

ΦΟΥΣΚΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
Μαρινα Ιορδανιδου

ΦΟΥΣΚΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Μαρίνα Ιορδανίδου

Ε.Μ.Π.
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Διάλεξη
Επιβλέπων καθηγητής
Δ. Παπαλεξόπουλος
Αθήνα, 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

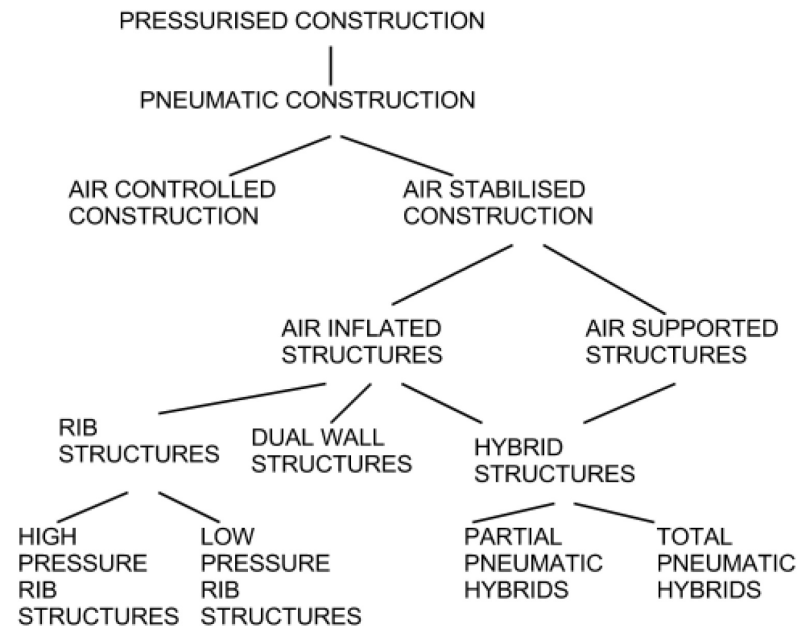
1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ.....	8
Διεθνείς Εκθέσεις.....	12
Ουτοπικές Ομάδες.....	14
3. ΣΥΓΧΡΟΝΑ.....	24
4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	38
5. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΦΟΥΣΚΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	48
6. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	52
Τέχνη.....	53
Διάστημα.....	58
Κατασκευαστικός Τομέας.....	60
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με τη χρήση του πιο εύκολα προσβάσιμου υλικού, που σπάνια, όμως, αποτελεί κατασκευαστικό υλικό στον αρχιτεκτονικό κόσμο, του αέρα, γεννήθηκε μία αρχιτεκτονική με “διάθεση για παιχνίδι”. Σκοπός ήταν να προκαλέσει το επισκέπτη να μπει σε ένα διαφορετικό τρόπο σκέψης, να τον προσκαλέσει να πάρει μέρος στο “παιχνίδι”. Έτσι, προκάλεσε και την δική μου περιέργεια, ώστε να θελήσω να μάθω περισσότερα για αυτό το είδος κατασκευών που με το άκουσμά τους παραπέμπουν, συνήθως, μόνο σε παιδικά παιχνίδια. Η σύνδεση αυτού του κινήματος με ουτοπικές αρχιτεκτονικές ομάδες, ενεργές κυρίως τις δεκαετίες του 1960 και ‘70, ήταν η επιβεβαίωση πως τα φουσκωτά είναι πολύ περισσότερο από απλά παιχνίδια.

Φυσικά, στην πορεία προέκυψε το ερώτημα γιατί αυτό το κίνημα “ξεφούσκωσε”, ειδικά όταν το θεωρητικό του υπόβαθρο φαίνεται τόσο επίκαιρο και σήμερα και ενώ συνεχίζουν να είναι από τις πιο οικονομικές κατασκευές. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται και πάλι χρήση φουσκωτών κατασκευών στον αρχιτεκτονικό κόσμο. Οπότε, το αρχικό ερώτημα στη συνέχεια πήρε τη μορφή “ ποιά είναι η σημερινή κατάσταση στον χώρο των inflatables ?”.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως πνευματική κατασκευή (*pneumatic structure*) ορίζεται οποιαδήποτε κατασκευή στέκεται ή κινείται με τη δημιουργία διαφοράς πίεσης του αέρα ή με άλλων αερίων. Υποκατηγορία αυτού αποτελούν οι φουσκωτές κατασκευές (*air stabilised structures*). Αυτές με τη σειρά τους χωρίζονται σε δύο βασικά είδη, τα *air supported structures* (κατασκευές από μονή μεμβράνη η οποία στηρίζεται από τον αέρα στο εσωτερικό της, υπό πίεση ελάχιστα υψηλότερη από την ατμοσφαιρική) και τα *air inflated structures* (κατασκευές στις οποίες ο αέρας περιέχεται μεταξύ δύο μεμβράνων, σχηματίζοντας δομικά στοιχεία, όπως υποστυλώματα, δοκάρια και τοίχους). Οι *υβριδικές φουσκωτές κατασκευές* μπορεί να προκύπτουν από τη χρήση ενός από τα παραπάνω είδη κατασκευής (*air supported construction* ή *air inflated construction*) σε συνδυασμό με κάποιο άλλο δομικό σύστημα, όπως μεταλλική κατασκευή, ή συνδυασμό των δύο τύπων φουσκωτών κατασκευών. Στη δεύτερη περίπτωση, γίνεται λόγος για εξολοκλήρου φουσκωτές υβριδικές κατασκευές (*total pneumatic hybrid structures*).

Τα *pneumatic structures* οφείλουν το όνομά τους στην ελληνική ρίζα «πνεύμα», που σημαίνει τόσο αυτό που αναφέρεται στον αέρα, στην αναπνοή, όσο και τη διανοητική ικανότητα, το άυλο στοιχείο της

ανθρώπινης ύπαρξης.

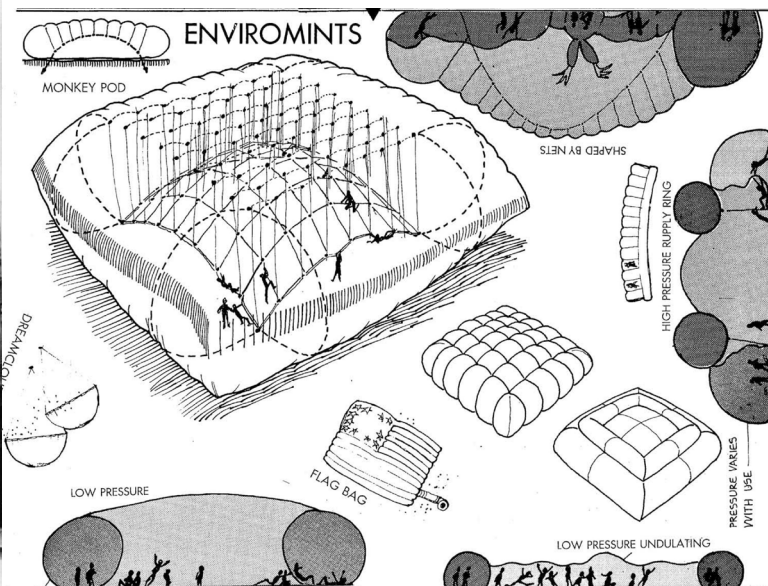
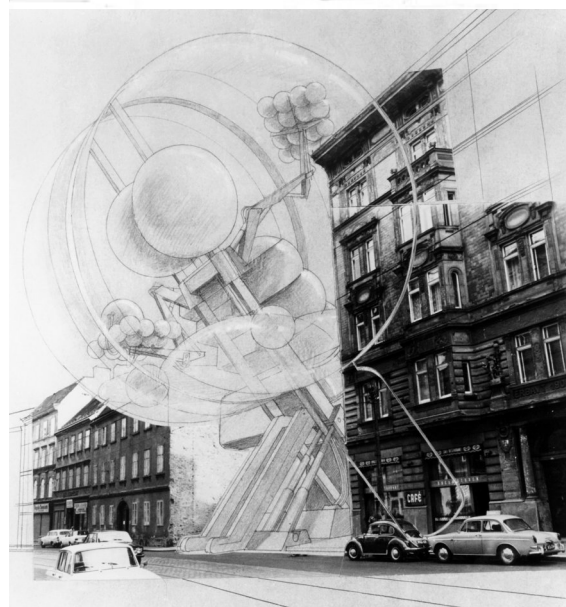
Εξίσου, από την ΙνδοΕυρωπαϊκή ρίζα «bhel», που δηλώνει το γέμισμα με αέρα, προέκυψε μία ποικιλία λέξεων όπως «balloon», «folly» (αφροσύνη), «bold» (τολμηρός), «blister» (φούσκα), «blader» (κύστη), «bloat»(φουσκώνω), οι οποίες δηλώνουν τη σχέση του σώματος και της διανοητικής κατάστασης με τη συνθήκη της πλήρωσης με αέρα.

Οι φουσκωτές κατασκευές συμπεριφέρονται πράγματι σαν ζωντανός οργανισμός, όπου η κάθε μεταβολή στο εσωτερικό ή εξωτερικό τους περιβάλλον αντανακλάται στην ίδια τη μορφή τους. Αυτή οφείλει το σχήμα της στην «ανάσα» που περιέχει, όπως το στέρνο του ανθρώπου φουσκώνει και ξεφουσκώνει σε κάθε αναπνοή και όπως η ψυχή του ανθρώπου, κατά την παράδοση, συναντάται με το σώμα στην πρώτη εισπνοή του.

Στη σύγχρονη συνείδηση, η ιδέα του φουσκωτού παραπέμπει στην αίσθηση άνεσης και ασφάλειας που προσφέρει ένα ελαστικό όριο. Δεν μπορεί παρά να προκαλέσει τον εκάστοτε χρήστη να κάνει μία σύγκριση με το οικείο του δομημένο περιβάλλον. Η αυθόρμητη αντίδραση στην πρώτη επαφή με ένα αεικίνητο κλειστό περιβάλλον, σε αντίθεση με τη σκληρότητα των χώρων που παρήγαγαν οι μεταπολεμικές κοινωνίες είναι μία σύγκριση του εφήμερου με το μόνιμο, του φορητού με το σταθερό, του ζωντανού με το άψυχο ή του ελεύθερου με το αυστηρό.

Θυμίζουν περισσότερο εικόνες από κόμικ. Σε μεταφέρουν αυτόματα στη σφαίρα του φανταστικού, όπου τα όρια μεταξύ κάθετων και οριζόντιων επιπέδων χάνονται, δίνοντας τη θέση τους σε μία αίσθηση μεγαλύτερης ελευθερίας, όπου ο ίδιος ο χρήστης μπορεί να θέσει τα δικά του όρια, περπατώντας, για παράδειγμα, στην οροφή, η οποία σχηματίζει τους τοίχους ή το δάπεδο.

Εκφράζουν, συνεπώς, μία ρήξη με τον σκληρό χαρακτήρα των συμβατικών κατασκευών, που οδήγησε στη σύνδεση του “φουσκωτού κινήματος” με φιλοσοφικές και ιδεολογικές αναζητήσεις και κοινωνικές διεκδικήσεις τις δεκαετίες του ‘60 και ‘70. Ειρηνικό στοιχείο, σε αυτό το πλαίσιο, αποτελεί η εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας από στρατιωτική έρευνα.



ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Από τη δημιουργία, κατά τον 18ο αιώνα, των πρώτων αερόστατων (1783) από τους αδερφούς Montgolfier και τις μελέτες του Jean Baptiste Meusnier για ένα πηδαλιουχούμενο εύκαμπτο αερόστατο, στο οποίο υδρογόνο περιέχεται σε ένα κέλυφος που παίρνει την μορφή του και τη σταθερότητα της κατασκευής που απαιτείται από τίποτα άλλο παρά μόνο από αέρα σε υψηλή πίεση, είναι προφανές πως γίνεται συνειδητή χρήση του αέρα ως «κατασκευαστικό υλικό» και των ιδιοτήτων που προσφέρει όταν βρίσκεται υπό πίεση στο κέλυφος που τον περιβάλλει.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η κατασκευή των πρώτων ελαστικών τροχών με αέρα και φουσκωτών ομοιωμάτων αρμάτων μάχης και άλλων στρατιωτικών οχημάτων για αντιπερισπασμό εχθρικών στρατευμάτων από τον Βρετανικό στρατό κατά τη διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου.

Η ιστορία των air supported κτιρίων ξεκινάει το 1917 με την πατέντα του Βρετανού μηχανικού Frederick William Lanchester, ο οποίος κατοχύρωσε την ευρεσιτεχνία της «κατασκευής κλειστού κελύφους μεγάλου μεγέθους χωρίς τη χρήση υποστυλωμάτων ή οποιοδήποτε είδους στήριξης»¹. Ωστόσο, λόγω της έλλειψης της κατάλληλης τεχνολογίας και υλικών, δεν υλοποιήθηκε η κατασκευή.

Ένας Αμερικανός μηχανικός, ονόματι Herbert H. Stevens, βασιζόμενος στην πατέντα του Lanchester, σχεδίασε στο δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο ένα air supported κτίριο από λεπτή μεταλλική μεμβράνη, για τη στέγαση των εργασιών κατασκευής αεροπλάνων. Για τη στήριξη αυτού θα γινόταν παροχή από 16 ανεμιστήρες για να επιτευχθεί η απαιτούμενη διαφορά πίεσης μόλις 0,007 ατμόσφαιρες, τα φύλλα της μεταλλικής μεμβράνης θα ενώνονταν με ηλεκτροσυγκόλληση, ενώ η αγκύρωση της όλης κατασκευής θα πραγματοποιούνταν με μία κυκλική δοκό από σκυρόδεμα. Τέλος, όλες οι εισόδου/έξοδοι είναι διπλές, λόγω της διαφοράς πίεσης του αέρα στο εσωτερικό της κατασκευής και η μόνωση του κελύφους επιτυγχάνεται με τρεις στρώσεις επένδυσης πάνω σε μονωτικό πάχους 25χιλ., στρωμένου με άσφαλτο.

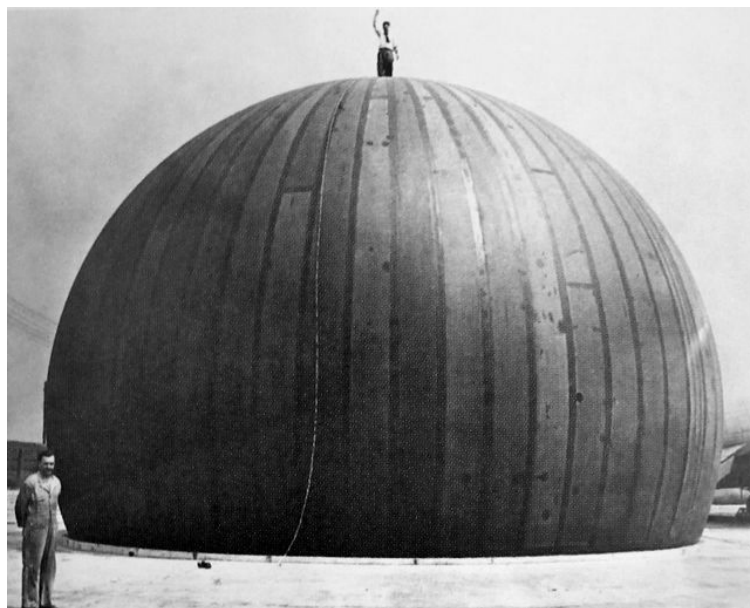
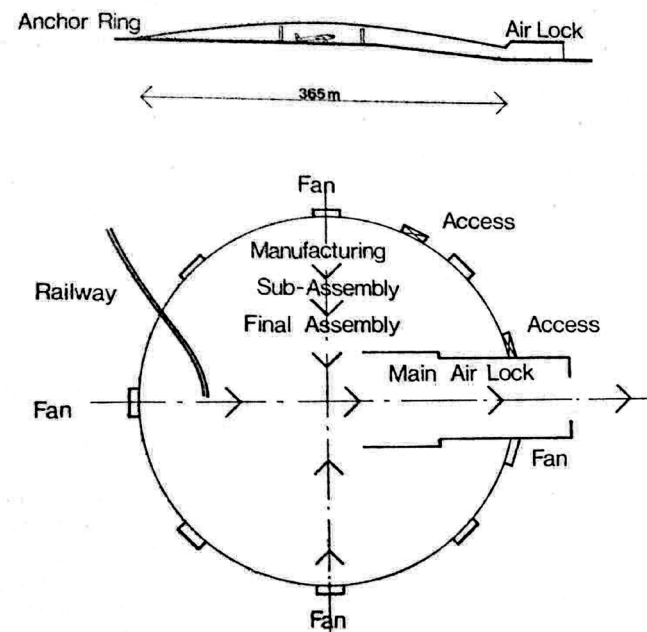
Από πάνω, δεξιόστροφα:

1. Dyodon-experimental pneumatic dwelling, Jean-Paul Jungmann, 1967. Διπλωματική εργασία. (<http://www.jeanpealjungmann.fr/dyodon.html>)
2. Σελίδα από το "Inflatocookbook" των Ant Farm. 1973.
3. "The Cloud", Coop-Himmelblau. 1968. (<http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/the-cloud/>)

Το 1946, σχεδιάστηκε από τον μηχανικό Walter Bird και το Cornell Aeronautical Laboratory το πρώτο radome (radar antennae airdome), για να στεγάσει μεγάλου μεγέθους ραντάρ των Ηνωμένων Πολιτειών, βασισμένο και αυτό στην πατέντα του Lanchester. Η μεμβράνη στέκεται λόγω της διαφοράς πίεσης του αέρα στο εσωτερικό της με το εξωτερικό περιβάλλον, αυτή είναι μόλις 0,007 ατμόσφαιρες, όπως είχε προβλέψει ο Lanchester. Με τον τρόπο αυτό, εφόσον δεν υπάρχουν βαριά ή μεταλλικά στοιχεία δεν δημιουργείται καμία παρεμβολή στο σήμα των ραντάρ. Παρά την αρχική δυσπιστία της Αμερικανικής κυβέρνησης, τους χορηγήθηκε συμβόλαιο για την πραγματοποίηση ερευνών σχετικά με την καταλληλότητα αυτού του είδους κατασκευών για τη συγκεκριμένη χρήση. Μέσα από αυτές τις έρευνες αναπτύχθηκαν και νέα υλικά ικανά να αντέξουν την έκθεση σε δυσμενείς συνθήκες. Αυτά αποτελούνταν από ανθεκτικές ίνες νάιλον ή τερυλίνης (terylene) με μία συνθετική επίστρωση από βινύλιο, ηυραλον ή νεοπρένιο (neoprene).

Μετά την επιτυχημένη κατασκευή και δοκιμή του πρώτου radome, πάνω από 100 τέτοια radomes κατασκευάστηκαν για τον ίδιο σκοπό, κοντά στα βόρεια σύνορα των Ηνωμένων Πολιτειών. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '50 οι κατασκευές αυτές είχαν αποδείξει την αξιοπιστία τους.

Έτσι, τον Ιανουάριο του 1956, ο Walter Bird δημιούργησε, μαζί με συνεργάτες του, την



Πάνω: Σχέδια του Herbert H. Stevens. (Roger N. Dent, 1971, "Principles of Pneumatic Architecture". Λονδίνο, The Architectural Press)

Κάτω: Ο Walter Bird στην κορυφή ενός radome. (http://fabricarchitecturemag.com/articles/1112_f1_storied_companies.html)

Birdair Structures Incorporated, για να ακολουθήσουν σύντομα δεκάδες ακόμα εταιρίες κατασκευής pneumatic structures στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Ο πρώτος αρχιτέκτονας που ασχολήθηκε με τέτοιου είδους κατασκευές ήταν ο Carl Koch, ο οποίος σχεδίασε το 1959, με τη βοήθεια του μηχανικού Paul Weidlinger, το "Boston Arts Centre Theatre", στο οποίο χρησιμοποίησε ένα air inflated στέγαστρο. Την κατασκευή του στέγαστρου ανέλαβε η Birdair.

