιακή θερμότητα – και οι δύο ενεργειακές πηγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν κινητήρια δύναμη στο κτήριο. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η φωτοσύνθεση οδηγεί μία δυναμική απόκριση στην ποσότητα της ηλιακής σκίασης που απαιτείται, ενώ η μικρο-άλγη που αναπτύσσεται στις γυάλινες περσίδες παρέχει μία καθαρή πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. <sup>[66]</sup>

<sup>66</sup> <http://www.oliveventures.com.sg/>



**Κελύφη:**

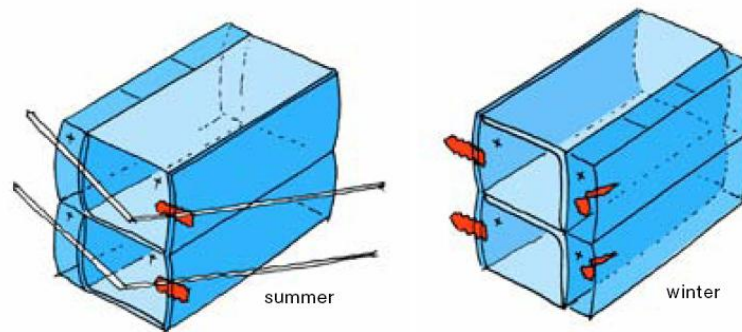
**Nano Vent Skin – Augustin Otegui | 2008**



**Εικόνες 81, Nano Vent Skin** Πηγή:  
<http://nanoventskin.blogspot.gr/>

Το έργο προσπαθεί να κάνει υπαρκτά αντικείμενα πιο πράσινα με μια επιδερμίδα φτιαγμένη από ανεμοτουρμπίνες. Η κινητική ενέργεια του αέρα μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και την ίδια στιγμή, διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται μέσω οργανισμών μέσα στις τουρμπίνες. Η εξωτερική επιδερμίδα της κατασκευής απορροφά το ηλιακό φως μέσω οργανικής φωτοβολταϊκής επιδερμίδας [67]

<sup>67</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.15

**Τοίχοι:****Liquid Facade – Ulrich Knaack | TU Delf, The Netherlands | 2006**

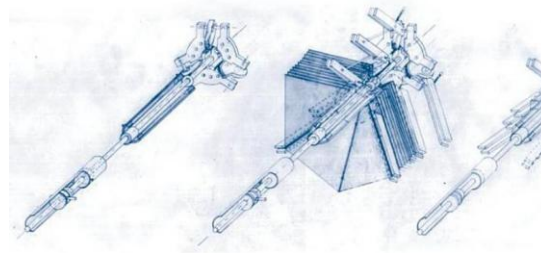
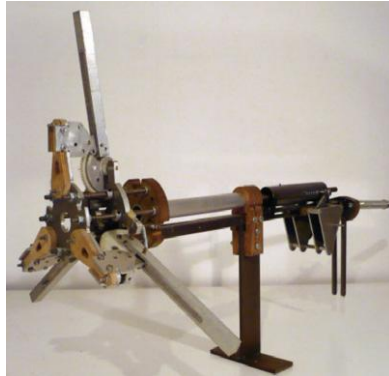
**Εικόνα 82, Liquid Facade** Πηγή: Knaack, U., Klein, T. and, Bilow, M (2008)  
Imagine 01 – Façades, Rotterdam: 010 Publishers

Το νερό χρησιμοποιείται για τη θερμική του μάζα και την αποθηκευτική ικανότητα ενέργειας και το σύστημα έχει επίσης φέρουσα ικανότητα. Οι αξίες της μόνωσης μπορούν να ελεγχθούν πνευματικά αλλάζοντας τη θέση του γεμάτου με νερό θαλάμου. Σε μελλοντικές γενιές το νερό θα μπορεί να χρησιμοποιείται για τη συλλογή θερμικής ενέργεια για να παρέχει θέρμανση και ψύξη στα συστήματα του κτηρίου.<sup>[68]</sup>

<sup>68</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.57

**Συστήματα:**

**Nocturnal Ventilator – Nick Browne | Bartlett School of Architecture | London, UK | 2005**



**Εικόνα 83, Nocturnal Ventilator** Πηγή: Lim, C (2006) *Devices: a manual of architectural + spatial machines*, Architectural Press