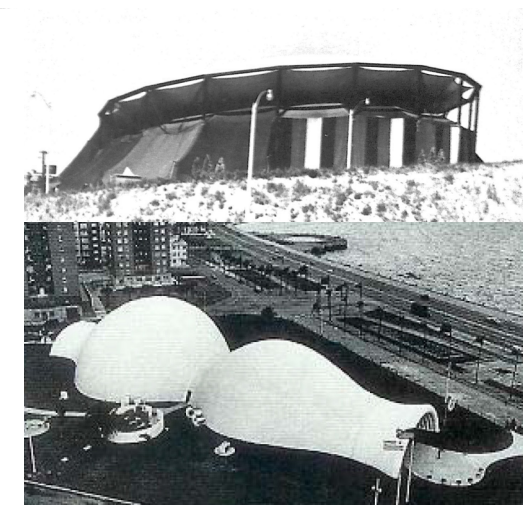
Ακολούθησε την αμέσως επόμενη χρονιά το "Portable Exhibition Pavilion for the United States Atomic Energy Commission", από τον αρχιτέκτονα Victor Lundy, κατασκευασμένο και πάλι από την Birdair και τον Severud ως σύμβουλο μηχανικό. Οι προϋποθέσεις που κλήθηκε να πληρεί το περίπτερο ήταν η φορητότητα, το χαμηλό κόστος και η ασφάλεια. Η απάντηση του Lundy ήταν μία total pneumatic hybrid κατασκευή, που κατασκευάστηκε από δύο μεμβράνες νάιλον με επίστρωση από βινύλιο, μεταξύ των οποίων δημιουργούνται θάλαμος πάχους 1,2 μέτρων με αέρα υπό πίεση μόλις 0,00474 ατμόσφαιρες υψηλότερης από την ατμοσφαιρική και μόλις 0,00368 ατμόσφαιρες υψηλότερη από την ατμοσφαιρική στο εσωτερικό του περιπτερού. Το air inflated σώμα της κατασκευής χωριζόταν σε 8 επιμέρους θαλάμους για λόγους ασφαλείας. Η κατασκευή αυτή αποδείχθηκε η πλέον κατάλληλη για το συγκεκριμένο σκοπό.

Μετά την ανέγερση οι διαστάσεις του ήταν 90 μέτρα σε μήκος, 38 μέτρα μέγιστο πλάτος και 15 μέτρα στο μέγιστο ύψος. Σε αυτό στεγάζονταν ένα αμφιθέατρο 300 θέσεων, ένα εργαστήριο, χώροι διαλέξεων καθώς και ένας πειραματικός πυρηνικός αντιδραστήρας, ο οποίος βρισκόταν σε έκθεση μέσα σε ένα μικρό διαφανή air supported θόλο (a bubble within a bubble).

Τα δύο παραπάνω κτίρια απέδειξαν στον αρχιτεκτονικό κόσμο πως τα φουσκωτά είναι πολύ περισσότερα από απλές προσωρινές κατασκευές.

Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1950 ευρωπαϊοί αρχιτέκτονες ξεκίνησαν να μελετούν και να σχεδιάζουν φουσκωτές κατασκευές, κυρίως μετά την παρουσίαση του "PanAmerican Airways Pavilion" στο World's Fair του 1958 στις Βρυξέλλες. Πήραν έτσι τα ηνία από τους Lundy και Koch, στον τομέα των μορφολογικών αναζητήσεων. Πιο σημαντικές θεωρούνται μέχρι και σήμερα οι μελέτες του γερμανού Frei Otto. Ερευνώντας κατασκευές οι οποίες θα απαιτούσαν τον ελάχιστο χρόνο κατασκευής και

Πάνω: Το "Boston Arts Centre Theatre" του Carl Koch, 1959. (Roger N. Dent, 1971, "Principles of Pneumatic Architecture". Λονδίνο, The Architectural Press)
Κάτω: Το "Portable Exhibition Pavilion for the U.S.A.E.C." του Victor Lundy, 1960. (Jung Yun Chi and Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti, "An Outline of the Evolution of Pneumatic Structures", University of Sao Paulo)



υλικών, ασχολήθηκε με το πεδίο των pneumatics, δημοσιεύοντας στο *Zugbeanspruchte Konstruktionen* τα αποτελέσματα αυτών των μελετών που περιλαμβάνουν τη συμπεριφορά και το σχηματισμό των “soap bubbles”, ως μοντέλο για τη μελέτη και τον σχεδιασμό air supported κατασκευών.

Το πέρασμα της νέας τεχνολογίας στην απέναντι όχθη του Ατλαντικού έκανε, επίσης, την αρχή για τη δημιουργία ενός κινήματος που δραστηριοποιήθηκε και σε χώρους εκτός της αρχιτεκτονικής. Ξεχώρισαν οι δράσεις ομάδων όπως η *Utopie Group* στη Γαλλία και η *ANT Farm* πίσω στις Ηνωμένες Πολιτείες, που επιχειρούσαν να “σχολιάσουν” το πολιτικό και κοινωνικό κλίμα της εποχής.

Η μέγιστη ακμή του κινήματος συμπίπτει χρονικά με τα γεγονότα του Μάη του 1968 στο Παρίσι, ενώ η σημαντικότερη ίσως στιγμή στην ιστορία των φουσκωτών κατασκευών ήταν η διεθνής έκθεση του 1970 στην Οσάκα της Ιαπωνίας.

Διεθνείς Εκθέσεις

Η πρώτη εμφάνιση φουσκωτής κατασκευής σε Διεθνή έκθεση αρχιτεκτονικής έγινε το 1958, στις Βρυξέλλες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με το περίπτερο της *PanAmerican Airways*. Μία air supported υδρόγειος από νάιλον και μπλε βινύλιο με τις αερογραμμές της εταιρίας σημειωμένες πάνω της. Με μία μεταλλική κυκλική κατασκευή περιμετρικά του περίπτερου οι επισκέπτες μπορούσαν να κάνουν ένα “γύρο του κόσμου”, ενώ στο εσωτερικό του παρουσιάζονταν προβολές.

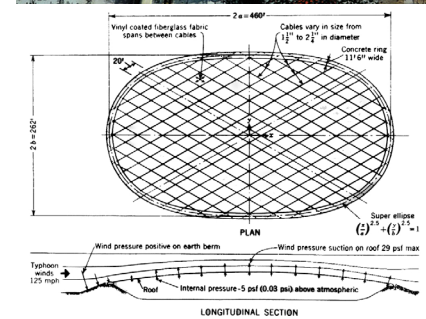
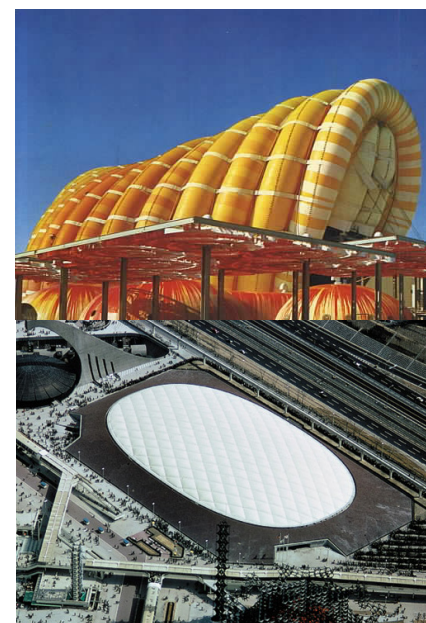
Στην διεθνή έκθεση του 1963-4 στη Νέα Υόρκη, ξεχώρισαν οι φουσκωτές οροφές των “*Brass Rail Restaurant Pavilions*”, οι οποίες ήταν προϊόν άλλης μιας συνεργασίας μεταξύ των *Lundy, Severud* και της *Birdair*. Αποτελεί ένα από τα πιο εντυπωσιακά παραδείγματα φουσκωτών κατασκευών στο χώρο της αρχιτεκτονικής, με έντονη θεατρικότητα και επιβλητικό χαρακτήρα, αποδεικνύοντας την πλαστική δυνατότητα που προσφέρουν αυτού του είδους οι κατασκευές. Κάθε μία αποτελούσε μία γλυπτική μορφή σαν σύνθεση από σαπουνόφουσκες που αιωρούνταν πάνω από τον χώρο του αναψυκτηρίου, με ύψος 23 μέτρων και διάμετρο 18 μέτρων. Το σύνολο της κατασκευής στηριζόταν σε ένα “κατάρτι”, ενώ το βράδυ φωτιζόταν εσωτερικά, με αποτέλεσμα να γίνεται εμφανής η πολυπλοκότητα της κατασκευής αλλά και ακόμα πιο εντυπωσιακή.

Πληθώρα φουσκωτών περιπτέρων παρουσιάστηκαν το 1970 στην Οσάκα της Ιαπωνίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεγάλη διάδοση αυτού του τρόπου κατασκευής κατά την προηγούμενη δεκαετία αλλά και στην ποιότητα του εδάφους και την έντονη σεισμικότητα της περιοχής. Ξεχώρισαν από αυτά το “*Fuji Pavilion*” και το “*American Pavilion*”.

Πάνω: “*Panamerican Airways Pavillion*”, 1958.

(<http://users.telenet.be/nevi/expo58/belgiansection/index.htm>)

Κάτω: Μία από τις οροφές των “*Brass Rail Restaurant Pavilions*”, 1959. (Roger N. Dent, 1971, “*Principles of Pneumatic Architecture*”. Λονδίνο, Tht Architectural Press)



Το πρώτο σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα *Yutaka Murata* και τον μηχανικό *Mamoru Kavaguchi*. Ήταν ένα air inflated rib structure, αποτελούμενο από 16 αψίδες ίσου αρχικού μήκους, τοποθετημένες στη σειρά ώστε να διαμορφώνουν μία κυκλική κάτοψη. Το δεύτερο σχεδιάστηκε από τους *Davis Brody, David Geiger* και *Walter Bird*. Το περίπτερο ήταν ένας θόλος χαμηλού αεροδυναμικού προφίλ σε κάτοψη οβάλ σχήματος, όπου η μεμβράνη μεταβίβαζε τις εντάσεις της αρνητικής πίεσης στο φέρον πλέγμα καλωδίων (hybrid pneumatic structure). Με διαστάσεις 142 μέτρα μήκος, 83 μέτρα πλάτος, αλλά μόλις 6,1 μέτρα ύψος, θεωρήθηκε ένα από τα πιο εκλεπτυσμένα δείγματα “φουσκωτής” αρχιτεκτονικής, καθώς παρά το μέγεθός του ξεχώρισαν η γοητευτική διακριτικότητα και απλότητα των γραμμών του.

Αριστερά πάνω: *Fuji Pavilion*, Expo '70, Osaka.

(*Jung Yun Chi* and *Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti*, “*An Outline of the Evolution of Pneumatic Structures*”, University of Sao Paolo)

Αριστερά κάτω: Άποψη, άνοψη και τομή του *American Pavilion*, Expo '70, Osaka. (<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/OSAKA/cable.html>)

Κάτω: Πανοραμική άποψη της Expo του 1970 στην Osaka. (http://www.portlandart.net/archives/2013/05/space_and_stone.html)



Ουτοπικές Ομάδες

Ant Farm

Σχηματίστηκαν το 1968, με έδρα το San Fransisco και το Houston, από τους Doug Michels και Chip Lord, ενώ σύντομα προστέθηκαν οι Curtis Scheir, Hudosh Marquez και W. Douglas Hurr. Άλλα μέλη προστέθηκαν και αποχώρησαν κατά καιρούς. Οι ίδιοι, όλοι τους φοιτητές αρχιτεκτονικής, εγκατέλειψαν τις σπουδές τους αναζητώντας μία εναλλακτική αρχιτεκτονική έκφραση, στα πλαίσια ενός νομαδικού κοινοβιακού τρόπου ζωής (οι ίδιοι περιέγραφαν τους εαυτούς τους ως “*pneumads*”). Αυτοπροσδιορίζονταν ως μία ομάδα “underground architecture”, παρομοιάζοντας τους εαυτούς τους με μία αποικία μυρμηγκιών (ant farm). Συστήθηκαν στον αρχιτεκτονικό κόσμο διακόποντας ένα συνέδριο του American Institute of Architects για να μοιράσουν το μανιφέστο της ομάδας. Ασχολήθηκαν με τα inflatables αλλά και με άλλες μορφές τέχνης, πέραν της αρχιτεκτονικής, όπως τα βίντεο, η performance art και διάφορα instalations, προσπαθώντας να αρθρώσουν μία κριτική στη μαζική κουλτούρα και τον υπερκαταναλωτισμό της Αμερικανικής κοινωνίας και στα μέσα μαζικής ενημέρωσης.

Το 1969 έγινε η γνωριμία της ομάδας με τα inflatables, όταν ο Charley Tilford έδειξε στα μέλη της Ant Farm πως να κατασκευάζουν απλά και φθηνά air supported κατασκευές από πολυαιθυλένιο, μονωτική ταινία και παλιούς χρησιμοποιημένους ανεμιστήρες. Τον επόμενο χρόνο πειραματίστηκαν φτιάχνοντας μια σειρά από inflatables για διάφορες εκδηλώσεις. Τα περισσότερα από αυτά ήταν απλά air supported envelope structures (*white pillows*). Το πρώτο και μεγαλύτερο από όλα έφτανε σε διαστάσεις τα 30x30 μέτρα. Η σύνθεση της ομάδας εκείνη την περίοδο περιλάμβανε τους Marquez, Lord, Hurr, Schreier και Michels, καθώς και τους Andy Shapiro, Kelly Gloger, Fred Unterseher, Michael Wright και Joe Hall.

Τον Ιανουάριο του 1971 οι Lord, Schreier, Shapiro, Marquez, Hurr και Michels, με τη βοήθεια των Sylvia Dreyfus,

"Air Emergency". Berkeley, 1972.
(Ant Farm, "Inflatocookbook", 1973)



Charley Tilford και Sotiri Kitrilakis πραγματοποίησαν την έκδοση του “*Inflatocookbook*”, όπως ονόμασαν το βιβλίο τους που κυκλοφόρησε με τη μορφή περιοδικού. Σε αυτό, με χιουμοριστικά κείμενα, εισάγουν τον αναγνώστη στον “χαρούμενο” κόσμο των φουσκωτών κατασκευών. Περιείχε, ακόμα, μία σειρά από σχέδια, κόμικ, παιχνίδια αλλά και πληροφορίες για το πώς να κατασκευάσει κανείς απλά και εύκολα με καθημερινά υλικά τη δική του air supported κατασκευή. Τέλος, παρουσιάζονταν σχέδια τις ομάδας και δημοσιεύσεις που αναφέρονταν σε δράσεις που είχαν πραγματοποιήσει. Οι επιρροή από την ομάδα Archigram από τη Μεγάλη Βρετανία και τα κόμικ είναι ιδιαίτερα εμφανείς στο *Inflatocookbook*.

Στην πρώτη του έκδοση κυκλοφόρησαν 2000 αντίτυπα, ενώ έγινε και δεύτερη έκδοση, με κάποιες συμπληρώσεις και αλλαγές τον Ιούλιο του 1973.

“In case you hadn’t figured out a reason or excuse, why to build inflatables, becomes obvious as soon as you get people inside. The freedom and instability of an environment where the walls are constantly becoming the ceilings and the ceiling the floor and the door is rolling around the ceiling somewhere releases energy that is usually confined by the xyz planes of the normal box-room. The new-dimensional space becomes more or less whatever people decide it is - a temple, a funhouse, a suffocation torture device, a pleasure dome. A conference, party, wedding, meeting, regular Saturday afternoon becomes a festival.

To unfold inflate and see each other in a black white red purple cloud balloon can (conditions right) help to break down people’s category walls about each other and their own abilities and can be a hint at the idea maybe maybe anybody can should must take space-making beautifying into her, his own hands.”²

Χαρακτηριστικό παράδειγμα από τις δράσεις των Ant Farm είναι το “*Air Emergency*”. Αυτό παρουσιάστηκε την άνοιξη του 1972 σε διάφορα αμερικανικά πανεπιστήμια, μεταξύ των οποίων και το Berkeley, στις 21 Απριλίου του ίδιου έτους. Στα πλαίσια αυτού, τα μέλη της ομάδας φούσκωναν το CAP1500 (Clean Air Pod), ένα από τα air pillows της

ομάδας με διαστάσεις 12x12 μέτρα, στον υπαίθριο χώρο του πανεπιστημίου. Στη συνέχεια, μία σειράνα ειδοποιούσε τους φοιτητές να εκκενώσουν τους χώρους του ιδρύματος. Έξω, τα μέλη της ομάδας, ντυμένα με λευκές ρόμπες και αντιασφυξιογόνες μάσκες ενημέρωναν τους φοιτητές από τα μεγάφωνα πως ο αέρας είναι μολυσμένος και όσοι δεν κατάφεραν να προστατευθούν θα πέθαιναν σε 15 λεπτά. Για να αποφύγουν τον κίνδυνο μπορούσαν να μπουκ στο CAP1500, το οποίο, τους ενημέρωναν, ότι έχει ελεγχθεί στον Ακρόπο από κυβερνητική έρευνα και καθαρίζει τα “μολυσμένα” άτομα. Παράλληλα, κολλούσαν κίτρινα αυτοκόλλητα στα μέτωπα όσων στέκονταν έξω και κοιτάζοντας διστακτικά, τα οποία ισχυρίζονταν πως επικοινωνούν με δορυφόρους και καταγράφουν τις τελευταίες κινήσεις των “μολυσμένων”, ενώ οι ίδιοι, συστήνονταν με ονόματα όπως F-310 και δήλωναν πως είναι προγραμματισμένοι να απαντούν μόνο σε ερωτήσεις από τον τύπο.

Η ομάδα σταμάτησε τις εργασίες τις όταν καταστράφηκε το εργαστήριο και μεγάλο μέρος του αρχείου τους από πυρκαγιά το 1978.

Haus-Rucker-Co

Η Haus-Rucker-Co ιδρύθηκε το 1967 στη Βιέννη από τον Laurids Ortner, Günther Zamp Kelp και Klaus Pinter, αργότερα προσχώρησε σε αυτή και ο Manfred Ortner. Το έργο τους διερευνούσε την ερμηνευτική (performative) δυνατότητα της αρχιτεκτονικής μέσα από τις εγκαταστάσεις και δράσεις χρησι-μοποιώντας φουσκωτές κατασκευές και προσθετικές συσκευές, που άλλαζαν την αντίληψη του χώρου. Οι ανησυχίες που εκφράζουν ταιριάζουν με αυτές άλλων ουτοπικών αρχιτεκτονικών “πειραμάτων” της δεκαετίας του 1960 από ομάδες όπως η Superstudio, η Archizoom, η Ant Farm και η Himmelblau Coop. Παράλληλα με αυτές τις ομάδες, η Haus-Rucker-Co εξερευνούσε από τη μία πλευρά, το δυναμικό της αρχιτεκτονικής ως μία μορφή κριτικής, και από την άλλη τη δυνατότητα σχεδιασμού για πειραματικά περιβάλλοντα και ουτοπικές πόλεις.

Βασίζόμενοι στις ιδέες των Καταστασιακών που θεωρούν το

Κάτω: Oase No.7, 1972.
 Δίπλα: 1. Yellow Hurt, 1968.
 2. Environment Transformer, 1968
 (όλα από: <http://www.ortner-ortner.com/?load=hausruckerco&lang=en&site=ortner>)



παιχνίδι ως μέσο για τη συμμετοχή των πολιτών, δημιούργησαν performances όπου οι θεατές γίνονταν οι συμμετέχοντες και μπορούσαν να επηρεάσουν και να αλλάξουν το περιβάλλον τους. Οι εγκαταστάσεις αυτές ήταν συνήθως φουσκωτές κατασκευές, όπως το “Oase No. 7” (1972), το οποίο δημιουργήθηκε για την Documenta 5 στο Κάσελ, της Γερμανίας. Μια φουσκωτή κατασκευή που αναδύεται από την πρόσοψη του υφιστάμενου κτιρίου δημιουργώντας ένα χώρο για χαλάρωση και παιχνίδι. Νωρίτερα, οι διάφορες εκδόσεις της σειράς “Environment Transformer” (1967-1969), που αποτελείται από κρήνη που επηρεάζουν τον τρόπο που αντιλαμβάνονται το άμεσο περιβάλλον τους εκείνοι που τα φορούν, όπως για παράδειγμα το “Fly Head” παραμορφώνει την όραση και την ακοή του χρήστη για να δημιουργήσει μια εντελώς νέα αντίληψη της πραγματικότητας. Αποτελεί, επίσης, ένα από τα πιο χαρακτηριστικά έργα τους. Τέλος, η ιδέα ότι μια συμπυκνωμένη εμπειρία του χώρου θα μπορούσε να προσφέρει μια άμεση προσέγγιση για αλλαγές στη συνείδηση οδήγησε στην κατασκευή μιας κάψουλας χώρου με πεπιεσμένο αέρα, που ονομάζεται “Yellow Heart”. Μέσα από μια “κλειδοτρυπα” από τρία φουσκωτά δαχτυλίδια μπορούσε κανείς να φτάσει σε ένα διαφανές πλαστικό στρώμα. Με μόλις αρκετό χώρο για δύο άτομα που προβάλλεται από το κέντρο ενός σφαιρικού όγκου, ο οποίος αποτελείται από μαλακούς φουσκωτούς θαλάμους. Ξαπλωμένος εκεί θα μπορούσε κανείς να αντιληφθεί ότι τα γεμάτα με αέρα “μαξιλάρια” της οροφής, που σχεδόν τον άγγιζαν, σιγά-σιγά απομακρύνονταν, δηλαδή ο περιβάλλον χώρος φαίνεται να μεγαλώνει, σχηματίζοντας, τελικά, μια διαφανή σφαίρα, ενώ στη συνέχεια, σε μια αντίστροφη κίνηση, έρεε και πάλι προς τα έξω. Μεγάλες κουκίδες διατάσσονται σε ένα πλέγμα επί των εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών των φουσκωτών κελυφών αλλάζοντας από ρυθμικά κύματα σε μία σαφή διάταξη, δημιουργώντας την ψευδαίσθηση ότι ο χώρος ταλαντωνόταν σε παρατεταμένα διαστήματα.

Οι εγκαταστάσεις των Haus-Rucker-Co υπηρέτησαν ως μια κριτική στους περιορισμένους χώρους της αστικής ζωής παράγοντας εφήμερη αρχιτεκτονική, ενώ οι συσκευές τους έχουν σχεδιαστεί για να ενισχύσουν τις αισθητικές εμπειρίες και να τονίσουν τη σημασία αυτών που θεωρούνται δεδομένα.

Utopie Group

"The group promulgated its ideology in the ultraleftist tradition which had been renewed by the contributions of the situationists and Henri Lefebvre. The mood of the times, dominated by leftist political radicalism, was unquestionably favorable to the denunciation of urban planning as the instrument of the powers of depression.

...
These conditions ensured the success of a way of thinking that reflected an oversimplified alienation in the guise of a "critique of consumer society".³

Σχηματίστηκαν το 1967, από τους αρχιτέκτονες Jean Paul Jungmann, Jean Aubert και Antoine Stinco μαζί με τους θεωρητικούς Hubert Tonka και Jean Baudrillard, σαν μια κριτική στο εκπαιδευτικό σύστημα των σχολών αρχιτεκτονικής στο Παρίσι και στις πολεοδομικές αναπλάσεις από τον τότε πρόεδρο Charles De Gaulle. Επηρεασμένοι από τη φιλοσοφία και την κριτική του Henri Lefebvre στην σύγχρονη κοινωνία, την ομάδα Archigram από το Λονδίνο, τα αμερικάνικα κόμικ και τα geodesic domes του Buckminster Fuller, ξεκίνησαν την έκδοση του περιοδικού Utopie το 1966, στο οποίο παρουσίαζαν το όραμα τους για έναν κόσμο όπου η λογική του εφήμερου, ρευστού, επαναχρησιμοποίησιμου και φορητού θα αντικαθιστούσε την απολυτότητα και τη σκληρότητα που πίστευαν πως χαρακτηρίζει την αρχιτεκτονική της μεταπολεμικής περιόδου. Επικεφαλής της έκδοσης ήταν ο Hubert Tonka.

Ο Jean Aubert σε συνέντευξή του το 1997 περιγράφει την πρώτη γνωριμία τους το 1965-6, όπου ένας νέος κοινωνιολόγος, προστατευόμενος του Henri Lefebvre, ονόματι Hubert Tonka, εμφανίστηκε και μίλησε σε μία ομάδα φοιτητών στο Ecole de Beaux Art στο Παρίσι, μεταξύ των οποίων ήταν και οι Stinco, Jungmann και Aubert.



Το εξώφυλλο του πρώτου τεύχους. Μάιος 1967. (φωτογραφία από το διαδίκτυο)

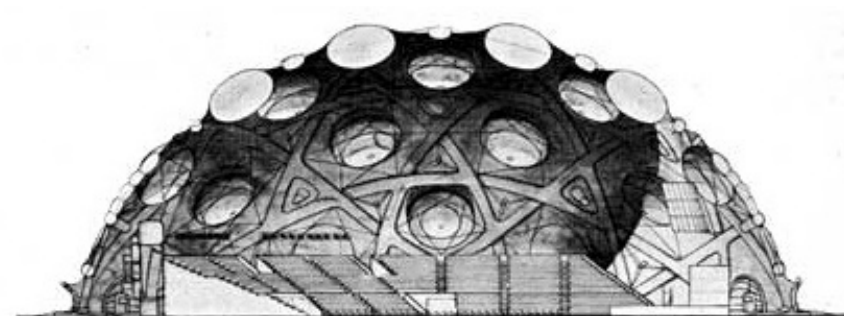
"Tonka arrived [at the Ecole de Beaux-Arts]. Everyone knew each other in the studios, we knew who was who, from which studio...And then, all of a sudden, this blond guy shows up, who comes from another world...He starts to talk to us about things we've never heard of before. What the hell! [Gaston] Bachelard, [Martin] Heidegger. We knew Mies van der Rohe, Le Corbusier, [Walter] Gropius, very well, Perret even more... but Heidegger! He got us out of the rut we'd been stuck in the previous twenty years... He was assistant to Henri Lefebvre, a professor. Lefebvre was the most astonishing guy, who lugged his academic chair around with him. He was absolutely unattached to any department, so with his own chair, he set up shop wherever he wanted... So he set up his professor's chair, no less, a university chair, after having gone to Strasbourg and having been one of the catalysts of the situationist movement with [Mustapha] Khayati, at the urban affairs institute on rue Michelet, and gave courses. Tonka was the intermediary. Before that we didn't go."⁴

Οι διπλωματικές εργασίες τους εκπονήθηκαν το 1967 στο Ecole des Beaux Art, την τελευταία δηλαδή περίοδο λειτουργίας του τμήματος της αρχιτεκτονικής, με κοινό υπόβαθρο και αλληλεπίδραση των τριών τότε φοιτητών τόσο μεταξύ τους όσο και με τα υπόλοιπα μέλη του Utopie Group. Είναι τρία total pneumatic hybrids, τα οποία φανερώνουν τη διάθεση για πειραματισμό με νέες μορφές, επηρεασμένες σε μεγάλο βαθμό από την αισθητική των κόμικ, ενώ παράλληλα δηλώνουν την αντίθεση στο ήδη δομημένο περιβάλλον και την αλλοτρίωση που δημιουργεί στις σύγχρονες αστικές κοινωνίες, όπως αυτό περιγράφεται από τον Lefebvre. Αποτελούν ταυτόχρονα μία μεταφορά και ένα ειρωνικό σχόλιο στην αστικοποίηση και τον καταναλωτισμό, αντιπαραθέτοντας το «παιχνιδιάρικο», ζωντανό και ευμετάβλητο χαρακτήρα και το χαμηλό κόστος τέτοιων κατασκευών.

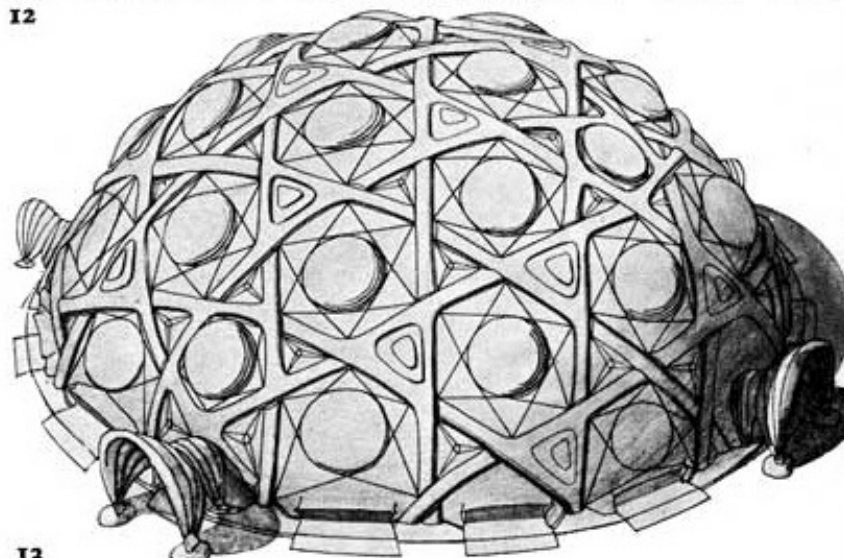
Jean Aubert, *A Traveling theater for 5000 spectators*. Διπλωματική εργασία, Ecole National Supérieur des Beaux-Arts. Ιούλιος 1967.

Η κατασκευή είναι ένας αυτοφερόμενος θόλος, με 80 μέτρα διάμετρο και 27 μέτρα ύψος. Φουσκωτοί σωλήνες σχηματίζουν ένα σκελετό σε geodesic pattern. Οι σωλήνες είναι ενσωματωμένοι στη μεμβράνη που αποτελεί το κάλυμμα της κατασκευής. Το συνολικό βάρος της κατασκευής δεν υπερβαίνει τους 24,5 τόνους, ενώ μεταφέρεται από ένα στόλο 31 φορτηγών, τα οποία όταν στηθεί η κατασκευή χρησιμεύουν ως γραφεία, βεστιάρια κλπ.



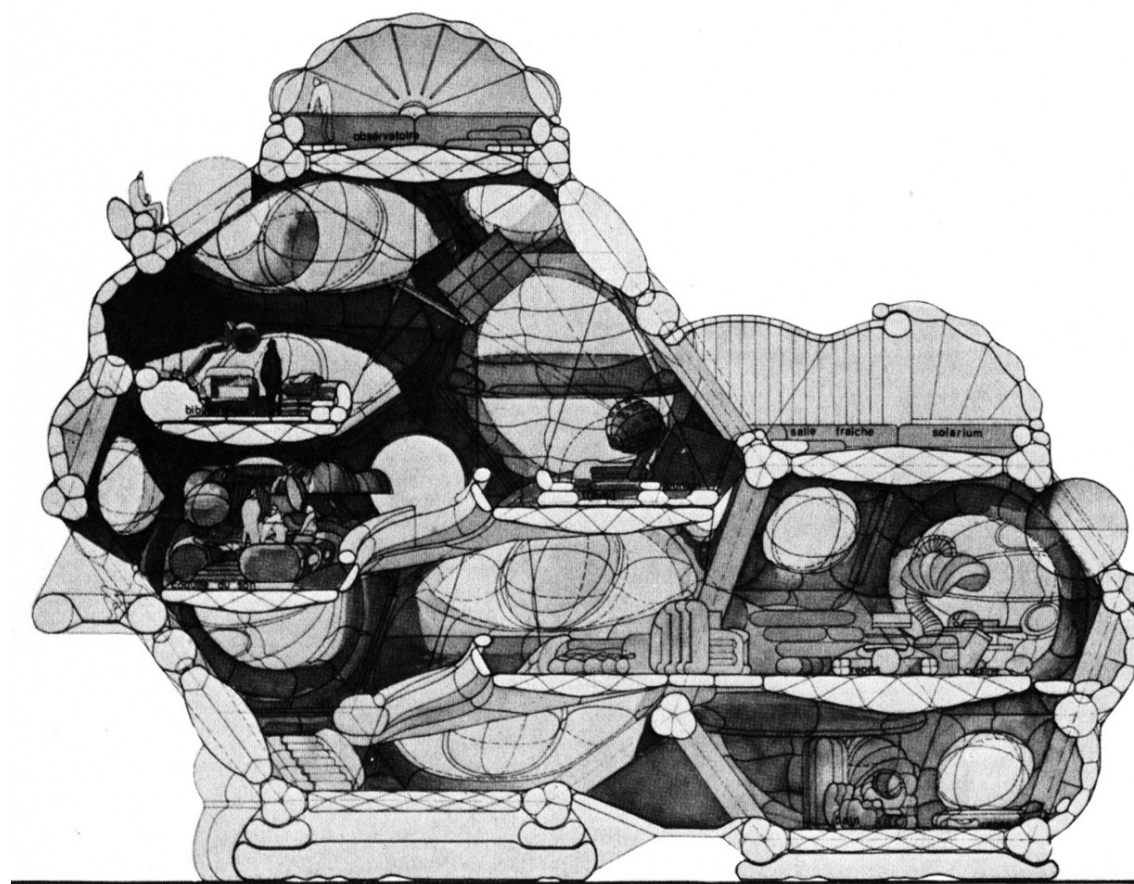


12



13

Jean Aubert, A Traveling theater for 5000 spectators. (από το διαδίκτυο)

Jean-Paul Jungmann, Dyodon, Experimental pneumatic dwelling. (<http://www.jeanpauljungmann.fr/>)

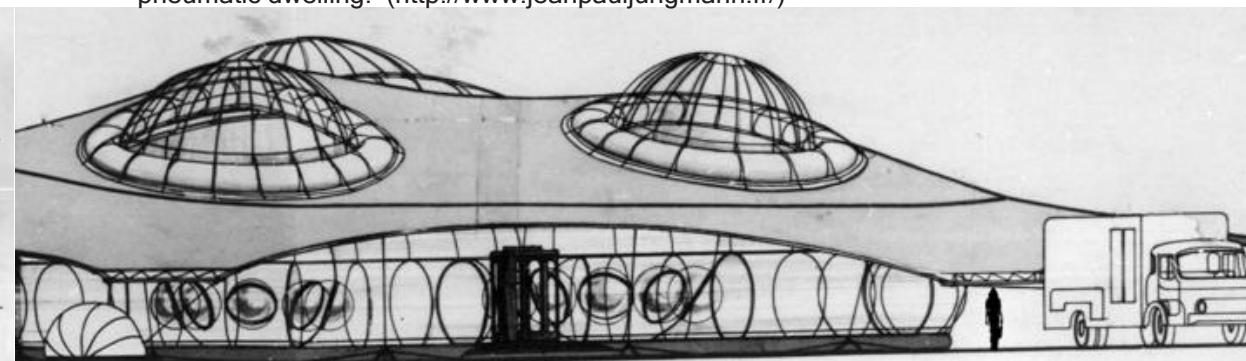
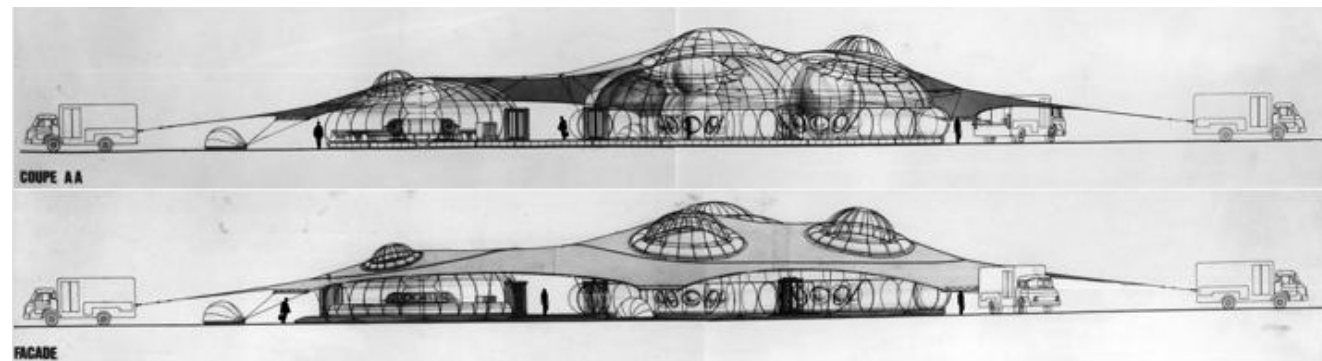
Jean-Paul Jungmann, Dyodon, experimental pneumatic dwelling. Διπλωματική εργασία, Ecole National Supérieure des Beaux-Arts. Ιούνιος 1967.

Η πρόθεση του Jungmann ήταν να σχεδιάσει ένα κινητό άσυλο ανάπαυλας των σύγχρονων αστών. Πήρε το όνομά του από το ψάρι που φουσκώνει απότομα όταν βρεθεί σε απειλή. Σε αντίθεση με τις άλλες δύο διπλωματικές εργασίες, οι οποίες στοχεύουν στη στέγαση κοινωνικών δραστηριοτήτων και απευθύνονται στη δημόσια αστική ζωή, αυτή επιχειρεί να λειτουργήσει στα πλαίσια του ιδιωτικού. Συνιστά μία αναπαράσταση του παραδόξου της αστικής ζωής, με τάσεις φυγής και απομόνωσης, “στεγανοποιημένο” έναντι σε κάθε περιβάλλον, αλλά προσαρμόσιμο σε όλα. Σαν υπερβολική αντίδραση σε μια απειλή της προλεταριοποίησης.

Η κατασκευή αποτελείται από διαφανή ή αδιαφανή φουσκωτά ισόπλευρα πανέλα, άλλα τετράγωνα, εξάγωνα ή οκτάγωνα. Σχηματίζοντας ένα rhombicuboctahedron, πλαισιωμένο από έναν όγκο του Κέλβιν. Τα πανέλα γεμίζονταν με αέρα, νερό, χρωματισμένα αέρια, ήλιο ή ακόμη και χώμα.

Antoine Stinco, Itinerant Exhibition Hall for Objects of Everyday Life. Διπλωματική εργασία, Ecole National Supérieure des Beaux-Arts. Ιούνιος 1967.

Τέσσερις πνευματικά εντεταμένες σφαίρες (οι προθήκες για τα αντικείμενα) συγκρατούνται από μία προεντεταμένη μεμβράνη, σχηματίζοντας μία υβριδική φουσκωτή κατασκευή. Πρόκειται για μια διάταξη την οποία ο Stinco έχει δανειστεί από τα πειράματα με τις σαπουνόφουσες του Frei Otto.

Antoine Stinco, Itinerant Exhibition Hall for Objects of Everyday Life. Τομή, όψη και λεπτομέρεια. (<http://www.stinco.fr>)

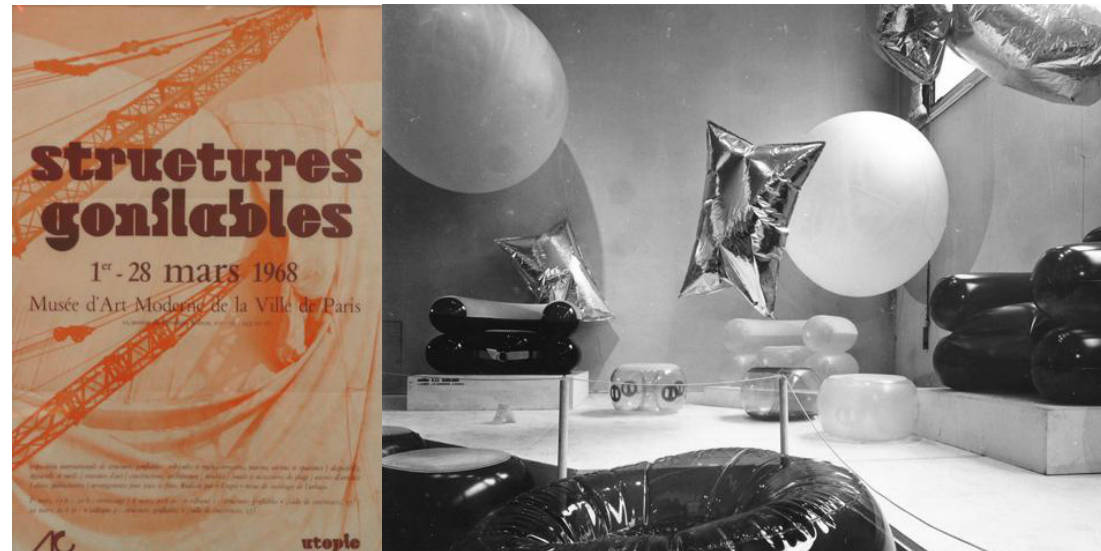
Αυτή παρουσιάστηκε σαν μία διαφορετική εκδοχή του Salon des Arts Menagers (έκθεση οικιακών αντικειμένων η οποία λειτούργησε ως δείγμα του γαλλικού νεωτερισμού στις δεκαετίες του '50 και του '60), επηρεασμένη και πάλι από την κοινωνιολογία της καθημερινότητας του Henri Lefebvre. Η τομή της μεμβράνης, η τοποθέτηση και η ιεραρχία των σφαιρών ενισχύουν την οργανική γλώσσα του έργου που μπορεί να διαβαστεί ως το σώμα ενός φανταστικού τέρατος -η κοινωνία της κατανάλωσης- χωρίς κόκαλα, εκτεθειμένο για τον κοινωνιολόγο να το εξετάσει.

Η ολοκληρωμένη έκφραση του οράματος των μελών της ομάδας παρουσιάστηκε το Μάρτιο του 1968 στην έκθεση που οργάνωσαν, με τίτλο Structures Gonflables στο Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris. Σκοπός ήταν η επέκταση της ιδέας σε έναν διαφορετικό ολοκληρωμένο τρόπο ζωής, όπου όπως είπε ο Μαρξ "όλα όσα ήταν στέρεα μετατράπηκαν σε αέρα"(all that was solid had melted into air). Μέρος της έκθεσης αποτελούσαν φουσκωτά προϊόντα από εταιρίες όπως η Goodyear, η Firestone και η Zodiac, μαζί με έπιπλα, διακοσμητικά και γλυπτά, καθώς και τα "Dyodon", "Itinerant Exhibition Hall for Objects of Everyday", "A Traveling theater for 5000 spectators".