Το σύστημα αποθηκεύει θερμικώς παραγόμενη κίνηση από ένα έμβολο κεριού με την ημερήσια αλλαγή θερμοκρασίας σε ένα μηχανισμό εκτόξευσης. Η εκτόξευση απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας μέσω ενός πανέξυπνου μηχανισμού και αυτό δημιουργεί έναν άνεμο που διαρκεί για ώρες. Παράταξη από ανεμιστήρες μπορεί να τοποθετηθεί σε υπάρχοντα κτήρια και να παρέχει τοπικό εξαερισμό χωρίς την κατανάλωση ενέργειας.<sup>[69]</sup>

<sup>69</sup> Roel Loonen, *Overview of 100 climate adaptive building shells*, 2010, σ.61

## 7.Συμπεράσματα

Τα δυναμικά κελύφη θα είναι ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία του κτηρίου στο μέλλον.

Το έξυπνο κέλυφος όπως έχει αναφερθεί, μέσα από τη θεώρηση της φύσης του, έχει κάποια συγγένεια με τα ανταποκρινόμενα και προσαρμοστικά συστήματα που βλέπουμε στη φύση και έτσι εμπνέει σε ένα βαθμό την πραγματική τεχνητή ευφυΐα, ενσωματώνοντας την μάθηση και μηχανισμούς αυτονομικής απόκρισης παρά απλά μηχανικό – αυτόματο έλεγχο.

Επίσης η γενιά των κτηρίων που έχουν χτιστεί τον τελευταίο αιώνα με την αυξανόμενη ανάγκη για εισαγωγή ενέργειας αποτελούν μια μη βιώσιμη κατεύθυνση για την εξέλιξη του χτισμένου περιβάλλοντος και ακόμη και μια κατεύθυνση που είναι και φιλοσοφικά μη ικανοποιητική. Τα κτήρια έχουν εξελιχθεί με έναν τρόπο που υποσκάπτει τη νομιμότητα τους και πιο προηγμένες μορφές κτηριακού περιβάλλοντος είναι απαραίτητες αν ο επεκτεινόμενος πληθυσμός της γης πρέπει να εξασφαλιστεί με άνετα κτήρια και με μια δίκαιη κατανομή της τεχνολογίας και της ενέργειας. Τα ενεργειακά φορτία, οι ανάγκες για πόρους και η παραγωγή μόλυνσης, αναμφίβολα στην παγκόσμια αποδοχή των τρεχουσών κτηριακών πρακτικών, δεν μπορούν να διατηρηθούν και είναι αυτό που δημιουργεί την παγκόσμια επιτακτικότητα για το σχεδιασμό έξυπνων κτηρίων.

Φυσικά μπορεί το πρόβλημα της ενέργειας να λυθεί με άλλο τρόπο. Τα φωτοβολταϊκά ή κάποια άλλη ηλεκτρο-ηλιακή τεχνολογία μπορεί να αναπτυχθεί και να υπηρετήσει την Αφρικανική ήπειρο. Αυτό μοιάζει πολύ λίγο πιθανό λόγω της συνεχούς υιοθέτησης του δυτικού τρόπου ζωής από μεγάλο αριθμό ανθρώπων με υψηλές φιλοδοξίες. Πρέπει σίγουρα να αλλάξουμε τον τρόπο που ζούμε, ή τον τρόπο που χτίζουμε ή και τα δύο.

Αυτό που χρειάζεται πλέον συζήτηση είναι περαιτέρω έρευνα και δοκιμές, για το αν τα υπό συζήτηση οικονομικά, περιβαλλοντικά και άλλα πλεονεκτήματα που αφορούν τους χρήστες μπορούν να αποδειχθούν αποτελεσματικά. Η έρευνα των κτηριακών κελυφών θέτει πολλά ερωτήματα όπως αν οι χρήστες νιώθουν να έχουν περισσότερο τον έλεγχο, αν μπορούν να αποδεχθούν ένα βαθμό αόρατου και αυτόματου ελέγχου, αν τα συστήματα HVAC είναι πιο οικονομικά να εγκατασταθούν, αν το κόστος λειτουργίας μειώνεται, αν το κόστος συντήρησης είναι μεγάλο.<sup>[70]</sup>