Η περίοδος δραστηριότητας της ομάδας δεν ήταν απλά σύγχρονη των γεγονότων που οδήγησαν στην κορύφωσή τους το Μάη του 1968, αλλά και με κοινό ιδεολογικό περιεχόμενο. Έτσι, για τα μέλη της ομάδας, όπως και μεγάλο αριθμό φοιτητών που συμμερίζονταν τις αναζητήσεις πίσω από το ιδεολογικό υπόβαθρο της μεταπολεμικής αρχιτεκτονικής και των αστικών τοπίων που δημιουργεί, το δίλημμα του Le Corbusier "αρχιτεκτονική ή επανάσταση", είχε ήδη απαντηθεί.

Μετά τα γεγονότα του Μαΐου, ωστόσο, οι διαφορές που προέκυψαν μεταξύ των τριών αρχιτεκτόνων και των υπόλοιπων μελών τις ομάδας οδήγησαν στη διάλυση της ομάδας και την αποχώρηση των Stinco, Jungmann και Aubert από το περιοδικό Utopie.

Αφίσα και φωτογραφία από την έκθεση "Structures Gonflables", 1968. (<http://www.stinco.fr/>)



Coop-Himmelblau

Οι Coop Himmelblau αποτελούνται από τους Wolf Prix, Helmut Swiczinsky και Michael Holzer. Σχηματίστηκαν το 1968 στη Βιέννη και παρά το γεγονός ότι σήμερα ανήκουν στη σκηνή του αρχιτεκτονικού Ντεκονστρουκτιβισμού, στο ξεκίνημά τους πραγματοποίησαν έργα που κινούνται μεταξύ της αρχιτεκτονικής και των installations τα οποία τους κατατάσσουν μεταξύ των ουτοπικών αρχιτεκτονικών ομάδων της περιόδου. Δύο από αυτά αξίζει να αναφερθούν ως φουσκωτές κατασκευές. Το "Restless Sphere" παρουσιάστηκε το 1971 στο Basel της Ελβετίας. Ήταν μία φουσκωτή σφαίρα (air supported structure) διαμέτρου τεσσάρων μέτρων. Σε αυτή μπορούσε κανείς να εισέλθει, με σκοπό τη διαδραστική παρουσίαση των δυνατοτήτων και των χαρακτηριστικών των φουσκωτών κατασκευών, καθώς όταν κάποιος κινούνταν μέσα σε αυτή επηρέαζε και την δική της κίνηση. Το δεύτερο ονομάζεται "The Cloud" και κατασκευάστηκε μερικά χρόνια νωρίτερα, το 1968, στα πλαίσια της μελέτης "Living forms for the future" (Μορφές κατοίκησης για το μέλλον) για την έκθεση "Documenta V". Πρόκειται για έναν "οργανισμό διαβίωσης"⁵, κινητό και με μεταβαλλόμενους χώρους. Ανήκει στα καθαρά ουτοπικά έργα, προτείνοντας ένα νέο είδος κατοίκησης, όπου, όπως περιγράφεται από τα μέλη της ομάδας, ήταν κατασκευασμένο από "αέρα και δυναμική" ("air and dynamics"⁶). Ο κοινός παρονομαστής στα δύο αυτά έργα τους είναι ακριβώς το ουτοπικό όραμα που εκφράζουν μέσω των ιδιοτήτων των φουσκωτών κατασκευών και κυρίως αυτής της ιδιότητάς τους να εξάπτουν τη φαντασία αυτού που έρχεται για πρώτη φορά σε επαφή μαζί τους, με την τέλεια απλότητά τους.

1: F.W. Lanchester, Patent 119,339, 1917.

2: Inflatocookbook, 1973

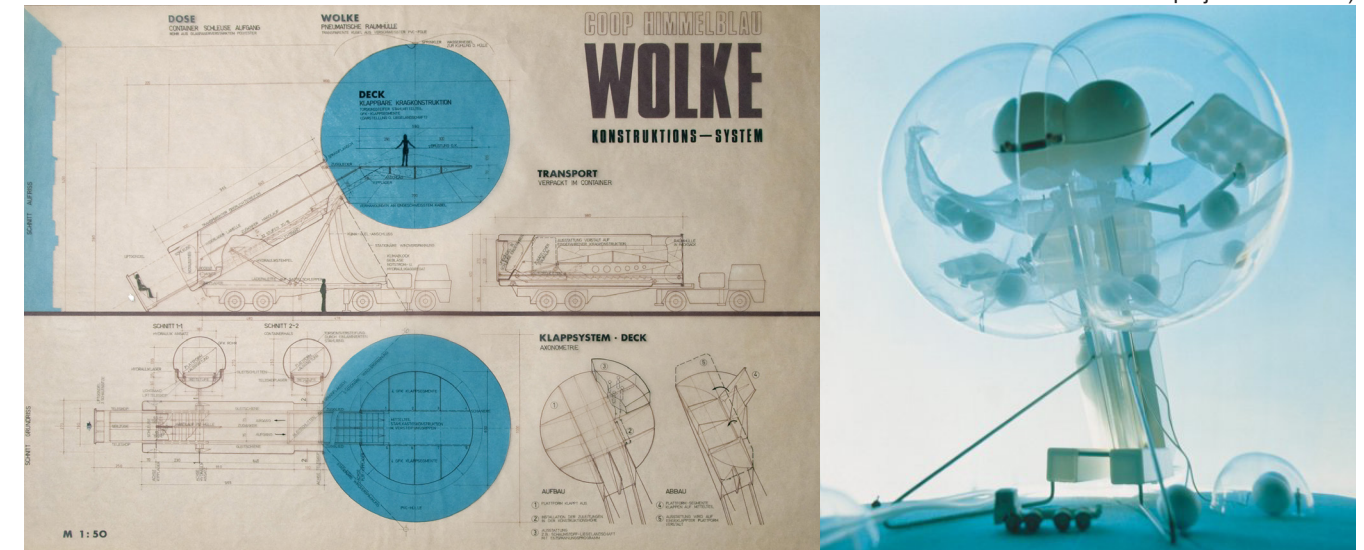
3: Jean-Louis Violeau, The inflatable moment, Pneumatics and protest in May '68, σελ.37

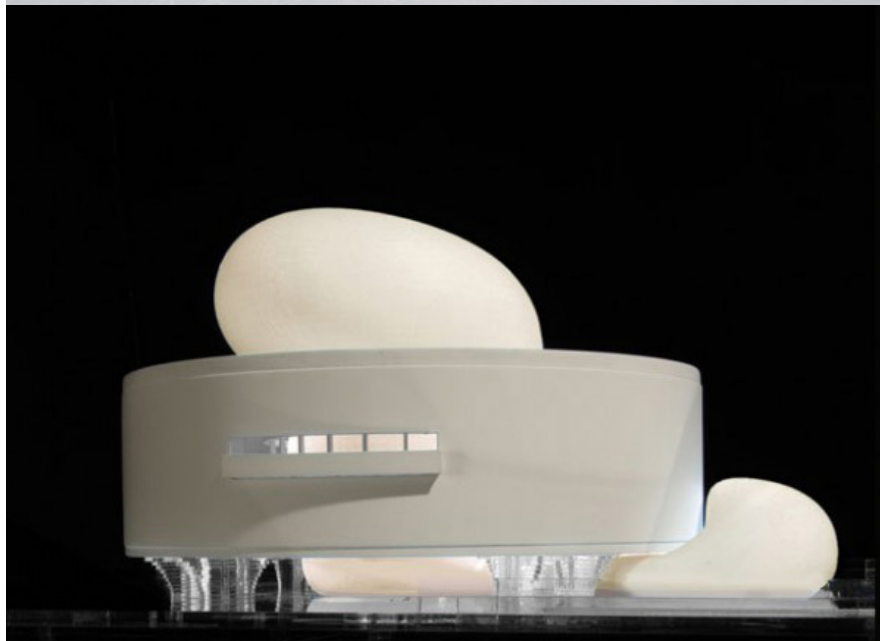
4: The inflatable moment, Pneumatics and protest in May '68, σελ.42

5: <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/the-cloud/>

6: <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/the-cloud/>

The Cloud, 1968.
(<http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/the-cloud/>)





1. Εσωτερικό του "Kiss the Frog" των MMW Architects, 2004. (www.mmw.no)
2. Μακέτα του "Hirshhorn's Bubble" των Diller Scofidio and Renfro. (www.dsny.com)

ΣΥΓΧΡΟΝΑ

Το κίνημα των φουσκωτών κατασκευών χάθηκε από το αρχιτεκτονικό προσκήνιο τόσο γρήγορα όσο εμφανίστηκε. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ως εποχιακές αποθηκευτικές μονάδες στον αγροτικό ή βιομηχανικό τομέα, λόγω της γρήγορης ανέγερσης και των μεγάλων χώρων χωρίς κάθετα δομικά στοιχεία. Αυτές οι κατασκευές είναι συνήθως απλά air supported κελύφη, σαν αυτό που είχε σχεδιάσει ο Lanchester στις αρχές του περασμένου αιώνα. Αμέτρητες εταιρίες σε όλο τον κόσμο ενεργοποιούνται στον τομέα τέτοιων καθαρά εμπορικών εφαρμογών των φουσκωτών κατασκευών.

Πιο περίπλοκες δομές άρχισαν να εμφανίζονται ξανά σποραδικά κατά τη δεκαετία του 1990 ως αρχιτεκτονικά installations. Αυτά επανέφεραν τον τρόπο σκέψης που επικρατούσε γύρω από αυτά 30 χρόνια νωρίτερα. Άλλοτε, δοκιμάζουν τη θέση των εφήμερων κατασκευών στη σύγχρονη κοινωνία θίγοντας ή αναδεικνύοντας κοινωνικά προβλήματα και άλλες φορές επιχειρούν να προσφέρουν στον επισκέπτη μία εμπειρία των αισθήσεων.

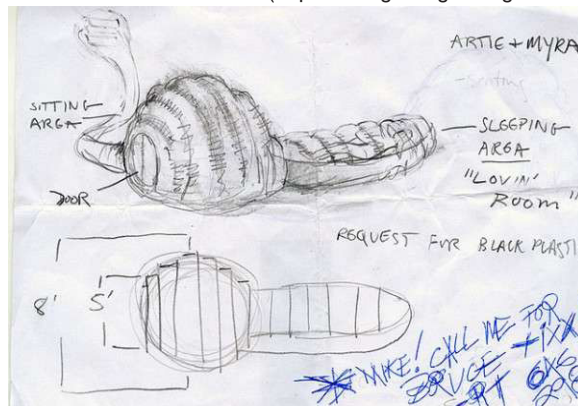
Parasites

Στην πρώτη αυτή κατηγορία ανήκει μία σειρά από air inflated κατασκευές με το όνομα “Parasites” που ξεκίνησε να φτιάχνει το 1998 Ο καλλιτέχνης Michael Rakowitz. Το ονομά τους περιγράφει την παρασιτική σχέση της κατασκευής με τα υπάρχοντα κτίρια. Συνδέοντας την απόληξη του φουσκωτού από πλαστικό σε μία έξοδο HVAC ενός κτιρίου γραφείων, για παράδειγμα, δημιουργείται ένα φουσκωτό κέλυφος με μέγεθος τέτοιο ώστε να μπορεί να ξαπλώσει μέσα του ένα άτομο. Είναι σημαντικό, ότι σε αυτή την περίπτωση, ο αέρας που χρησιμοποιείται δεν δίνει απλά τη μορφή της κατασκευής, αλλά παράλληλα, καθώς προέρχεται από την έξοδο συστημάτων αερισμού κτιρίων, παρέχει και θέρμανση του χώρου, αλλά είναι σημαντικό να μην έρθει σε επαφή με τον χρήστη. Τα “parasites” κατασκευάζονται από τον καλλιτέχνη από υλικά που μπορεί να βρει κανείς στο δρόμο, όπως πλαστικές σακούλες και μονωτική ταινία. Ακόμα, διπλώνουν και έχουν λαβές ώστε να μεταφέρονται σαν τσάντες.

Προορίζονται για την παροχή προσωρινού καταφυγίου στους αστέγους, ο δεν παρουσιάζεται, όμως, ως λύση. Προέκυψε ως αντίδραση του Rakowitz στο έντονο πρόβλημα των αστέγων σε διάφορες πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών και στις ακραίες, σε ορισμένες περιπτώσεις απάνθρωπες, λύσεις που υιοθετήθηκαν από δήμους και επιχειρήσεις προκειμένου να αποτρέψουν αστέγους να τρέφονται από σκουπίδια ή να κοιμούνται σε παγκάκια και πεζοδρόμια. Δεν είναι μια πρόταση για οικονομικά προσιτή κατοικία. Αφετηρία της είναι να παρουσιάσει μια συμβολική στρατηγική επιβίωσης για τους άστεγους μέσα στην πόλη, τονίζοντας την προβληματική σχέση μεταξύ αυτών που διαθέτουν κατοικία και εκείνων που δεν έχουν.

Περίπου τριάντα πρωτότυπα “παράσιτα” έχουν μοιραστεί από τον ίδιο τον καλλιτέχνη σε αστέγους στη Νέα Υόρκη, τη Βαλτιμόρη και τη Βοστώνη από το 1998 μέχρι σήμερα. Η ανέγερση και η χρήση αυτών από τους αστέγους στους δρόμους των πόλεων είχε ένα χαρακτήρα καλλιτεχνικού installation από τη μία πλευρά και σε ορισμένες περιπτώσεις διαμαρτυρίας,

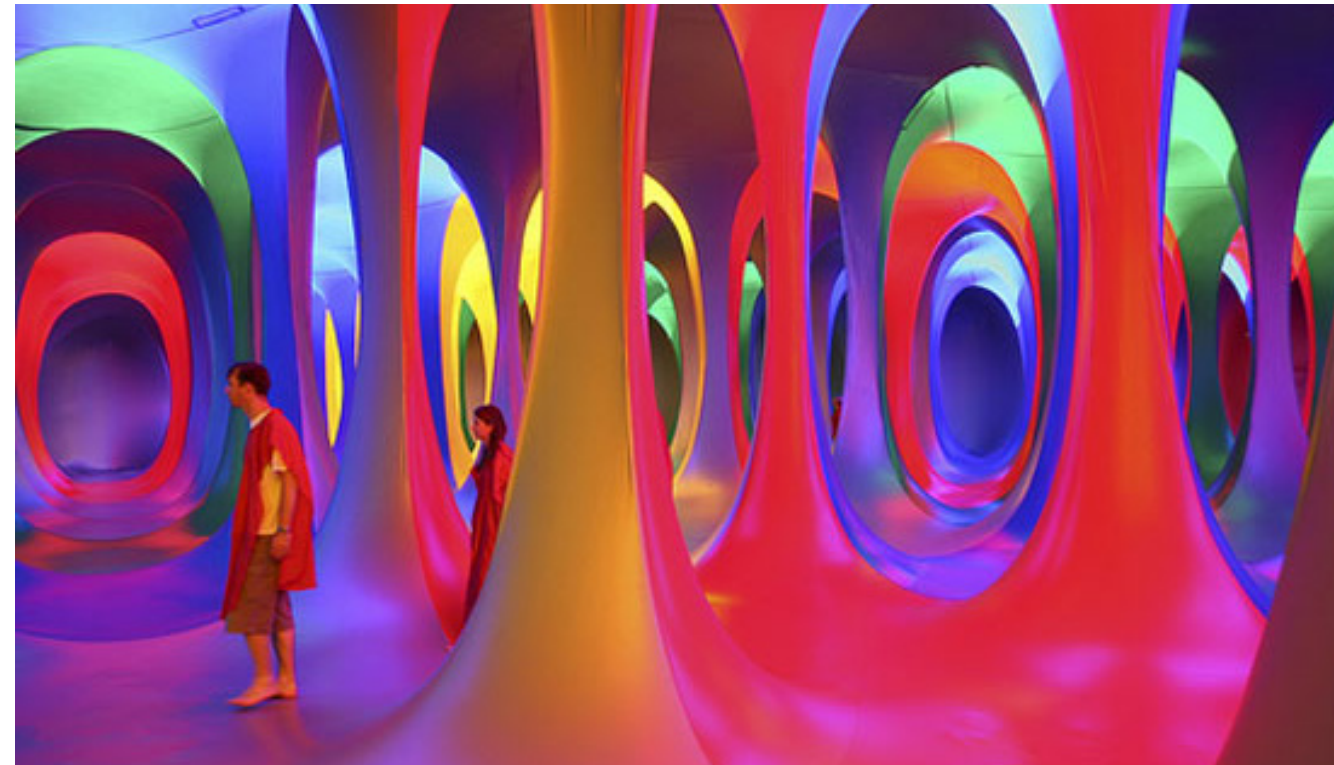
Τα παράσιτα του Michael Rakowitz.
(<http://www.gizmag.com/go/4455/>)



Maurice Agis

Όπως, είχε πει και ο ίδιος ο καλλιτέχνης ήθελε να προσφέρει μία “αρμονική χωρική εμπειρία” στους επισκέπτες. Η ιδέα γεννήθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1960 όταν ο Maurice Agis με τον τότε συνεργάτη του Peter Jones θέλησαν να δημιουργήσουν ένα έργο με το στοιχείο της ανθρώπινης κίνησης. Το 1980 ο Agis δημιούργησε μόνος του τελικά το “Colourscape” που αποτελούνταν από 49 πανομοιότυπες air inflated μονάδες, συνδεδεμένες ώστε να σχηματίζουν αφηρημένα γεωμετρικά μοτίβα αντιπαρατιθέμενα με τα έντονα χρώματα της PVC μεμβράνης και διαφορετικούς φωτισμούς. Το 1996 ακολούθησε το “Dreamspace”, στο οποίο είχε προστεθεί και η παράμετρος του ήχου, ενώ οι επισκέπτες φορούσαν χρωματιστές κάπες πάνω από τα ρούχα τους. Στα δέκα χρόνια που το τελευταίο ταξίδευε στην Ευρώπη προσφέροντας την εμπειρία ενός παραμυθένιου κόσμου, γνώρισε πέντε διαφορετικές εκδοχές. Η πορεία του σταμάτησε απότομα το καλοκαίρι του 2006, μετά από ατύχημα που σημειώθηκε στη διάρκεια μίας παρουσίασής του.

Maurice Agis, Dreamspace. (<http://www.designboom.com/art/maurice-agiss-dreamspace-breached-safety-rules/>)



Architects Of Air

Οι Architects of Air με επικεφαλής τον Alan Parkinson (ο οποίος ξεκίνησε να πειραματίζεται με φουσκωτές κατασκευές τη δεκαετία του 1980) και έδρα τους το Νότινγκαμ κατασκεύασαν τα “*luminaria*” –μία σειρά από μνημειώδεις φουσκωτές κατασκευές σχεδιασμένες να παράγουν μια αίσθηση θαυμασμού και γαλήνης με τη χρήση του φωτός και των χρωμάτων. Πρόκειται για μία μετεμψύχωση των έργων του Maurice Agis, με τα οποία έχει πολλά ακόμα κοινά σημεία εκτός από την εμπειρία που θέλει να προσφέρει. Η αρχή έγινε το 1990 με το “*Eggopolis*”, το οποίο ακολούθησαν άλλα 16, με τελευταίο το “*Exxopolis*” του 2012.

Το φυσικό φως μεταλλάσσεται από την έγχρωμη PVC μεμβράνη των τοιχωμάτων του κάθε luminarium και σε συνδυασμό με τη χρήση τεχνητού φωτισμού προκαλεί τις αισθήσεις του επισκέπτη. Μέσα από δαιδαλώδεις σήραγγες και θόλους που θυμίζουν σπήλαια, οι επισκέπτες κινούνται σε ένα κόσμο κορεσμένων ή διάφανων αποχρώσεων. Ζωηρές αντανάκλασεις ρευστών χρωμάτων χύνονται στις καμπύλες επιφάνειες του air inflated σώματος της κατασκευής δημιουργώντας έναν κόσμο πέρα από το φυσικό και καθημερινό. Δύο επισκέψεις ακόμα και στο ίδιο luminarium δεν είναι ποτέ ίδιες, με την ατμόσφαιρα στο εσωτερικό να αλλάζει ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες και την αλλαγή του εξωτερικού φωτισμού. Η εμπειρία επηρεάζεται επίσης

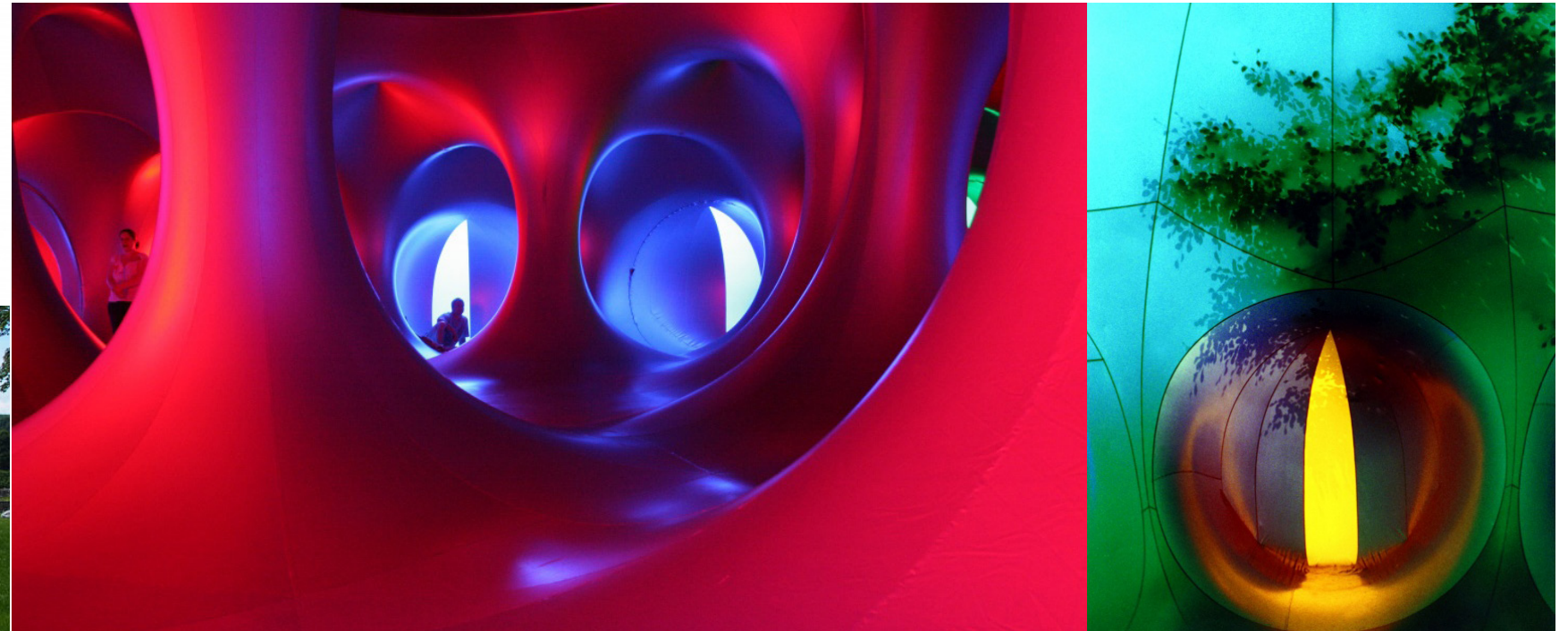
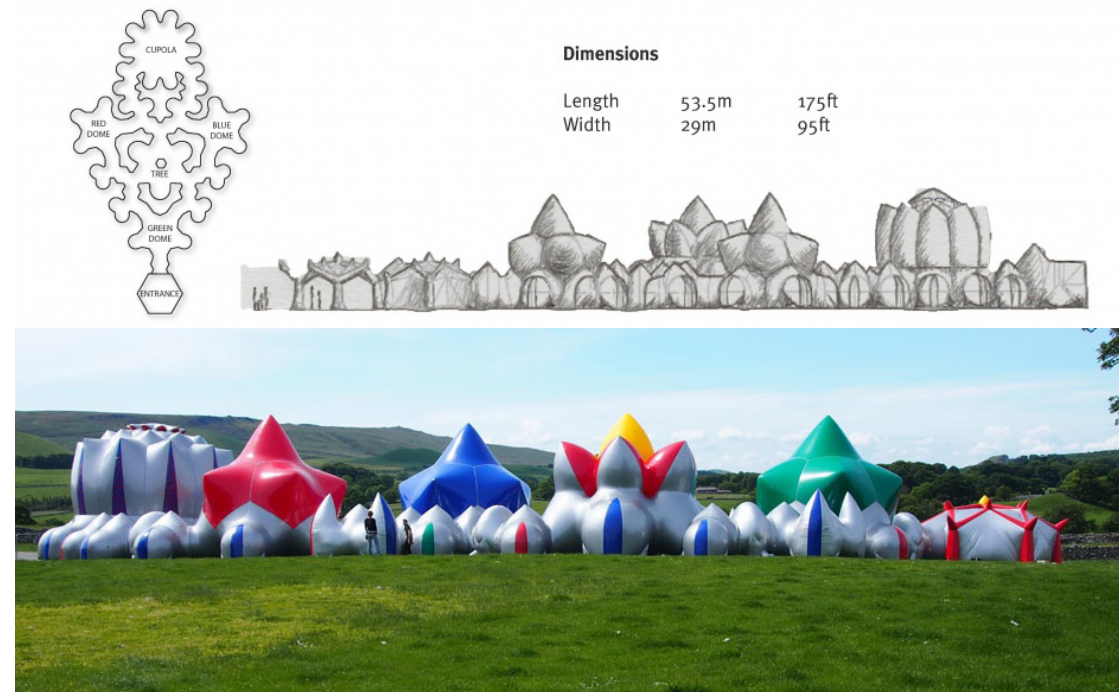
από το πώς το κοινό χρησιμοποιεί το luminarium και κινείται μέσα σε αυτό. Μερικές φορές μπορεί να κυριαρχεί στο εσωτερικό ο ήχος που παράγει κάποιος μουσικός ή ιστορίες από έναν αφηγητή, αλλά, τις περισσότερες φορές, ο χώρος παρουσιάζεται στην απλότητά του.

Σύμφωνα με τους δημιουργούς τους, τα luminaria είναι εμπνευσμένα από καθαρές γεωμετρικές και φυσικές μορφές, από την ισλαμική αρχιτεκτονική και πιο σύγχρονες αρχιτεκτονικές καινοτομίες, όπως οι μελέτες των Buckminster Fuller και Frei Otto. Με αυτό σαν αφετηρία, δημιουργείται στη συνέχεια ένα καθαρά οργανικό αποτέλεσμα.

Οι AoA ταξιδεύουν με 4 από τα luminaria σε εκθέσεις σε όλο τον κόσμο κάθε καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα κατασκευάζουν ένα νέο luminarium. Η περίοδος σχεδιασμού και κατασκευής είναι περίπου 6 μήνες.

Από αριστερά:

1. Exxopolis, 2012, κάτοψη, όψη και διαστάσεις.
2. Exxopolis, στο Grassington, 2012.
3. Amococo, 2004.
4. Mirazozo, 2010. Συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού.
(όλα από : www.architects-of-air.com/)



Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται και πάλι χρήση φουσκωτών κατασκευών σε καθαρά αρχιτεκτονικές εφαρμογές.

Η λογική που κυριαρχεί σήμερα, όμως, στις φουσκωτές κατασκευές δεν είναι τόσο αυτή του εφήμερου και του παιχνιδιού, οι οποίες παραμένουν σταθερά γνωρίσματά τους, αλλά έχει προστεθεί η παράμετρος της πρόκλησης που θέτουν οι γρήγοροι ρυθμοί του σύγχρονου τρόπου ζωής. Έτσι, η ανάγκη για χώρους μεταβαλλόμενους και καταλυτικές επεμβάσεις στην πόλη και σε υπάρχοντα κτίρια, που θα ανταποκρίνονται στις γρηγορότερες σήμερα παρά ποτέ αλλαγές των αναγκών στέγασης επαναφέρει στο προσκήνιο τις φουσκωτές κατασκευές.

Σημαντικό ρόλο παίζει και η τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη που σημειώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να αναπτυχθούν ή να γίνουν πιο εύκολα προσβάσιμα νέα υλικά. Εκτός από το PVC, άλλα πλαστικά πολυμερή όπως το Mylar, Kevlar και πιο πρόσφατα το ETFE, χρησιμοποιούνται σήμερα σε διάφορων τύπων φουσκωτές κατασκευές. Οι αυξημένες αντοχές τους τα καθιστούν κατάλληλα για χρήσεις στις οποίες δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν στο παρελθόν. Με την ανάπτυξη του Kevlar, για παράδειγμα, έγινε δυνατή η χρήση φουσκωτών κατασκευών σε διαστημικές αποστολές. Ενώ, το ETFE (ethylene-tetrafluoroethylene) διαθέτει σημαντικά μεγαλύτερες αντοχές, έχει μεγάλη διαφάνεια και μεγάλη διάρκεια ζωής. Για αυτούς τους λόγους χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο, κυρίως σε φουσκωτές υβριδικές προσόψεις και κελύφη, καθώς σε σύγκριση με άλλα υλικά που προσφέρουν την ίδια φωτοπερατότητα έχει πολύ μικρό βάρος, που σημαίνει ελαφρύτερο σκελετό και είναι αυτοκαθαριζόμενο. Τέλος, ένα νέο υλικό που ονομάζεται Tenara και είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία, χημικά αδρανές, εύκολο στη συντήρηση και δίνει μεμβράνες εύκαμπτες και ανθεκτικές με αρκετά υψηλή φωτοπερατότητα, τουλάχιστον σε σύγκριση με το PVC. Πρόκειται ουσιαστικά για μια μορφή PTFE (Teflon), που χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά σε ελαφριές κατασκευές.

Η διαδικασία σχεδιασμού, επίσης, άλλαξε με τη χρήση των υπολογιστών και κυρίως του παραμετρικού σχεδιασμού. Εκτός από τη δεδομένη δυνατότητα που αυτός παρέχει για το σχεδιασμό πιο περίπλοκων μορφών, μία σειρά πρόσθετων εφαρμογών για σχεδιαστικά περιβάλλοντα (π.χ. Kangaroo, SoapSkin&Bubbles, Pneumatic Panels κ.λπ.) κάνει πλέον εφικτή ακόμα και την προσομοίωση “φουσκώματος” (inflation) του ψηφιακού μοντέλου και τελικά την εξαγωγή cutting patterns. Η χρήση προγραμμάτων παραμετρικού σχεδιασμού στο συγκεκριμένο τύπο κατασκευών θα αναπτυχθεί αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο.

Kiss The Frog

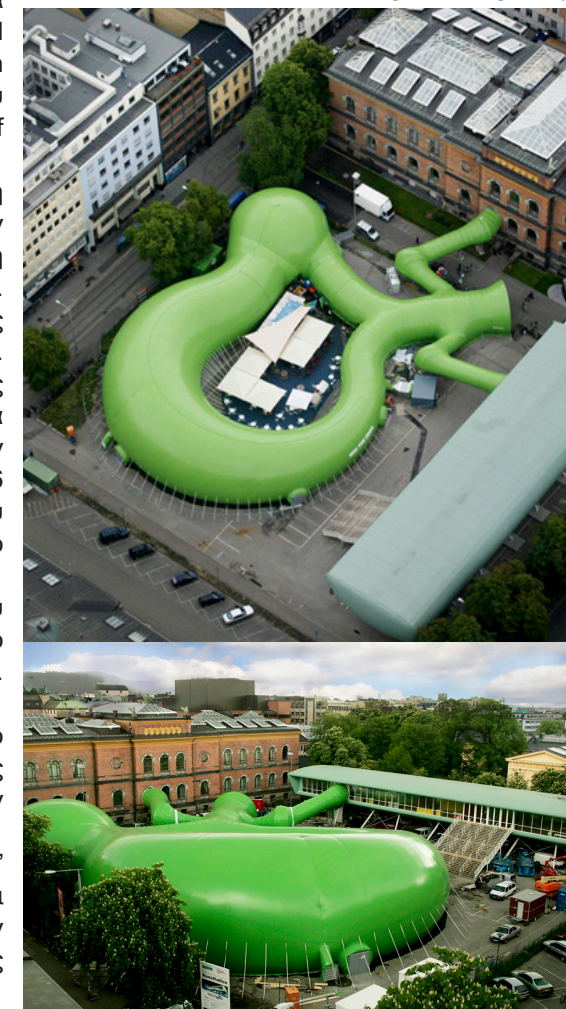
Το “*Kiss the frog*” σχεδιάστηκε το 2004 από τους Νορβηγούς MMW Architects ως ένας προσωρινός εκθεσιακός χώρος που θα συνένδε 4 μέχρι τότε διαφορετικά μουσεία στο Όσλο, το National Gallery, το Museum of Decorative Arts and Design, το Norwegian Museum of Architecture και το Museum of Contemporary Art που θα ενώνονταν για να αποτελέσουν το New National museum of Art, Architecture and Design.

Αποτελούνταν από δύο μέρη: το “βάτραχο” (the frog) και τη “φουσαρμόνικα”(harmonica). Το συνολικό εμβαδόν του ήταν 2005m². Το μεγαλύτερο τμήμα, “The Frog”, ήταν μία εφήμερη κατασκευή στην οποία φιλοξενούνταν προσωρινές εκθέσεις. Το κυρίως σώμα του βατράχου, το οποίο χρησιμοποιείται ως χώρος προσωρινών εκθέσεων είναι air supported κατασκευή. Η χρησιμοποιούμενη μεμβράνη είναι ένα πράσινο αδιαφανές PVC, με μία πυράντοχη επικάλυψη. Το εσωτερικό του έχει μια λευκή επιφάνεια που επιτρέπει να γίνονται προβολές ταινιών και φωτογραφιών. Η πίεση μέσα στο “Frog” είναι σχεδόν 0,006 ατμόσφαιρες υψηλότερη από την εξωτερική. Το βάρος του συνόλου της μεμβράνης που χρησιμοποιήθηκε για τον βάτραχο ήταν λίγο λιγότερο από τρεις τόννοι.

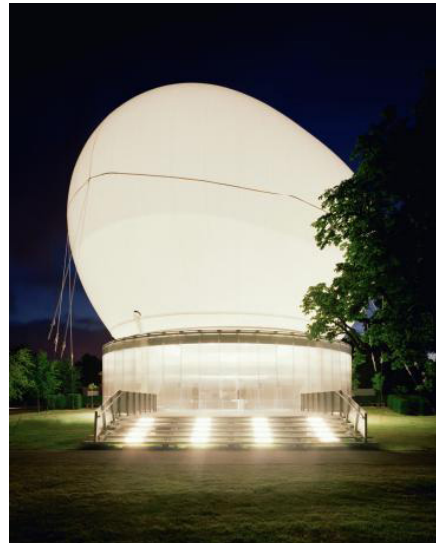
Είχε 4 εισόδους, 1 κύρια και 3 εξόδους κινδύνου. Το σώμα του “βατράχου” είχε εμβαδόν 1240 τ.μ. και μια βόλτα στον εκθεσιακό του χώρο από την κύρια είσοδο και πίσω, είχε μήκος 190 μέτρα. Αντίστοιχα, στο φουσκωτό τμήμα ήταν περίπου 125 μέτρα. Το μη πνευματικό μέρος του “Frog”, τα πόδια, κάλυπταν εμβαδό 82 τ.μ. το καθένα και έχουν 27 μέτρα μήκος. Το μέγιστο ύψος του “βατράχου” έφτανε 13,5 μέτρα. Το αίθριο που σχηματιζόταν στο κέντρο του κάλυπτε μία επιφάνεια 630 τ.μ..

Το ημιμόνιμο περίπτερο, που οι mmw ονόμασαν “φουσαρμόνικα” λειτούργησε ως εκθεσιακός χώρος για το Εθνικό Μουσείο, και ως ένα σημάδι για το τμήμα του μουσείου που προβλεπόταν να κατασκευαστεί σε αυτή τη θέση. Το συνολικό εμβαδό της φουσαρμόνικας ήταν 872τμ.

Kiss the Frog, 2004. (www.mmw.no, Tone Georgsen Herregården)



1. Rem Koolhaas, Serpentine Pavilion, 2006. (www.oma.eu)
2. Το εσωτερικό του Tee Haus του Kengo Kuma, 2007.
3. Βραδινή άποψη του Tee Haus, 2007. (και τα δύο από: www.kkaa.co.jp)



Serpentine Pavilion 2006

Το “*Serpentine Pavilion 2006*” σχεδιάστηκε από τους OMA και τη μηχανικό Cecil Balmond. Το περίπτερο βρισκόταν σε μία διαλεκτική σχέση με το κυρίως κτίριο της γκαλερί, ενώ η κυκλική του κάτοψη παρέπεμπε στον κεντρικό χώρο της Serpentine Gallery. Το κέντρο της σύνθεσης ήταν ένας εντυπωσιακός φουσκωτός θόλος ωοειδούς σχήματος που αιωρούνταν πάνω από τον υπαίθριο χώρο της Serpentine Gallery. Κατασκευασμένο από διαφανές υλικό, τη νύχτα φωτιζόταν από μέσα. Ο θόλος ανασηκωνόταν στον αέρα ή χαμήλωνε για να καλύψει το αμφιθέατρο και το καφέ που βρισκόταν από κάτω ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Σε άσχημες καιρικές συνθήκες τα σχοινιά συγκρατούσαν την οροφή σε χαμηλή θέση, ώστε να μην δημιουργείται κενό. Αντίθετα, όταν ο καιρός ήταν καλός, η οροφή ανέβαινε προς τα πάνω επιτρέποντας την καλύτερη κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό του περιπτερού.

Tee Haus

Μία φουσκωτή εκδοχή των παραδοσιακών tea rooms έδωσε το 2007 ο Ιάπωνας αρχιτέκτονας Kengo Kuma, για το Museum für Angewandte Kunst της Φρανκφούρτης. Είναι μία φουσκωτή κατασκευή διπλού τοιχώματος, κατασκευασμένη από Tenara. Ενσωματωμένα στις μεμβράνες των τοιχωμάτων είναι φώτα LED. Ο εσωτερικός χώρος έχει εμβαδόν 31,3τ.μ., στα οποία μπορούν να καθίσουν 9 άτομα. Υπάρχει, ακόμα, χώρος για την προετοιμασία του τσαγιού. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά tea rooms, βρίσκει έναν άλλο τρόπο να διαλέγεται με το περιβάλλον του, χωρίς ανοίγματα, αλλά εκμεταλλευόμενος τα πλεονεκτήματα μιας φουσκωτής κατασκευής. Αντί για ξύλο χρησιμοποιείται ο αέρας, ενώ, αντί ανοιγμάτων η αντίδραση της ίδιας της κατασκευής με τις καιρικές συνθήκες. “*This breathing architecture is an attempt to approach the original Tea Room, aiming to oppose to the non-breathing 20th century concrete architectures.*”¹



Raumlabor

Με έδρα το Βερολίνο οι Raumlabor σχηματίστηκαν το 1999 ως απάντηση στην ταχεία και ανεξέλεγκτη ανάπτυξη της πόλης μετά την πτώση του τείχους του Βερολίνου. Η παιχνιδιάρικη προσέγγισή τους κριτικάρει το κυρίαρχο μοντέλο της αρχιτεκτονικής παραγωγής, αντιπροτείνοντας προσωρινά έργα που μετατρέπουν το αστικό τοπίο μέσα από αυτό που αποκαλούν “*Urban Prototypes*”.

Εργαζόμενοι κάπου ανάμεσα στους τομείς της αρχιτεκτονικής και της τέχνης στο δημόσιο χώρο, τα μέλη της Raumlabor, των οποίων το όνομα σημαίνει “διαστημικό/χωρικό εργαστήριο”, δημιουργούν έργα γύρω από συγκεκριμένες εκδηλώσεις, performances και θέατρο. Η συνεργασία είναι ένα βασικό μέρος της στρατηγικής τους, με τη μορφή αλληλεπίδρασης με ειδικούς, συμπεριλαμβανομένων μηχανικών, κοινωνιολόγων, τοπικών εμπειρογνομόνων, εθνολόγων και πολιτών, που συγκεντρώνονται γύρω από συγκεκριμένα έργα. Κατά κύριο λόγο εργάζονται στο δημόσιο χώρο, ενώ βλέπουν το έργο του αρχιτέκτονα, ως ένα μέσο ανάδειξης των προβλημάτων και όχι ως επίλυσή τους. Τα έργα τους προσπαθούν να ανοίξουν ένα χώρο επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης, ενώ οι συγκρούσεις διαδραματίζονται στο εξωτερικό τους περιβάλλον. Για τους ίδιους η αρχιτεκτονική είναι πρωτίστως ένα κοινωνικό φαινόμενο. Εντάσσονται στην ουτοπική παράδοση της αρχιτεκτονικής της δεκαετίας του 1960.

Σε αρκετές περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιήσει φουσκωτές κατασκευές, κυρίως air supported structures. Τα πιο χαρακτηριστικά είναι τα “*Rosy*”, “*Spacebuster*” και “*Kuchenmonument*”.