Η αποδοχή της συμπεριφοράς ενός έξυπνου κτηριακού κελύφους από τον χρήστη του κτηρίου είναι μεγίστης σημασίας. Σε μελέτες πάνω στην ικανοποίηση του χρήστη με συστήματα ελέγχου του φωτισμού, βρίσκουμε συχνά ότι η ανικανότητα να ανατραπεί το σύστημα από τους χρήστες είναι η πιο συχνή κατηγορία. Ανικανοποίητοι χρήστες μπορεί ενεργά να διαντιδρούν με τις στρατηγικές του κελύφους και ακόμα να προσπαθούν να σαμποτάρουν την λειτουργία του.<sup>[71]</sup>

<sup>70</sup> Michael Wiggington, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ. 42-44

<sup>71</sup> Aschehoug O., Andresen I., Kleiven T., Wyckmans A., *Intelligent Building Envelopes - Fad or Future*, σ.3

Ίσως το πραγματικά ευφυές, αυτόνομο, προσαρμοζόμενο και ελεγχόμενο κτήριο να μην έχει βρεθεί ακόμα, αλλά η γενετική βάση για την εξέλιξη υπάρχει. Το κτηριακό κέλυφος δεν θα έπρεπε πλέον να θεωρείται σαν ένα στατικό φράγμα, αλλά ένα δυναμικό περιβαλλοντικό φίλτρο, με την ενέργεια που το διαπερνά έτοιμο για εκμετάλλευση. Ένα τέτοιο κέλυφος μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στο υψηλά εξελιγμένο κτήριο του μέλλοντος, το οποίο θα είναι σχεδιασμένο και εξοπλισμένο να εκμεταλλευτεί τις νέες νανομετρικές τεχνολογίες, και να παραδώσει μια νέα αισθητική για την αρχιτεκτονική, βιοκλιματικά σχεδιασμένη και τεχνικά ανταγωνιστική.<sup>[72]</sup>

Για να βρούμε τη βέλτιστη διάταξη πρόσοψης για ένα κτήριο σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, πολλά διαφορετικά σχεδιαστικά κριτήρια πρέπει να τεθούν υπόψη. Ανάμεσα στα πιο σημαντικά είναι οι εσωτερικές απαιτήσεις άνεσης όπως οι θερμικές συνθήκες, φωτισμού και θορύβου, το κόστος, αρχιτεκτονικά θέματα όπως κλίμακα και αναλογίες και η χρήση ενέργειας για να λειτουργήσει το κτήριο.

Παρ όλα αυτά όλες οι μελέτες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία περιλαμβάνουν μια περιορισμένη επιλογή από αυτά τα κριτήρια βελτιστοποίησης. Έτσι, μοιάζουν να επιβεβαιώνουν ότι μια αριθμητική συνολική βελτιστοποίηση δεν είναι δυνατή. Υπάρχουν πάρα πολλές μεταβλητές, κάποιες από τις οποίες είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και δεν είναι δυνατό να δημιουργηθεί ένα αριθμητικό μοντέλο που να τις περιλαμβάνει όλες. Επίσης, είναι σχεδόν πάντα μια ανταλλαγή ανάμεσα σε συγκρουόμενα κριτήρια, όπως το (κόστος εν αντιθέση με τη θερμική άνεση) και ο σχεδιαστής πρέπει να βάλει κάποιες προτεραιότητες ώστε να φτάσει σε μια λύση. Είναι επίσης σχετικά προφανές ότι δεν υπάρχει συνολικά βέλτιστη διάταξη πρόσοψης που θα μπορούσε να εφαρμοσθεί σε κάθε κτήριο οπουδήποτε στον κόσμο. Κάθε κτήριο είναι μοναδικό. Έχει ένα μοναδικό σύνολο από χρήστες και είναι τοποθετημένο σε ένα μοναδικό πλαίσιο.

Η έρευνα για τα έξυπνα κτηριακά κελύφη έχει αποδείξει ότι η ιδέα προσφέρει πολλές ευκαιρίες για να εκμεταλλευτούμε τις πηγές ενέργειας για να δημιουργήσουμε το βέλτιστο εσωτερικό περιβάλλον για τους χρήστες. Οι επιφάνειες στα κελύφη μπορούν να ενσωματώσουν ηλιακά συστήματα για θερμική και ηλεκτρική ενέργεια, συστήματα φυσικού φωτισμού και φυσικό αερισμό. Μια υποσχόμενη επιλογή είναι η διπλή πρόσοψη, όπου το εξωτερικό περίβλημα γυαλιού καλύπτει μια κοιλότητα που είναι χρησιμοποιείται για τον αερισμό. Υπάρχουν, παρ όλα αυτά πολλά προβλήματα να λυθούν πριν αυτό το είδος τεχνολογίας γίνει διαδεδομένο. Δεν υπάρχουν περιεκτικοί μέθοδοι ανάλυσης και η λογική ελέγχου που χρειάζεται είναι επίσης μια πρόκληση. Υπάρχουν επίσης πολύ λίγες πληροφορίες διαθέσιμες για το επενδυτικό κόστος και το κόστος λειτουργίας.<sup>[73]</sup>