Το “*Spacebuster*” είναι μία κινητή φουσκωτή κατασκευή που χρησιμεύει ως ένα εντελώς φορητό, επεκτάσιμο περίπτερο. Είναι ουσιαστικά μία νέα εκδοχή του “*Küchenmonument*” (το οποίο παρουσιάστηκε στην Ευρώπη σε διάφορες εκδηλώσεις το 2006-8). Ταξίδεψε σε όλη τη Νέα Υόρκη για 10 συνεχόμενα βράδια φιλοξενώντας διάφορες εκδηλώσεις την άνοιξη του 2009. Το περίπτερο “κυκλοφορεί” διπλωμένο και ενσωματωμένο στο βαν που στεγάζει και τον εξοπλισμό για την παροχή αέρα στο air supported, σαν διάφανη φούσκα, περίπτερο. Αυτό

1. Το “*Hovercraft - Lifting Modernism*” των Raumlabor, 2008.
- 2 & 3. Το “*Spacebuster*” στη Νέα Υόρκη. (όλα από: www.raumlabor.net)



1&2. Το "Spacebuster" στη Νέα Υόρκη. (www.raumlabor.net)

3. Aleksis Rochas, "Aeromads". (<http://www.sciarc.edu>)



φουσκώνεται και προσαρμόζεται οργανικά στο περιβάλλον του, είτε πρόκειται για ένα κατάφυτο πάρκο, ή κάτω από μια ανισόπεδη διάβαση αυτοκινητοδρόμου. Το υλικό είναι απλή και φθηνή πλαστική μεμβράνη, σαν αυτή που χρησιμοποιείται για οικοδομικές εργασίες και σαν αυτή που χρησιμοποιούσαν τα μέλη της Ant Farm, πολλές φορές κολλημένη απλά με ταινία διπλής όψης. Το λεπτό και σχεδόν διάφανο υλικό επιτρέπει στις διάφορες εκδηλώσεις που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του καταφυγίου - εορτασμούς, σειρά διαλέξεων ή δείπνο - να είναι απολύτως ορατές από έξω και το ίδιο το εξωτερικό περιβάλλον να γίνεται σκηνικό των εκδηλώσεων.

Aeromads

Ο Alexis Rochas, από το SCI-Arc της Καλιφόρνιας, μελετώντας τη σχέση του ανθρώπου με την κατοικία του και τον τρόπο που προσαρμόζεται σε αυτή πρότεινε το 2006 τα "Aeromads". Με τη λογική ότι το σπίτι θα μπορούσε να προσαρμόζεται στη ζωή του κατοίκου, τα "Aeromads" είναι air inflated κατασκευές τις οποίες μπορεί κανείς να κουβαλάει σε μία βαλίτσα, ενώ φουσκωμένες παρέχουν μαλακά ρευστά όρια χώρου. Το πρωτότυπο της κατασκευής αποτελεί μία μικρότερη εκδοχή, χωρίς να περιλαμβάνει κουζίνα, μπάνιο ή να συνδέεται με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό παρουσιάστηκε στην έκθεση "Reflections".

Στην ίδια έκθεση ο Rochas παρουσίασε και το "FAB Pavilion", μία επίσης air inflated κατασκευή. Σχεδιασμένη για να κατασκευάζεται από την ανακύκλωση μεγάλων διαφημιστικών επιφανειών (billboards) από PVC, έχει διαστάσεις 10x20 μέτρα. Η λειτουργία του είναι αυτή του στεγάστρου και της στέγασης -σε ιδανικές συνθήκες αυθόρμητων- κοινωνικών εκδηλώσεων. Η περίπλοκη μορφή αυτών των έργων είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα για τη συμβολή των νέων τεχνολογιών και συγκεκριμένα της χρήσης παραμετρικού σχεδιασμού στην εξέλιξη των φουσκωτών κατασκευών.

Hirshhorn's Bubble

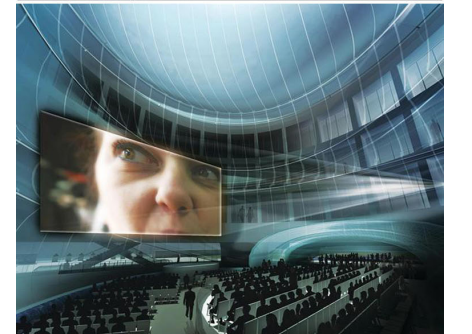
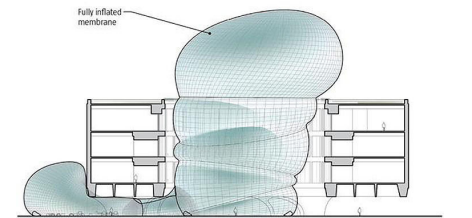
Οι Diller Scofidio and Renfro σχεδίασαν το 2011 μία "Φούσκα" για το Hirshhorn Museum της Ουάσινγκτον. Πρόκειται για μία φουσκωτή (air supported) προσωρινή κατασκευή για τη στέγαση διάφορων εκδηλώσεων, η οποία αποτελείται από μία ημιδιαφανή μεμβράνη που "στριμώχνεται" στο αίθριο και διαπερνά το κτίριο προβάλλοντας τόσο κάτω όσο και πάνω από αυτό. Μία σειρά καλωδίων σχηματίζουν δακτυλίους που συγκρατούν τη μεμβράνη σε απόσταση από τον τοίχο στο εσωτερικό του αίθριου, ενώ άλλα καλώδια συγκρατούν το σύνολο της κατασκευής σε σταθερή θέση. Οι προκύπτουσες καμπύλες ενεργούν ακουστικά και παράγουν μεταβαλλόμενα περάσματα και εσοχές του υπαίθριου χώρου τόσο στο ισόγειο των εκθεσιακών χώρων, όσο και στο δεύτερο και τρίτο επίπεδο.

Η "Φούσκα" κινείται "παιχνιδιάρικα" μέσα και έξω από το καθαρά μοντέρνας αρχιτεκτονικής κτιρίου που σχεδίασε το 1966 ο Gordon Bunshaft. Αυτή η αντιπαράθεση του σκληρού και κλειστού με το εύκαμπτο και διάφανο αναδεικνύει, ίσως, με τον καλύτερο τρόπο τον χαρακτήρα της κάθε κατασκευής. Ωστόσο, την άνοιξη του 2013 ανακοινώθηκε η επ' αόριστον αναβολή της πραγματοποίησης των σχεδίων των Diller Scofidio and Renfro, λόγω ανεπάρκειας χρηματικών πόρων του Hirshhorn Museum.



Φωτορεαλιστική τρισδιάστατη αναπαράσταση του "Hirshhorn's Bubble". (<http://www.dsrmny.com/>)

Τομή, εσωτερική άποψη, άποψη από το εσωτερικό του μουσείου και λεπτομέρειες σε φωτορεαλιστική τρισδιάστατη αναπαράσταση. (<http://www.dsrmny.com/>)



Λεπτομέρια και απόψεις της "Allianz Arena" με διαφορετικούς φωτισμούς.
(<http://www.allianz-arena.de>)



Allianz Arena

Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 2005 για να στεγάσει του Παγκόσμιο κύπελλο ποδοσφαίρου του 2006, ενώ είναι η έδρα και των δύο τοπικών ομάδων F.C. Bayern Munich και TSV 1860. Σχεδιασμένο από τους Ελβετούς Herzog & De Meuron, το 66.000 θέσεων στάδιο (συνολικά 227 μέτρα μήκος, 258μ πλάτος και 50μ ύψος) περιβάλλεται από 2.874 φουσκωτά πανέλα που διαμορφώνουν τις όψεις του, στηριζόμενα σε μεταλλικό σκελετό. Αυτά είναι σχεδιασμένα με τη βοήθεια παραμετρικού σχεδιασμού, με αποτέλεσμα μόνο 2 από αυτά να έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος. Η μεμβράνη που έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των "μαξιλαριών" είναι ETFE (ethylene- tetrafluoroethylene copolymer), λευκό, το οποίο επιτρέπει στο φυσικό φως να το διαπερνά σε ποσοστό 93%. Στο εσωτερικό κάθε ενός από αυτά βρίσκονται κόκκινα, μπλε και λευκά φώτα, ώστε το στάδιο να αλλάζει χρώμα, προσαρμοζόμενο ανάλογα με το αθλητικό γεγονός που φιλοξενεί (κόκκινο για την Bayern και μπλε για την TSV 1860). Υπάρχει συνεχής παροχή αέρα στο εσωτερικό των πανέλων, ώστε, σε φυσιολογικές συνθήκες να έχουν πίεση 0,0345 ατμόσφαιρες υψηλότερη από την εξωτερική. Με αυτές τις προδιαγραφές και μέγιστο μέγεθος από 1,9μ. μέχρι 4,6μ. πλάτος και διαγώνιο περίπου 17μ. είναι ικανά να αντέξουν φορτία λόγω ανέμου έως 22 τόνους το καθένα, ενώ ο χρόνος ζωής τους υπολογίζεται να φτάσει τα 25 χρόνια.

Watercube

Το Ολυμπιακό Κολυμβητήριο του Πεκίνου ή "Watercube" κατασκευάστηκε για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2008, σχεδιασμένο από τους Αυστραλούς PTW Architects. Ανήκει στην ίδια κατηγορία με το προηγούμενο παράδειγμα, με τη διαμόρφωση των όψεων, μονιμου χαρακτήρα, από φουσκωτά τμήματα σε μεταλλικό σκελετό (pneumatic hybrid facade). Σχεδιάστηκε με τη χρήση παραμετρικού σχεδιασμού, ώστε, τα "φουσκωτά μαξιλάρια" (air cushions) που σχηματίζουν το κέλυφος της κατασκευής να προσομοιάζουν στο φυσικό σχηματισμό μπουρμπουλήθρων στο νερό. Για την κατασκευή των 3.000 μη κανονικών και ανόμοιων μεταξύ τους "φουσκωτών μαξιλαριών" έχουν χρησιμοποιηθεί 110.000τ.μ. ETFE μεμβράνης. Το γεγονός αυτό το κατατάσσει στην πρώτη θέση μεταξύ των μεγαλύτερων membrane structures διεθνώς.

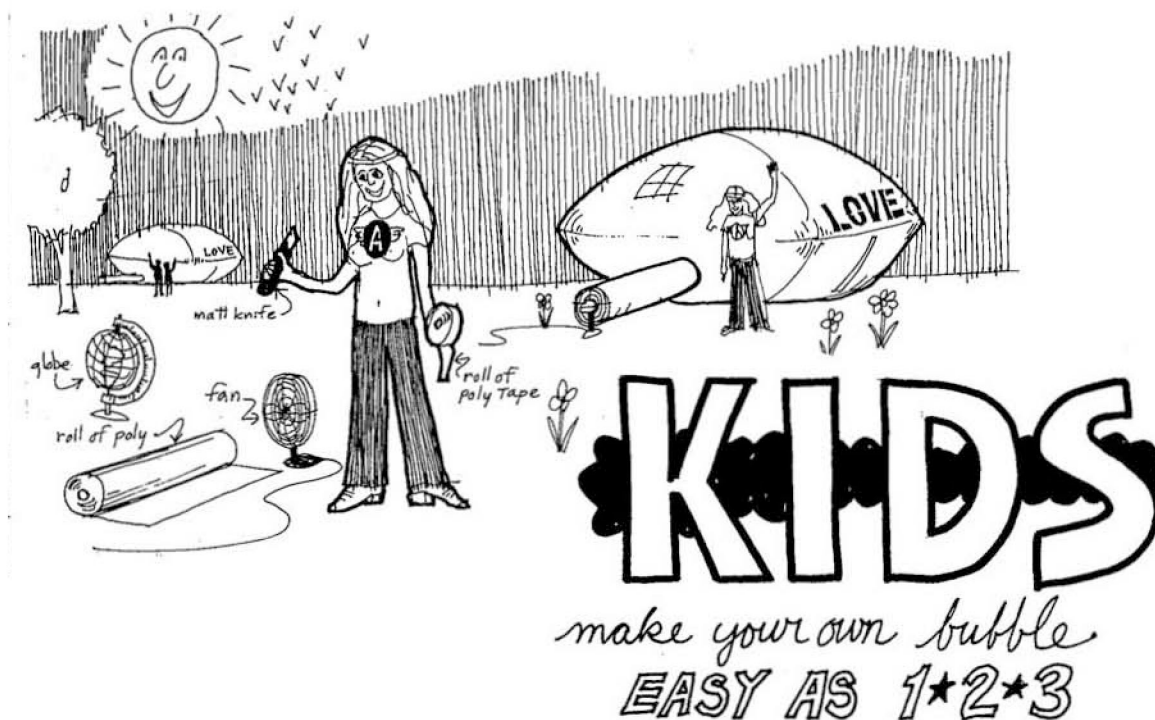
Τέτοιες κατασκευές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από την άποψη ότι ενσωματώνουν φουσκωτές κατασκευές σε μία εντελώς διαφορετική χρήση από ότι στο παρελθόν. Δεν αντιπαραθέτουν το ουτοπικό στοιχείο έναντι στις συμβατικές κατασκευές, αλλά γίνονται μέρος αυτών μεταλλάσσοντας το χαρακτήρα τους.

1: Kengo Kuma and Associates, <http://kkaa.co.jp/works/tee-haus/>

Το "Watercube". Λεπτομέρια όψης και απόψεις.
(<http://www.ptw.com.au>)



Σελίδα από το "Inflatocookbook" των Ant Farm. 1973.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

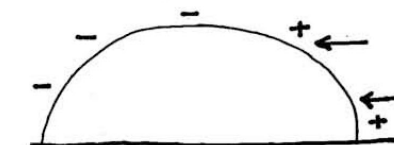
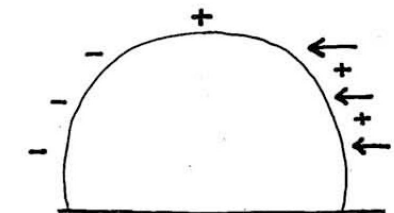
Air Supported Κατασκευές

Όπως γίνεται αντιληπτό από την απλή δομή των air supported κατασκευών, η στατική μελέτη αυτών περιορίζεται στον υπολογισμό των τάσεων που αναπτύσσονται στην επιφάνεια της μεμβράνης. Αυτές μπορεί να προέρχονται από την πίεση του αέρα στο εσωτερικό, πιθανά σημειακά φορτία, χιόνι ή δυναμικές φορτίσεις λόγω ανέμου ή βροχής. Η μορφολογία της φουσκωτής κατασκευής που θα επιλεγεί, επηρεάζει σημαντικά τα παραπάνω μεγέθη. Πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί αυτό των δυνάμεων που ασκούνται στην κατασκευή λόγω ανέμου. Η επιλογή, για παράδειγμα, ενός χαμηλού προφίλ θόλου σημαίνει ότι η απαραίτητη πίεση του αέρα στο εσωτερικό είναι μικρότερη, καθώς όχι μόνο παρουσιάζει μικρότερη αεροδυναμική αντίσταση, αλλά, επίσης, δημιουργείται στο μεγαλύτερο μέρος της κατασκευής αρνητική πίεση που ωθεί τη μεμβράνη προς τα έξω.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η επιλογή του κατάλληλου υλικού ανάλογα με τη χρήση που θα έχει, τις τάσεις τις οποίες θα υποστεί και βέβαια το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα. Συνήθεστερα χρησιμοποιούνται απλές πλαστικές PVC μεμβράνες, οι οποίες μπορούν να επιστρωθούν στη συνέχεια με υλικά προστασίας από UV ηλιακή ακτινοβολία, πυράντοχα κλπ. Ακόμα, θα μπορούσαν να είναι υφάσματα με επίστρωση από βινύλιο ή κάποιο άλλο υλικό. Σπανιότερα έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά με ύφανση από μεταλλικές ίνες ή μεταλλικά ελάσματα.

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις ο εξοπλισμός παροχής αέρα, η μηχανική υποστήριξη δηλαδή της κατασκευής είναι απαραίτητη.

Φοτία λόγω ανέμου σε διαφορετικά προφίλ θόλων.
(Ant Farm, "Inflatocookbook". 1973.)



Ειδικά στην περίπτωση ενός απλού air supported κελύφους απαιτείται συνεχής παροχή αέρα για τη διατήρηση της εσωτερικής πίεσης. Η παροχή μπορεί να είναι άλλοτε μεγαλύτερη και άλλες φορές μικρότερη στην ίδια κατασκευή, ανάλογα με τη χρήση (απώλεια πίεσης κατά την είσοδο/έξοδο) και τις καιρικές συνθήκες. Συνηθισμένο παράδειγμα αποτελούν κατασκευές οι οποίες ενσωματώνονται σε ένα μικρό βαν στο οποίο έχει επίσης ενσωματωθεί το σύστημα παροχής αέρα (AntFarm, Raumlabor). Σε μεγαλύτερες κατασκευές αυτό μπορεί να είναι ένας στόλος φορητών (όπως είχε σχεδιαστεί στην περίπτωση του Itinerant Exhibition Hall for Objects of Everyday Life του Antoine Stinco).

Για τη διατήρηση της διαφοράς πίεσης του αέρα στο εσωτερικό των air supported κατασκευών θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην επίλυση του θέματος της εισόδου. Ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται η κάθε κατασκευή, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα είδη θυρών που εξασφαλίζουν τη μικρότερη δυνατή απώλεια πίεσης στο εσωτερικό της.

Για μεγάλου μεγέθους air supported κατασκευές που χρειάζονται ανοίγματα τέτοια ώστε να επιτρέπεται η είσοδος και έξοδος μεγάλων οχημάτων έχουν χρησιμοποιηθεί δύο μέθοδοι, αυτή του ανεμοφράκτη (air lock) και η "αεροκουρτίνα" (air curtain). Στην πρώτη και πιο συνηθισμένη περίπτωση, η είσοδος αποτελείται από ένα θάλαμο με πόρτες στο μπροστά και στο πίσω μέρος, όπου μετά την είσοδο σε αυτόν από τη μία πόρτα, αυτή πρέπει να κλείσει για να ανοίξει η πόρτα που βρίσκεται στην άλλη πλευρά. Στην δεύτερη περίπτωση, υπάρχει μία πόρτα εκατέρωθεν της οποίας τοποθετείται μία σειρά από ισχυρούς ανεμιστήρες οι οποίοι όταν η πόρτα ανοίγει δημιουργούν ένα ισχυρό ρεύμα αέρα προς το εσωτερικό της κατασκευής ώστε να εμποδίσουν τον αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό υπό πίεση να διαφύγει. Όπως γίνεται φανερό, η δεύτερη μέθοδος προϋποθέτει τη χρήση μεγάλης ενέργειας, σε αντίθεση με την πρώτη, ενώ ακόμα είναι ιδιαίτερα θορυβώδης και μπορεί να προκαλέσει έντονη δυσφορία και δυσκολία στη μεταφορά ευαίσθητων αντικειμένων.

Για την είσοδο και έξοδο επισκεπτών υπάρχουν και πάλι διάφορες μέθοδοι ανάλογα με το μέγεθος και τη χρήση της κατασκευής, δηλαδή τον αριθμό ατόμων που καλούνται να εξυπηρετήσουν. Ο τύπος του ανεμοφράκτη (air lock) είναι και σε αυτή την περίπτωση, ίσως, η πιο συνηθισμένη μέθοδος για χώρους εκθέσεων και δημοσίων εκδηλώσεων, παρά το γεγονός ότι στην περίπτωση μεγάλης ροής κόσμου μπορεί να μην λειτουργεί τόσο αποτελεσματικά, αν η δεύτερη θύρα ανοίγει πριν κλείσει η πρώτη. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται αυτοματισμοί που επιτρέπουν να ανοίγει η κάθε θύρα μόνο εφόσον κλείσει η άλλη. Άλλος τύπος που χρησιμοποιείται για αντίστοιχες χρήσεις είναι οι περιστρεφόμενες πόρτες, οι οποίες,

ωστόσο, δεν διευκολύνουν την γρήγορη έξοδο σε περίπτωση κινδύνου. Για τον λόγο αυτό είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με δευτερεύουσες εξόδους κινδύνου, οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται υπό κανονικές συνθήκες. Καθώς, στο εσωτερικό η πίεση είναι υψηλότερη από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον μία απλή πόρτα θα απαιτούσε μεγαλύτερη δύναμη για να ανοίξει προς τα μέσα, ενώ προς τα έξω θα άνοιγε απότομα. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με πόρτες οι οποίες έχουν άλλο ένα φύλλο ως αντίβαρο. Αυτός ο τύπος θυρόφυλλου χρησιμοποιείται και στους ανεμοφράκτες. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόματες συρόμενες πόρτες.