Από την πετρελαϊκή κρίση στις αρχές του 1970 που επιτάχυνε ένα "εξωγενές" σοκ στην δυτική οικονομία, ο πράσινος ιδεαλισμός και η αρχιτεκτονική έγιναν σύμμαχοι. Η σχέση αυτή έχει παράξει διάφορα εκκεντρικά και πειραματικά θαύματα αλλά όπως όπως ο Martin Pawley έχει παρατηρήσει, τα γεγονότα από αυτά τα χρόνια δεν παρήγαγαν μαζικές αλλαγές στον τρόπο ζωής και στη αρχιτεκτονική, τουλάχιστον, καμία σχεδιαστική επανάσταση.<sup>[74]</sup> Σε ένα μεγάλο βαθμό αυτό

<sup>72</sup> Michael Wiggington, Jude Haris, *Intelligent skins*, 2002, σ. 44

<sup>73</sup> Aschehoug O., Andresen I., Kleiven T., Wyckmans A., *Intelligent Building Envelopes - Fad or Future*, σ.3-8

<sup>74</sup> Catherine Slessor, *Eco-Tech - Sustainable architecture and high technology*, 1997, σ. 12

οφείλεται σε μια έλλειψη από πλήρως ανεπτυγμένες, αξιόπιστες εναλλακτικές. Επιπλέον η προκήρυξη συλλήψεων βιωσιμότητας (από σακούλες μέχρι πόλεις) αντιπροσωπεύονται ακόμα από άγαρμπες και ιδιοτελείς δυνάμεις της πολιτικής και των επιχειρήσεων.<sup>[75]</sup>

Στην αναζήτηση για μια πιο ολιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό, είναι ξεκάθαρο επίσης ότι η αρχιτεκτονική είναι μέρος μιας πολύ ευρύτερης και πιο πολύπλοκης διαμάχης. Οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί μπορούν να αναπτύξουν δοκιμαστικά πρωτότυπα και να προτείνουν εναλλακτικές λύσεις, αλλά η κλίμακα και η αποτελεσματικότητα τέτοιων κατορθωμάτων θα είναι σταθερά επηρεασμένα από ευρύτερα κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά ενδιαφέροντα. Επιπλέον, θα ήταν απλοϊκό να πούμε η τεχνολογία έχει όλες τις απαντήσεις. Τα πλεονεκτήματα των τεχνολογικών προόδων βασικά εκμηδενίζονται εκτός και αν εφαρμοσθούν με έναν κοινωνικά ευεργετικό τρόπο. Όπως ο φιλόσοφος Michael Foucault κάποτε δήλωσε, "Η τεχνολογία πρέπει να είναι κοινωνική πριν να είναι τεχνική". Αρχιτέκτονες, μηχανικοί, σχεδιαστές και πολιτικοί μαθαίνουν αργά να πετυχαίνουν την δύσκολη ισορροπία ανάμεσα στις ανάγκες του παρόντος και τις ευθύνες του μέλλοντος. <sup>[76]</sup>

---

<sup>75</sup> ό.π., σ. 13

<sup>76</sup> ό.π., σ. 14

## Παράρτημα - Απαιτήσεις ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος

### Θερμική άνεση

Η άνεση μπορεί να οριστεί ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας. Ο μελετητής στοχεύει στην κατασκευή βέλτιστης θερμικής άνεσης για την ομάδα ως σύνολο, δηλαδή να παρέχει συνθήκες κάτω από τις οποίες ο μέγιστος δυνατός αριθμός από τα άτομα της ομάδας θα πρέπει να αισθάνεται άνετα (αν μια ομάδα ανθρώπων ζει στις ίδιες κλιματικές συνθήκες, τα μέλη της είναι αδύνατο να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση μπορούν να χωριστούν σε προσωπικές μεταβλητές όπως η δραστηριότητα ( $1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2$ ), η ένδυση ( $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ OC/W}$ ) και σε περιβαλλοντικές μεταβλητές (όπως η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία του αέρα). [77]

### Οπτική άνεση

#### Κατανομή φυσικού φωτισμού στο χώρο:

Η ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, αφενός, μειώνει τις αντιθέσεις σε φωτεινότητα (άρα μειώνει έμμεσα και την πιθανότητα θάμβωσης), αφετέρου προσφέρει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, καθόσον ένας χώρος φαίνεται στους χρήστες φωτεινότερος, όταν είναι ομοιόμορφα φωτισμένος, ακόμα και όταν ποσοτικά το φως είναι λιγότερο. Άρα, στόχος του σχεδιασμού των ανοιγμάτων σε ένα χώρο, θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, εκτός εάν οι έντονες αντιθέσεις σε φωτεινότητα αποτελούν βάση της αρχιτεκτονικής σύνθεσης.[78] Η κατανομή του εξαρτάται από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων και του φωτιζόμενου χώρου, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα, υφή) και των υαλοπινάκων (ανακλαστικότητα, φωτεινή διαπερατότητα).[79]

### Θάμβωση

Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού, θάμβωση είναι η έλλειψη οπτικής άνεσης ή η μείωση της οπτικής ικανότητας να διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων, η οποία οφείλεται είτε σε ακατάλληλες αναλογίες λαμπρότητας των γύρω επιφανειών, είτε σε πολύ έντονες αντιθέσεις στην επιφάνειά τους. Η θάμβωση αποτελεί σύνθετο φαινόμενο, στο οποίο εμπλέκεται η κατανόηση πολλών παραμέτρων, όπως η χρονική διάρκεια της πηγής θάμβωσης, οι αναλογίες

<sup>77</sup> Ενέργεια στην αρχιτεκτονική - Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτήρια, σ.61

<sup>78</sup> Μερέση Κατερίνα, "Παράμετροι οπτικής άνεσης και σχεδιασμός ανοιγμάτων", *Building Green*, 2009, σ.51

<sup>79</sup> <http://www.cres.gr>

λαμπρότητας μεταξύ της πηγής θάμβωσης και των γύρω επιφανειών και οι απαιτήσεις σε φωτισμό του χώρου.<sup>[80]</sup> Υπό κανονικές συνθήκες ο οφθαλμός προσαρμόζεται στην φωτεινότητα του αντικειμένου που παρατηρεί αλλά αν το αντικείμενο παρατήρησης ή το υπόβαθρο έχουν εξαιρετικά μεγάλη τιμή λαμπρότητας ή η αντίθεση μεταξύ τους έχει τιμή μεγαλύτερη του 100 προκαλείται θάμβωση. Η θάμβωση διακρίνεται σε α.θάμβωση δυσφορίας β.θάμβωση μείωσης της ικανότητας και επίσης α. άμεση θάμβωση β. έμμεση θάμβωση. Σαν γενική διαπίστωση υπάρχει μεγαλύτερη ανοχή στην θάμβωση που προκαλείται από το φυσικό φως σε σχέση με μια παρόμοια κατάσταση θάμβωσης η οποία θα προέκυπτε από την χρήση τεχνητού φωτός.<sup>[81]</sup>

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού (lx)	Ισχύς για κτήριο αναφοράς	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	200	6,4	0,8
Γραφείο	500	16	0,8
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	200	6,4	0,5
Βιβλιοθήκη	500	16	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο	500	16	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	6,4	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	16	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	9,6	0,8
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση	300	9,6	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	16	0,8
Εστιατόριο	200	6,4	0,8

**Πίνακας 1– Προτεινόμενες τιμές στάθμης γενικού φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου** Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 1/2010, 2012

<sup>80</sup>Μερέση Κατερίνα, "Παράμετροι οπτικής άνεσης και σχεδιασμός ανοιγμάτων", *Building Green*, 2009, σ.51

<sup>81</sup> Τσαγκρασούλης Α., *Φωτισμός και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις - Τόμος Α: Φωτισμός*, 2008, σ.9-10



## Αερισμός

Ένας από τους πρωταρχικούς σκοπούς του αερισμού αποτελεί η διασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της απομάκρυνσης των ρύπων που υπάρχουν στο εσωτερικό περιβάλλον, διατηρώντας τις τιμές συγκέντρωσής τους κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια.