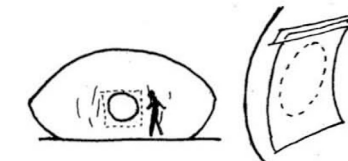
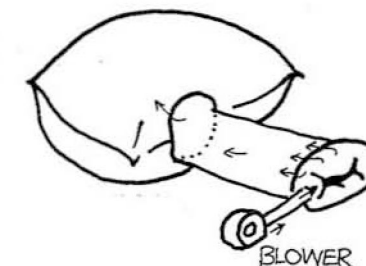
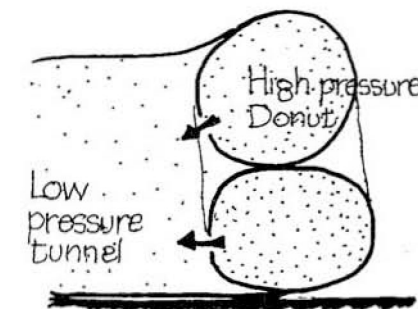
Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις γίνεται κατανοητό ότι πρέπει η μεμβράνη της κατασκευής να συνδέεται με το άκαμπτο πλαίσιο των θυρών ή του θαλάμου. Καθώς οι τάσεις που αναπτύσσονται στην μεμβράνη κατανέμονται ομαλά σε αυτή μέσω της δυνατότητάς της να παραμορφώνεται, μία σταθερή σύνδεση μπορεί να προκαλέσει τοπική συγκέντρωση τάσεων στην επιφάνεια της μεμβράνης και πιθανή αστοχία. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, ένα σχοινί ή καλώδιο διατρέχει την ένωση της μεμβράνης του κυρίως σώματος της κατασκευής με το τμήμα το οποίο είναι σταθερά συνδεδεμένο στο άκαμπτο στοιχείο. Έτσι, μέσω του καλωδίου γίνεται ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων στην μεμβράνη.

Για μικρότερες κατασκευές και κυρίως οικιακής χρήσης ή προσωρινών χώρων εκδηλώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανοίγματα χωρίς άκαμπτο πλαίσιο. Αυτά κατασκευάζονται από το ίδιο το υλικό της μεμβράνης είτε με τη μορφή air inflated δαχτυλιδιού με υψηλότερη πίεση στο εσωτερικό του (hot-lips/floppy donut) είτε με μία απλή κουρτίνα από μεμβράνη πίσω από ένα μικρότερον διαστάσεων άνοιγμα της κατασκευής. Η είσοδος γίνεται μέσα από το εύκαμπτο δαχτυλίδι, το οποίο βρίσκεται στο τέλος μίας σήραγγας χαμηλής πίεσης που το συνδέει με το κυρίως σώμα της κατασκευής, ένας μικρότερος μηχανισμός παροχής αέρα συνδέεται με το "ντόνατ", από μικρές τρύπες παρέχεται αέρας στη σήραγγα από αυτό, φουσκώνοντάς την. Στον δεύτερο τύπο, η κουρτίνα κλείνει αυτόματα λόγω της εσωτερικής πίεσης, εμποδίζοντας κάποια σημαντική απώλεια αέρα από το εσωτερικό.

Γενικά, μία δομική αστοχία της κατασκευής σε οποιοδήποτε είδος φουσκωτών κατασκευών έχει πολύ μικρότερες επιπτώσεις, με την έννοια ότι δεν θέτει την κατασκευή και κατ' επέκταση τους εκάστοτε χρήστες σε άμεσο κίνδυνο.

Μία αστοχία σε μια air supported κατασκευή, θα προκαλέσει διαρροή του

Σκίτσα από το "Inflatocookbook"
των Ant Farm. 1973.



A flap taped behind a circular or ovoid hole (no larger than crawl-through size) will automatically close due to the air pressure inside

αέρα από το εσωτερικό, καθώς βρίσκεται σε μεγαλύτερη πίεση από την ατμοσφαιρική. Η διαφορά, όμως, είναι τόσο μικρή, που η ταχύτητα διαρροής δεν είναι ικανή να προκαλέσει άμεση κατάρρευση της κατασκευής. Ακόμα, όμως, και στην περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο, μία τομή στην μεμβράνη είναι αρκετή για τον απεγκλωβισμό των χρηστών. Κατά μία έννοια, κάθε σημείο της κατασκευής μπορεί να αποτελέσει μία έξοδο κινδύνου.

Οι φουσκωτές κατασκευές (air supported structures) είναι μοναδικές στον τρόπο με τον οποίο αψηφούν τη βαρύτητα. Αντίθετα με τις περισσότερες συμβατικές δομές, των οποίων τα φορτία πρέπει να κατανέμονται και να μεταφέρονται στο έδαφος, οι φουσκωτές κατασκευές επιβάλλουν φορτίο άνωσης. Όταν αυτή η άνοση δεν έχει αρκετή αντίσταση από τις αγκυρώσεις, η κατασκευή ή κάποιο μέρος της μπορεί να ανασηκωθεί, επιτρέποντας στον αέρα να διαφύγει, οδηγώντας σε πιθανή αστοχία των δομικών στοιχείων. Όποια και αν είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αγκύρωση της δομής, οι δυνάμεις αγκύρωσης πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο της κατασκευής, για να αποφευχθούν τυχόν συγκεντρώσεις τάσεων στη μεμβράνη, εκτός εάν η μεμβράνη ενισχύεται με καλώδια ή δίχτυ, σε αυτή την περίπτωση οι σημειακές αγκυρώσεις είναι απαραίτητες. Οι μέθοδοι αγκύρωσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις αγκυρώσεις με έρμα και στις αγκυρώσεις εδάφους.

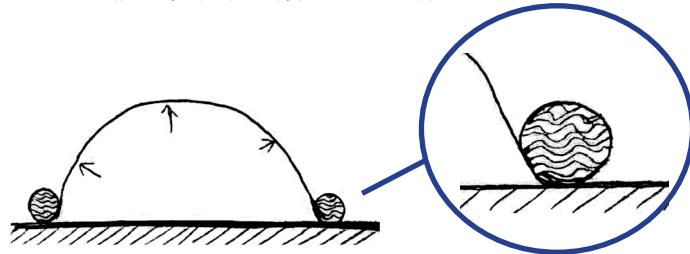
Σύστημα αγκύρωσης με υδάτινο έρμα

Αγκύρωση με υδάτινο έρμα χρησιμοποιείται κυρίως για δομές που μετακινούνται συχνά από το ένα σημείο στο άλλο. Αφού οι εκάστοτε συνθήκες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αυτός ο τρόπος αγκύρωσης μπορεί να είναι ο πιο κατάλληλος. Εκ πρώτης όψεως η χρήση του υδάτινου έρματος φαίνεται ιδανική, δεδομένου ότι το κόστος του νερού είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με άλλα υλικά και είναι άμεσα διαθέσιμο. Ωστόσο, ένας συνεχής σωλήνας νερού μπορεί να είναι ευάλωτος σε βανδαλισμούς ή ατυχήματα, ενώ χρειάζεται μόνο μία οπή για να καταστήσει την κατασκευή ανασφαλή. Εάν οι συνθήκες φόρτισης παράγουν υψηλές τοπικές δυνάμεις άνοσης, το νερό θα έχει την τάση να ρέει μακριά από αυτό το σημείο, δημιουργώντας τοπική αστοχία στην αγκύρωση. Για το λόγο αυτό, ο σωλήνας πρέπει να είναι χωρισμένος σε διαμερίσματα, έτσι ώστε οι τοπικές ανεπάρκειες να μην επηρεάζουν τη σταθερότητα της όλης δομής. Για ασφαλή αγκύρωση απαιτούνται πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και αυτό αποδεικνύεται γενικά ασύμφορο και δύσκολο στη διαχείριση.

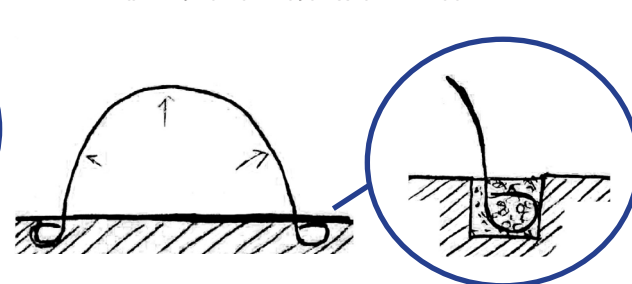
Σύστημα αγκύρωσης με χωμάτινο έρμα

Μια άλλη μέθοδος είναι να γεμίσει ο σωλήνας έρματος με στερεά υλικά, όπως χώμα, άμμο ή χαλίκι. Ο σωλήνας έρματος είναι συνδεδεμένος με την περίμετρο από την εξωτερική πλευρά της κατασκευής για να διευκολύνει

Σκίτσα συστήματος αγκύρωσης με υδάτινο έρμα.



Σκίτσα συστήματος αγκύρωσης με χωμάτινο έρμα.



τη διαδικασία του γεμίσματος και της εκκένωσης. Όταν ο σωλήνας έχει γεμίσει συνδέεται σταθερά με τη μεμβράνη της κατασκευής. Μια άλλη παραλλαγή αυτής της μεθόδου είναι το σκάψιμο μιας τάφρου στην περίμετρο, εντός του οποίου βυθίζεται και καλύπτεται με χώμα, χαλίκι ή άμμο μέρος της μεμβράνης. Έρματα μεγαλύτερης πυκνότητας, όπως πλάκες από σκυρόδεμα και πέτρες, είναι επίσης κατάλληλα.

Αν και οι αγκυρώσεις με ερματισμό ήταν πολύ δημοφιλείς στο ξεκίνημα των φουσκωτών κατασκευών το 1950, ο Walter Bird ήταν πολύ δύσπιστος όσον αφορά τις μεθόδους αυτές, δεδομένου ότι οι μεγάλες δυνάμεις στην αγκύρωση που αναπτύσσονταν υπό συνθήκες μέγιστης φόρτισης τις καθιστούσαν ακατάλληλες για τις περισσότερες εφαρμογές. Αρκετές αστοχίες αγκυρώσεων ερματισμού είχαν προκύψει, ενισχύοντας έτσι τον σκεπτικισμό του Bird. Μέθοδοι αγκύρωσης με ερματισμό πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για κατασκευές ενός πολύ προσωρινού χαρακτήρα, όπου οι αγκυρώσεις εδάφους δεν αποτελούν μια πρακτική λύση. Όταν αυτές οι μέθοδοι πρέπει να χρησιμοποιηθούν, πρέπει γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

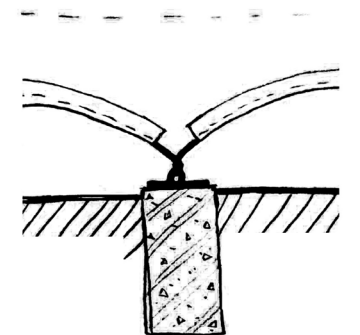
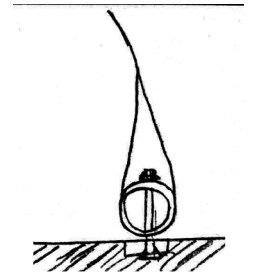
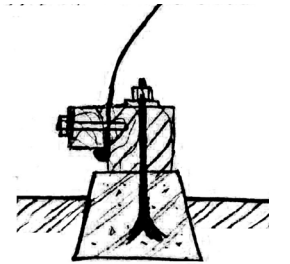
Συστήματα αγκυρώσεων εδάφους

Οι αγκυρώσεις εδάφους χρησιμοποιούνται σήμερα σχεδόν καθολικά, με τη μεμβράνη να συνδέεται σταθερά με το έδαφος σε πυκνά διαστήματα. Οι δυνάμεις αγκύρωσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένες πάνω στην μεμβράνη σε όλη την περίμετρο της κατασκευής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους.

Στις αγκυρώσεις με σφηνκλήρες, ένα σχοινί είναι συνήθως ραμμένο στην περίμετρο του υλικού της μεμβράνης, ενώ μεταλλικές ή ξύλινες διατομές, που βρίσκονται στην εσωτερική και την εξωτερική πλευρά, βιδώνονται μεταξύ τους διαπερνώντας το υλικό της μεμβράνης. Αυτές οι μεταλλικές ή ξύλινες διατομές σχηματίζουν μια συνεχή ζώνη γύρω από την περίμετρο, και με τη σειρά τους συνδέονται κάθε 1m περίπου στο έδαφος, με μεταλλικά στοιχεία τα οποία συγκρατούνται σε σκυρόδεμα.

Οι αγκυρώσεις του τύπου "σωλήνας-σε-στρίψωμα" αποτελείται από ένα μεγάλο πλάτους στρίψωμα γύρω από το κάτω άκρο της μεμβράνης. Σε αυτό κόβονται ανοίγματα ανά διαστήματα περίπου 1 μέτρου και εισάγονται τμήματα σωλήνων που συνδέονται με αγκυρώσεις στα σημεία των ανοιγμάτων. Αρκετά συχνά τα καλώδια από χάλυβα ή σχοινιά χρησιμοποιούνται αντί των άκαμπτων τμημάτων σωλήνα, λόγω του χαμηλού τους κόστους. Ωστόσο, δεδομένου ότι η άνιση κατανομή των δυνάμεων της αγκύρωσης στη μεμβράνη προκαλεί τοπικές συγκεντρώσεις τάσεων, η χρήση των άκαμπτων σωλήνων, οι οποίοι διανέμουν πιο ομοιόμορφα τις τάσεις στην περίμετρο της μεμβράνης είναι προτιμότερη.

- Σκίτσα λεπτομεριών συστημάτων αγκύρωσης εδάφους.
1. Σύστημα αγκύρωσης με σφηνκλήρες.
 2. Σύστημα αγκύρωσης "σωλήνας-σε-στρίψωμα".
 3. Σύστημα αγκύρωσης αλυσσοειδούς καλωδίου.



Σε *αγκυρώσεις αλυσοειδούς καλωδίου*, ένα καλώδιο ή σχοινί σε ανάποδη αλυσοειδή μορφή, βρίσκεται εντός μίας υφασμάτινης “τσέπης”, η οποία ράβεται στη βάση του υλικού της μεμβράνης. Αυτά τοποθετούνται και πάλι σε όλη την περίμετρο της κατασκευής και κάθε άκρο των καλωδίων συνδέεται με την αγκύρωση σε σκυρόδεμα. Ένα τέτοιο σύστημα είναι πολύ ευέλικτο και είναι καταλληλότερο όταν μία κατασκευή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε δύο ή περισσότερες θέσεις με μόνιμα τοποθετημένες αγκυρώσεις, ή όταν πρόκειται να ανεγερθεί εποχιακά σε μία θέση. Εδώ και πάλι, οι τοπικές συγκεντρώσεις τάσεων μπορεί να συσσωρεύονται στην άκρη κάθε υφασμάτινης “τσέπης”, όπου η κατάληξη του αλυσοειδούς καλωδίου συνδέεται με τις αγκυρώσεις, μεταφέροντας τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στο σημείο σύνδεσης. Η ακριβής τοποθέτηση και σύσφιξη του καλωδίου είναι εξαιρετικά κρίσιμη. Ημικυκλικά ή μεγαλύτερα αλυσοειδή τόξα, παρουσιάζουν γενικά λίγα προβλήματα, αλλά τα ρηχά τόξα προκαλούν συχνά σοβαρές δυσκολίες.

Παρά το γεγονός ότι οι αγκυρώσεις με σφινκτήρες είναι πιο αξιόπιστες, δεν διαθέτουν την ευελιξία είτε του “σωλήνα-σε-στρίφωμα” ή του συστήματος αλυσοειδούς καλωδίου, κανένα από τα οποία δεν χρειάζεται μία συνεχή βάση από σκυρόδεμα.

Οι παραπάνω τρόποι αγκύρωσης αναφέρονται στις *air supported* κατασκευές, είτε αυτές σχηματίζουν το δάπεδο ως συνέχεια από το ίδιο υλικό της μεμβράνης είτε όχι. Στην πρώτη περίπτωση, δεν υπάρχει ο κίνδυνος απώλειας αέρα, ενώ, στη δεύτερη, μία “φούστα” από το ίδιο υλικό διατρέχει την περίμετρο της κατασκευής. Η δράση της διαφοράς πίεσης σε αυτή είναι επαρκής για να σχηματίσει ένα αποτελεσματικό σφράγισμα με το έδαφος.

Air Inflated Κατασκευές

Οι *air inflated* κατασκευές μελετώνται στατικά ως συμβατικές κατασκευές, καθώς τα φουσκωτά στοιχεία σχηματίζουν το φέροντα οργανισμό της κατασκευής, όπως δοκάρια, υποστρώματα, τοίχους, αψίδες κλπ. Με χαρακτηριστικά, όμως, τα πολύ μεγαλύτερα όρια ελαστικότητας και δυνατότητα παραμόρφωσης, από αυτά των συμβατικών κατασκευών.

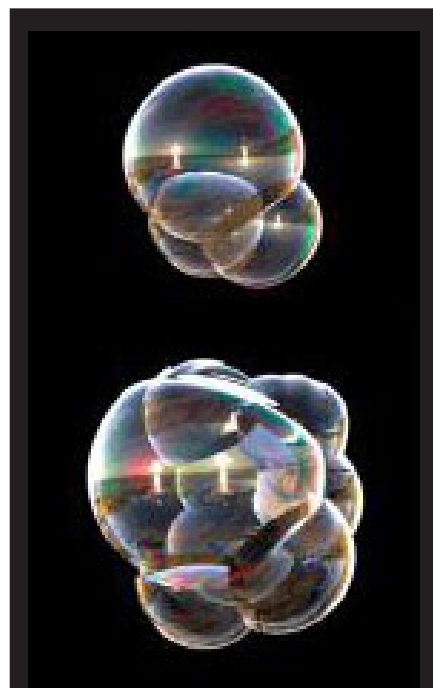
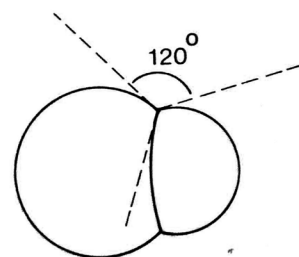
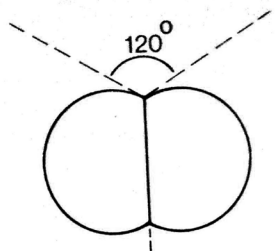
Ωστόσο, υπάρχουν τέσσερις βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή του κάθε φουσκωτού δομικού στοιχείου και τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού. Αρχικά, ο όγκος του αέρα που περιέχεται σε αυτό και κατά συνέπεια η πίεση του αέρα στο εσωτερικό του στοιχείου. Εξίσου, η δομική μορφή του στοιχείου και, τέλος, το υλικό που αποτελεί τη μεμβράνη στην οποία περιέχεται ο αέρας.

Σε μία *air inflated* κατασκευή η πιθανή αστοχία ενός μέρους μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη σταθερότητα του συνόλου της κατασκευής. Αυτό εξαρτάται και πάλι από την πίεση του αέρα στο εσωτερικό του, όμως, στην συγκεκριμένη περίπτωση η πίεση μπορεί κατά περίπτωση να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, που σημαίνει γρηγορότερη κατάρρευση. Γι' αυτό το λόγο, συνήθως ο φουσκωτός σκελετός της κατασκευής χωρίζεται σε επιμέρους διαμερίσματα, οπότε η αστοχία στο ένα τμήμα της να μην προκαλέσει την κατάρρευσή της.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, σοβαρή περίπτωση αστοχίας στον τομέα των φουσκωτών κατασκευών αποτελεί η αστοχία των αγκυρώσεων. Λόγω του ελαστικού σώματος των κατασκευών και του πολύ μικρού βάρους τους, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε φορτία λόγω ανέμου. Αυτά πρέπει να υπολογίζονται τόσο στην επιλογή του κατάλληλου υλικού κατασκευής της μεμβράνης, στην επιφάνεια της οποίας μπορεί να αναπτυχθούν μεγάλες τάσεις, λόγω του ανέμου, όσο και στον υπολογισμό των δυνάμεων που αναπτύσσονται στα σημεία των αγκυρώσεων.

Χαρακτηριστικό είναι ότι το σοβαρότερο ατύχημα που έχει συμβεί σε φουσκωτή κατασκευή προκλήθηκε ακριβώς από αστοχία λόγω των ανεπαρκών αγκυρώσεων. Η *air inflated* κατασκευή “Dreamspace” του καλλιτέχνη Maurice Agis λειτούργησε ως ένα τεράστιο ιστίο όταν ανασκηώθηκε και κινήθηκε για δύο λεπτά ανεξέλεγκτη στο πάρκο όπου είχε στηθεί αντιμέτωπη με ισχυρό άνεμο. Το ατύχημα, που έγινε τον Ιούλιο του 2006 στο Co Durham της Αγγλίας, προκάλεσε τον τραυματισμό 11 ατόμων και το θάνατο άλλων 2 που βρίσκονταν στο εσωτερικό της εκείνη τη στιγμή.