Η παροχή νωπού αέρα σε ένα χώρο είναι αναγκαία για την ανανέωση του οξυγόνου του χώρου, για την αραίωση των οσμών, του καπνού από το κάπνισμα και του διοξειδίου του άνθρακα που παράγουν οι άνθρωποι με την αναπνοή. Η απαραίτητη ποσότητα νωπού αέρα για τον παραπάνω σκοπό γίνεται συνήθως με κριτήριο την απαιτούμενη ποσότητα αέρα ανά άτομο και εξαρτάται από την πυκνότητα των ανθρώπων μέσα στο χώρο και από το είδος της δραστηριότητάς τους.

Σε πολλές περιπτώσεις ο προσδιορισμός της ποσότητας του αέρα που πρέπει να παρέχει το σύστημα αερισμού γίνεται με κριτήριο την ωριαία εναλλαγή του αέρα του χώρου.<sup>[82]</sup>

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m <sup>2</sup> επιφάνεια δαπέδου	Νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/άτομο)	Νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	5	15	0,75
Γραφείο	10	30	3,00
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	-	-	2,6
Βιβλιοθήκη	22	30	6,6
Κατάστημα, φαρμακείο	14	22	3,08
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	50	20	10,00
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	25	27,5
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,5
Πρωτοβάθμια	50	22	11,00

<sup>82</sup> Γεώργιος Μαρτινόπουλος, "Αερισμός κτηρίων - Απαιτήσεις και συστήματα για την βελτίωση του μικροκλίματος", *Κτήριο*, 2010, σελ.92-93

εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση			
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	50	22	11,00
Εστιατόριο	70	25	17,5

Πίνακας 2– Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) Πηγή: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 1/2010, 2012

## Σύγκριση με παθητικά συστήματα

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο σχεδιασμός των κτηρίων χαμηλής ενέργειας έχει διαιρεθεί σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις: ενεργητικές τεχνολογίες και στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού. Ο όρος «παθητικά» αναφέρεται σε κτήρια όπου ο σχεδιασμός της κατασκευής και της φόρμας του ίδιου του κτηρίου σε αντίθεση με τις λειτουργίες του, είναι κυρίως υπεύθυνο για την δέσμευση, αποθήκευση και διανομή της ηλιακής ενέργειας, συνήθως με το σκοπό της αντικατάστασης άλλων παλαιών καυσίμων για τη θέρμανση του εσωτερικού χώρου. Συχνά αυτό έχει ως κατάληξη πολύ αεροστεγή κτήρια, με υψηλά επίπεδα μόνωσης και ισορροπημένο αερισμό με ανάκτηση θερμότητας. Απ' την άλλη πλευρά, σε θερμά κλίματα στρατηγικές παθητικής ψύξης προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν το σχεδιασμό του κτηρίου σε συνδυασμό με φυσική ενέργεια διαθέσιμη στο περιβάλλον, με σκοπό την αποφυγή υπερθέρμανσης χωρίς τη χρήση συστημάτων που λειτουργούν με ηλεκτρισμό.

Σε αυτό το πλαίσιο ο όρος ενεργητικός συχνά θεωρείται ότι αντικατοπτρίζει τα ενεργειακά εντατικά συστήματα HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) και τον τεχνητό φωτισμό που ο παθητικός σχεδιασμός προσπαθεί να καταστρατηγήσει. Εξ ορισμού, τα κτηριακά κελύφη που προσαρμόζονται στο περιβάλλον είναι επίσης συνδεδεμένα με την «ενεργητική τεχνολογία». Αυτό το παράδοξο μπορεί να οδηγήσει σε μια παραπλανητική ερμηνεία πως τα κτηριακά κελύφη που προσαρμόζονται στο περιβάλλον και ο παθητικός σχεδιασμός είναι ασύμβατες έννοιες. Τόσο τα κτηριακά κελύφη που προσαρμόζονται στο περιβάλλον όσο και τα παθητικά κτήρια είναι σχεδιασμένα με τους ίδιους στόχους κατά νου: την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων ενώ διατηρούνται ικανοποιητικά τα επίπεδα άνεσης.

Σε σύγκριση με τα κτηριακά κελύφη που προσαρμόζονται στο περιβάλλον, ο παθητικός σχεδιασμός προσφέρει μερικά διακριτά πλεονεκτήματα. Οι παθητικές τεχνολογίες συχνά απορρέουν από παραδοσιακές τεχνολογίες και κατ'επέκταση είναι αξιόπιστα και εύκολα να υλοποιηθούν κάτι που επίσης τα κάνει σχετικά αποδοτικά οικονομικά. Επιπροσθέτως, δεν έχουν κινούμενα μέρη, δεν υπάρχει ανάγκη για περίπλοκα συστήματα ελέγχου και δεν καταναλώνεται ενέργεια για να διευκολύνει την προσαρμοστική συμπεριφορά.

Τα παθητικά σπίτια κάποιες φορές κατηγορούνται για την παροχή χαμηλής ποιότητας εσωτερικού αέρα και τα αεροστεγή κτηριακά κελύφη έχουν συνδεθεί με αρνητικά θέματα υγιεινής. Επιπροσθέτως υπάρχει ο κίνδυνος να μην αγγίξει τις αξιώσεις της απόδοσης, συχνά εκφρασμένη με όρους υπερθέρμανσης. Επειδή αυτή η παθητική συμπεριφορά σε μεγάλο βαθμό βασίζεται στην έννοια της στιβαρότητας οι παθητικοί σχεδιασμοί τυπικά έχουν δυσκολίες να αντιμετωπίσουν απρόσμενες συνθήκες. Εν τέλει, αυτό ήταν το κίνητρο κάτω από την έρευνα ώστε τα κτήρια να γίνουν ανταποκρινόμενα και δυναμικά.

Συνοψίζοντας, οι έννοιες «ενεργητικός» και «παθητικός» δεν είναι αντιφατικές αλλά και οι δύο στρατηγικές μπορούν αμοιβαία να ενδυναμώσουν η μία την άλλη. Σήμερα υπάρχουν και πολλά παραδείγματα κτηρίων που χρησιμοποιούν και τις δύο τεχνικές σχεδιασμού. [<sup>83</sup>] Τα ηλιακά συστήματα πλέον χρησιμοποιούνται διαφορετικά από το πώς συνηθίζονταν. Τα κτήρια δεν σχεδιάζονται πλέον να χρησιμοποιούν απλά παθητικά ηλιακά ενεργειακά συστήματα

<sup>83</sup> Roel Loonen, *Climate Adaptive Building Shells - What can we simulate*, 2010, σ.18-19

όπως παράθυρα και ηλιακοί χώροι ή ενεργητικά ηλιακά συστήματα, όπως ηλιακοί συσσωρευτές νερού. Ουσιαστικά, οι λέξεις παθητικό και ενεργητικό πλέον δεν βγάζουν νόημα, καθώς τα καινούργια κτήρια συνδυάζουν πολλές από αυτές τις τεχνολογίες. Μπορεί να είναι ταυτόχρονα ενεργειακά αποδοτικά, ηλιακά θερμαινόμενα και ψυχόμενα και να παίρνουν ενέργεια από φωτοβολταϊκά. Είναι απλά ηλιακά κτήρια.<sup>[84]</sup>

---

<sup>84</sup> Anne Grete Hestnes, *Building integration of solar energy systems*, 2000, σ.1

## Πηγές

### Βιβλιογραφία

1. Catherine Slessor, (1997), *Eco-Tech - Sustainable Architecture and High Technology*, London, Thames & Hudson
2. Michael Wiggington, Jude Haris (2002), *Intelligent skins*, Οξφόρδη, Oxford Architectural Press
3. Ενέργεια στην αρχιτεκτονική - Το Ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτήρια, Μαλλιάρης παιδεία για την ευρωπαϊκή επιτροπή
4. Μαχαιρίδου Δέσποινα, (2006-2007), *Smart Buildings – Responsive Kinetic architecture*, Ανακαλύπτοντας το νέο τρόπο κατοίκησης και το νέο χρήστη, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
5. Τσαγκρασούλης Α., Φωτισμός και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις - Τόμος Α: Φωτισμός, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2008

### Βιβλιογραφία στο διαδίκτυο

1. Annemie Wyckmans, (November 2005), *Intelligent Building Envelopes- Architectural Concept & Applications for Daylighting Quality*, Doctoral thesis, Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Fine Art. Στο: [ntnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:125772/FULLTEXT01](http://ntnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:125772/FULLTEXT01)
2. Anne Grete Hestnes, (16 March 2008), *Building Intergration of solar energy systems*, Faculty of architecture, Planning, and Fine Arts, Nowegian university of science and Technology , Trondheim Norway Στο : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X00000657>
3. Aschehoug O., Andresen I., Kleiven T., Wyckmans A., *Intelligent Building Envelopes - Fad or Future* Στο : [http://web.byv.kth.se/bphys/reykjavik/pdf/art\\_094.pdf](http://web.byv.kth.se/bphys/reykjavik/pdf/art_094.pdf)

4. Bas Hasselaar,(2008), The climate adaptive skin, Delft University of Technology Στο: <http://www.i3con.org/files/conference-1/5-Fri-Technologies/Paper%201%20-%20Delft%20-Hasselaar%20v02.pdf>
5. B.L.H.Hasselaar, (2006), Climate Adaptive Skins: towards the new energy-efficient façade, WIT Transactions on Ecology and the Environment Vol 99,WIT Press. Στο: <http://library.witpress.com/pages/PaperInfo.asp?PaperID=17192>
6. Boer B. d., Ruijg G. J., Bakker L., Kornaat W., Zonneveldt L., Kurvers S., Aldres N., Raue A., Hensen J. L. M., Loonen R. G. C. M.. and Trcka M., (2011), Energy saving potential of climate adaptive building shells – inverse modeling of optimal thermal and visual behavior, Proceedings of the International Adaptive Architecture conference, London Στο: [http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/publications/11\\_aa\\_facet.pdf](http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/publications/11_aa_facet.pdf)
7. Petra Gruber, (27<sup>th</sup> March 2008), The signs of life in architecture, Vienna, University of Technology Στο: [http://astro.temple.edu/~sthsieh/BIO5466\\_2011/gruber\\_architecture%20and%20biology.pdf](http://astro.temple.edu/~sthsieh/BIO5466_2011/gruber_architecture%20and%20biology.pdf)
8. R.C.G.M. Loonen,(21<sup>st</sup> June 2010), Overview of 100 Climate Adaptive Building Shells, part of MSc. Thesis CABS – What can we simulate?. Eindhoven : Technische Universiteit. Στο: [http://dl.dropbox.com/u/9527295/RCGM\\_Loonen\\_CABS\\_Appendix.pdf](http://dl.dropbox.com/u/9527295/RCGM_Loonen_CABS_Appendix.pdf)
9. Roel Loonen, (21 June 2010). Climate Adaptive Building Shells- What can we simulate?(MSc-Thesis). Eindhoven : Technische Universiteit. Στο: [http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/team/past/master/Loonen\\_2010.pdf](http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/team/past/master/Loonen_2010.pdf)
10. Απρίλιος 2012, Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Στο : <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>

## Αρθρογραφία στο διαδίκτυο

1. A wall for all seasons, February 1981, RibaJ Στο : <http://arch8565.files.wordpress.com/2011/01/a-wall-for-all-seasons.pdf>
2. Μαρτινόπουλος Γιώργος , 2010, Αερισμός κτηρίων - Απαιτήσεις και συστήματα για την βελτίωση του μικροκλίματος, Κτήριο Στο : <http://www.ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/articles/2010-08-91.pdf>

3. Μερέση Κατερίνα, 2009, Παράμετροι οπτικής άνεσης και σχεδιασμός ανοιγμάτων, Building Green Στο : [http://www2.buildinggreen.gr/wordpress/wp-content/uploads/2009/04/50\\_53.pdf](http://www2.buildinggreen.gr/wordpress/wp-content/uploads/2009/04/50_53.pdf)

## Δικτυακοί τόποι [2012]

1. <http://www.adaptivebuildings.com/>
2. <http://matsysdesign.com/>
3. <http://en.wikipedia.org/>
4. <http://www.cres.gr/>
5. <http://greenbuildingelements.com/>
6. <http://www.smartglassinternational.com/>
7. <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/>
8. <http://www.twi.co.uk/>
9. <http://www.designinsite.dk/>
10. <http://blog.makezine.com/>
11. <http://5kenterprises.gr/>
12. <http://oliveventures.com.sg/>
13. <http://www.ecofriend.com/>

14. <http://www.glassonweb.com/>
15. <http://greenspec.buildinggreen.com/>
16. <http://facadesconfidential.blogspot.gr/>
17. <http://www.filtersfast.com/>