Συχνά χρησιμοποιούνται τόσο σε *air inflated* όσο και σε *air supported* κατασκευές ενισχυτικά σχοινιά, καλώδια ή πλέγματα καλωδίων, τα οποία συνδέονται τα ίδια με τις αγκυρώσεις. Για τις *air inflated* κατασκευές αυτό αποτελεί τη συνηθέστερη μέθοδο αγκύρωσης. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η σταθερότητα της σύνδεσης της κατασκευής με το έδαφος και η διανομή των τάσεων αγκύρωσης στο σύνολο της επιφάνειας της μεμβράνης και όχι μόνο περιμετρικά. Ακόμα, στις *air supported* κατασκευές οι τάσεις που αναπτύσσονται στη μεμβράνη λόγω της διαφοράς πίεσης μεταφέρονται απευθείας στα καλώδια, ανακουφίζοντας μερικώς τη μεμβράνη.



Μορφολογικά

Όσον αφορά την επιλογή της κατάλληλης μορφής για την εκάστοτε φουσκωτή κατασκευή, οι μελέτες του Frei Otto και οι γεωδαιτικοί θόλοι του Buckminster Fuller αποτελούν πάντα ένα σημείο αναφοράς. Ο πρώτος, ερευνώντας δομές που απαιτούν το ελάχιστο υλικό και χρόνο για την κατασκευή τους, ασχολήθηκε με τις φουσκωτές κατασκευές. Μελέτησε τον τρόπο σχηματισμού και τη συμπεριφορά των σαπουνόφουσκων (soap bubbles), ως μία από της πιο καθαρές πνευματικές δομές. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης περιέχονται στο βιβλίο *Zugbeanspruchte Konstruktionen*.

Μία σαπουνόφουσκα σχηματίζεται λόγω των ίσων τάσεων που ασκούνται αντιδιαμετρικά στην επιφάνεια της σφαίρας. Καθώς αυτές οι τάσεις είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες, η μεμβράνη από σαπούνι τείνει να σχηματίζει μορφές με τη μικρότερη δυνατή συνολική επιφάνεια, στα τοιχώματα τις οποίας οι φορτίσεις που αναπτύσσονται είναι ίσες σε κάθε σημείο. Κάθε μορφή που μπορεί να σχηματισθεί από μία μεμβράνη από σαπούνι (soap film) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία φουσκωτή κατασκευή. Παρά το γεγονός ότι στις σαπουνόφουσκες ασκούνται μόνο φορτίσεις λόγω της εσωτερικής πίεσης, ενώ μία φουσκωτή κατασκευή καλείται να αντεπεξέλθει και σε εξωτερικά φορτία, οι μορφές που προκύπτουν είναι οι καταλληλότερες για ένα τέτοιο τύπο κατασκευής. Πειραματική μελέτη της συμπεριφοράς αυτών των μοντέλων υπό εξωτερικές φορτίσεις δεν είναι δυνατή λόγω της ευαίσθητης φύσης τους και του μικρού τους μεγέθους.

Η ποικιλία των μορφών που μπορούν να προκύψουν βάσει αυτών των αρχών φαίνεται από το σχηματισμό ομάδων από σαπουνόφουσκες σε ατελείωτες περίπλοκες κατόψεις. Τείνοντας πάντα να σχηματίζουν σφαιρικές μορφές, οι διπλά κυρτές επιφάνειες είναι οι συνηθέστερες, ενώ δεν αποκλείεται και ο σχηματισμός μονόκυρτων ή κοίλων επιφανειών. Χαρακτηριστικό είναι ότι πάντα συνδέονται μεταξύ τους υπό γωνία 120ο. Όσες σαπουνόφουσκες και αν συνδέονται σε ένα σχηματισμό, οι μεταξύ τους συνδέσεις θα είναι πάντα στην ίδια γωνία. Μία ομάδα από συγκεκριμένο αριθμό σαπουνόφουσκων μπορεί να διαμορφώσει μία ποικιλία σχηματισμών, ωστόσο, παρατηρείται η τάση να διαμορφώνουν κατόψεις κυκλικής μορφής, όπου η μέγιστη δυνατή επιφάνεια κάτοψης εσωκλείεται από την ελάχιστη επιφάνεια τοιχωμάτων.

Ο Frei Otto διατύπωσε, επίσης, κάποιες γενικότερες αρχές σχηματισμού πνευματικών δομών. Συμπέρανε, έτσι, ότι κάθε μορφή που προέρχεται από

την περιστροφή μίας γραμμικής μορφής γύρω από έναν άξονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία φουσκωτή κατασκευή. Συνεπώς, με τη χρήση της εγγεγραμμένης σφαίρας μπορεί να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα μίας μορφής για τέτοια χρήση. Όταν, για παράδειγμα, εφαρμόσουμε αυτόν τον “κανόνα σχηματισμού” σε μία κυλινδρική μορφή, αυτή αναλύεται σε μία σειρά από ισομεγέθης σφαίρες σε μία απείρωσ μικρή απόσταση μεταξύ τους. Αυτοί οι “κανόνες σχηματισμού”, παρόλο που φαίνεται να θέτουν σημαντικούς περιορισμούς στη μορφολογία των φουσκωτών κατασκευών, στην πραγματικότητα ορίζουν αμέτρητες πιθανές παραλλαγές σχηματισμών, πέρα από τις απλές σφαιρικές και κυλινδρικές δομές που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα.

Οι γεωδαιτικοί θόλοι του Fuller αναφέρονται ως μία από τις κυριότερες επιρροές για τους περισσότερους αρχιτέκτονες που έχουν ασχοληθεί με τις φουσκωτές κατασκευές. Ωστόσο, τα χωροδικτυώματα δεν έχουν άμεση εφαρμογή σε αυτόν τον τομέα. Η συμβολή του φαίνεται να περιορίζεται κυρίως στην τεκμηρίωση και σε αυτή την περίπτωση, όπως και στην προηγούμενη, του θόλου ως του ιδανικού τύπου δομής.

Οι γεωμετρίες που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για την κατασκευή φουσκωτών θόλων παραπέμπουν στην απλοποιημένη διατύπωση των AntFarm στο *Inflatocookbook* “Get ideas from: baseballs, volleyballs, soccer balls, geodesic domery[...] peeling tangerines, weather balloons, inner tubes, beach balls, gloves, world globes”¹.

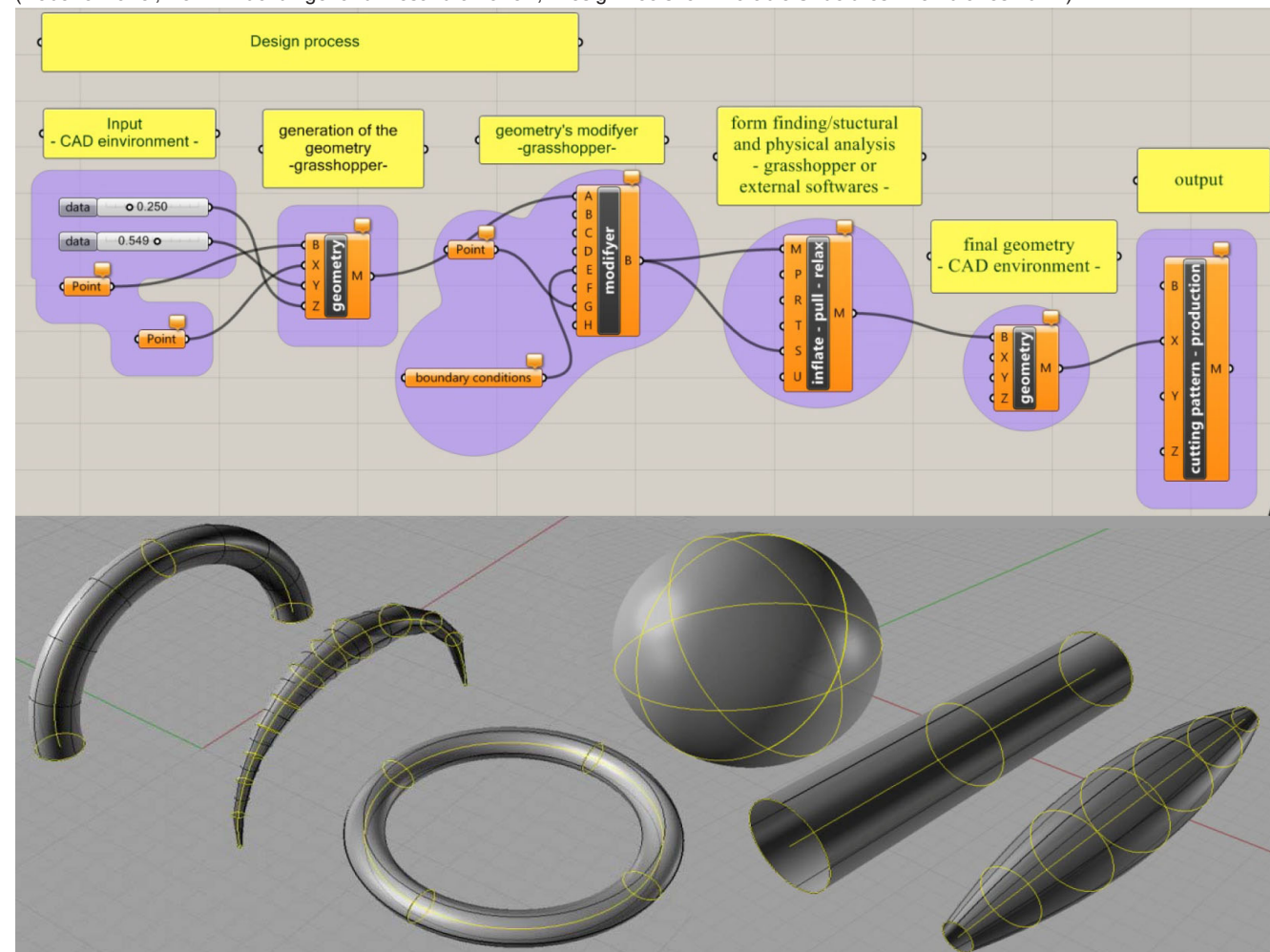
Σχηματισμός “soap bubbles”. (Roger N. Dent, 1971, “*Principles of Pneumatic Architecture*”. Λονδίνο, The Architectural Press, <http://chandra.harvard.edu>)

1: *Inflatocookbook*, 1973

1. Διαδικασία σχεδιασμού με το Grasshopper.

2. Ορισμός μορφής από κυκλικές τομές.

(Roberto Maffei, Rolf H. Luchdinger and Alesandra Zanelli, "Design Tools for Inflatable Structures" Membranes 2011.)



ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΦΟΥΣΚΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε η συμβολή των νέων τεχνολογιών στην ανάπτυξη των φουσκωτών κατασκευών. Με τον παραμετρικό σχεδιασμό να αλλάζει διαρκώς και με γρήγορους ρυθμούς το τοπίο στον αρχιτεκτονικό κόσμο, σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται η σχέση αυτού με τις φουσκωτές κατασκευές.

Λόγω της ευρύτερης και ευκολότερης χρήσης του το Grasshopper για Rhino διαθέτει μία πολύ μεγάλη διαδικτυακή κοινότητα που σαν αποτέλεσμα έχει την εξαιρετικά ταχεία ανάπτυξη και βελτίωση πρόσθετων εφαρμογών (plug-ins) για αρκετά εξειδικευμένη χρήση. Για το λόγο αυτό θα εξεταστεί η διαδικασία παραμετρικού σχεδιασμού φουσκωτών κατασκευών με τη χρήση του Grasshopper.

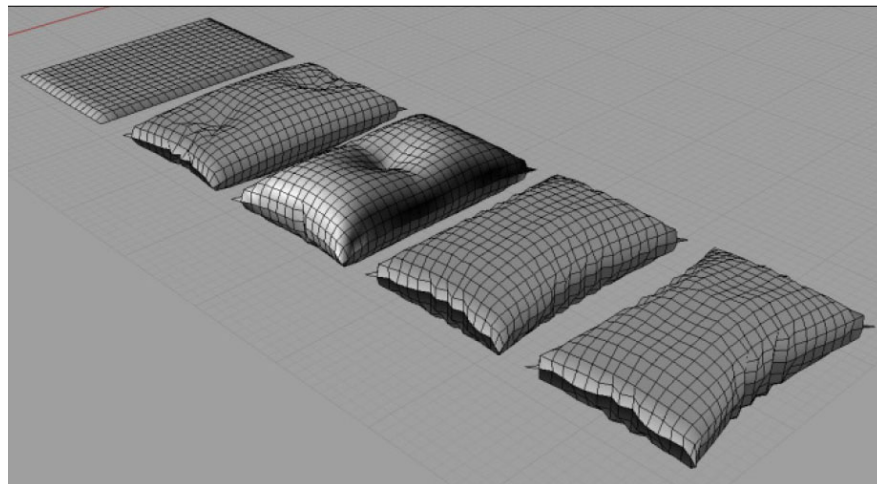
Ξεχωρίζουν δύο μέθοδοι σχεδιασμού, με σκοπό πάντα την εξαγωγή των κομματιών του υλικού που θα πρέπει να κοπούν για την κατασκευή (cutting patterns). Η πρώτη μέθοδος αφορά την περίπτωση όπου η μορφή και οι διαστάσεις της κατασκευής έχουν ήδη καθοριστεί. Αντίθετα, η δεύτερη βασίζεται κυρίως στη λογική του "trial and error" για τον καθορισμό της μορφής της κατασκευής. Και οι δύο μέθοδοι έχουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, με βάση τα οποία ορίζεται η κατά την περίπτωση συνδυαστική χρήση των δύο.

Στην πρώτη μέθοδο, όπου οι διαστάσεις και η μορφή έχουν οριστεί, θα πρέπει να ορίσει ο χρήστης τις κυκλικές τομές που δημιουργούνται στην φουσκωμένη μορφή ως δεδομένα (input) στο περιβάλλον του Grasshopper και από τα οποία θα προκύψει η τελική μορφή του μοντέλου. Όπως είναι λογικό, εφόσον η μορφή πρέπει να οριστεί με βάση τις κυκλικές τομές που

υπάρχουν σε αυτή, η συγκεκριμένη μέθοδος ανταποκρίνεται καλύτερα σε σχετικά απλές μορφολογικά κατασκευές.

Ωστόσο, στις φουσκωτές κατασκευές η χρήση μακετών παρουσιάζει ορισμένες βασικές δυσκολίες, αφού οι ιδιότητες του υλικού της μεμβράνης σε σχέση με τις διαστάσεις αλλάζουν σημαντικά. Επιπλέον, υπάρχουν μορφές που δεν μπορούν να αναλυθούν σε κυκλικές τομές ή μορφές που δεν είναι εύκολο να οριστούν οι τελικές τους διαστάσεις με την επίδραση της εσωτερικής πίεσης. Χαρακτηριστικό σε αυτή την περίπτωση είναι του παράδειγμα του “φουσκωτού μαξιλαριού”. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται η δεύτερη μέθοδος, κατά την οποία ορίζεται στο περιβάλλον του Grasshopper επίπεδο το κάλυμμα της μεμβράνης (envelope) και εισάγεται στο definition της πρόσθετης εφαρμογής Kangaroo Physics, που πραγματοποιεί το “φούσκωμα” των επιφανειών της μεμβράνης και δίνει την τελική μορφή της κατασκευής. Συγκεκριμένα, το Kangaroo θα παραμορφώσει τα δεδομένα αρχικά επίπεδα της μεμβράνης, προσομοιώνοντας την επίδραση ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου στην εσωτερική πλευρά τους, διατηρώντας σταθερό το εμβαδόν των επιφανειών. Επίσης, ορίζεται το επίπεδο δυσκαμψίας του υλικού.

Υπάρχουν, βέβαια, κάποια βασικά μειονεκτήματα και σε αυτή τη μέθοδο. Αυτά εντοπίζονται στο γεγονός ότι δεν μπορεί να οριστεί από το χρήστη το ακριβές μέγεθος της πίεσης και οι επιλογές των ιδιοτήτων του υλικού είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα έχουν κάποιες αποκλίσεις από την πραγματικότητα. Κατ’ επέκταση, πιο σωστό κρίνεται να χρησιμοποιούνται και οι δύο μέθοδοι, συμπληρωματικά η μία με

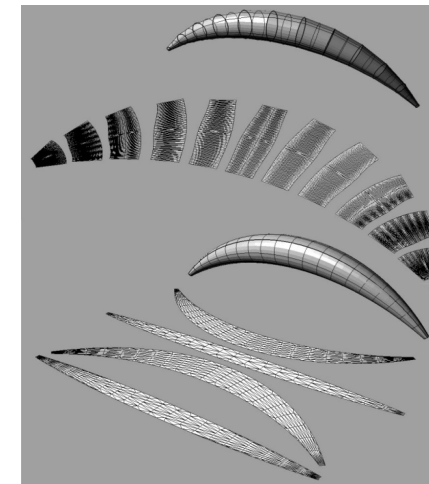


Φούσκωμα μαξιλαριού (pillow envelope) με διαφορετικές πιέσεις και ιδιότητες υλικού στο Kangaroo.
(Roberto Maffei, Rolf H. Luchdinger and Alesandra Zanelli, "Design Tools for Inflatable Structures" Membranes 2011.)

την άλλη, ώστε να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι αποκλίσεις.

Η εξαγωγή των κομματιών του υλικού που θα πρέπει να κοπούν (cutting patterns) είναι το τελευταίο βήμα της διαδικασίας σχεδιασμού και επηρεάζει τη φάση της κατασκευής. Οι ιδιότητες του στοιχείου κατά το φούσκωμα με αέρα και η αισθητική του επηρεάζονται από το μοτίβο των ραφών. Ένα ακριβές σχέδιο κοπής παράγει ένα ωραίο ομαλό σχήμα της κατασκευής. Για τη δημιουργία των cutting patterns ο σχεδιασμός στο τρισδιάστατο μοντέλο μιας σειρά από γραμμές κοπής (που θα γίνουν ραφές κατά τη διαδικασία κατασκευής) είναι υποχρεωτικός. Η διάταξη των γραμμών κοπής είναι κρίσιμο μέρος ενός αποτελεσματικού σχεδίου κοπής. Γενικά, οι κατά μήκος ραφές δίνουν καλύτερο αποτέλεσμα από τις εγκάρσιες. Αφού οριστούν οι γραμμές κοπής, τα επίπεδα σχήματα που θα πρέπει να κοπούν μπορούν να παραχθούν με τη χρήση πρόσθετων εφαρμογών (plug-ins) όπως η Terrafat.

Όπως αναφέρθηκε, τέτοιες εφαρμογές παρουσιάζουν ακόμα αρκετά προβλήματα, που τις καθιστούν αναξιόπιστες για χρήση σε σχετικά περίπλοκες κατασκευές. Αναπτύσσονται, όμως, με πολύ γρήγορους ρυθμούς επιλύοντας συνεχώς προηγούμενα προβλήματα. Το γεγονός αυτό είναι αρκετό για να περιμένει κανείς ακόμα μεγαλύτερες αλλαγές στο χώρο των φουσκωτών κατασκευών με τη συμβολή του παραμετρικού σχεδιασμού. Ακόμα και με τις δυνατότητες που προσφέρει σήμερα, ωστόσο, μπορεί να επιλύσει πολύ γρήγορα ορισμένα προβλήματα της διαδικασίας σχεδιασμού.



Εξαγωγή των cutting patterns με εγκάρσιες και κατά μήκος γραμμές.
(Roberto Maffei, Rolf H. Luchdinger and Alesandra Zanelli, "Design Tools for Inflatable Structures" Membranes 2011.)



Τα "Silver Clouds" του Andy Warhol.
(φωτογραφία από το διαδίκτυο)

ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι διάφορες εφαρμογές των φουσκωτών κατασκευών εκτός των καθαρά αρχιτεκτονικών είναι ατελείωτες. Ωστόσο, κάποιοι βασικοί τομείς όπου η παρουσία φουσκωτών κατασκευών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αξίζει να αναφερθούν.

Τέχνη

Οι αρχές των φουσκωτών κατασκευών, η χρήση του αέρα και οι ανάλαφροι όγκοι που παράγει, η ιδέα του εφήμερου και η pop αισθητική τους έχουν κάνει πολλούς καλλιτέχνες να ασχοληθούν με αυτές. Στα παραδείγματα των προηγούμενων κεφαλαίων αναφέρθηκαν ήδη κάποια φουσκωτά installations από καλλιτέχνες όπως ο Maurice Agis, τα οποία είχαν όλα ένα χαρακτήρα αρχιτεκτονικό. Ήδη γνωστές μορφές για διαφημιστικές κατασκευές (βλ. ο άνθρωπος της Michelin), φθηνών και συχνά κακής ποιότητας παιχνιδιών που γεμίζουν τις παραλίες και τις παιδικές γιορτές, αποτελούν εξίσου και για αυτούς τους λόγους αγαπημένο θέμα κάποιων καλλιτεχνών.

Από τις αρχές ακόμα του κινήματος, τη δεκαετία του 1960, ένας από τους πατέρες της pop art, ο Andy Warhol, γοητεύτηκε από αυτά τα χαρακτηριστικά και κατασκεύασε το 1966 ένα από τα πιο γνωστά έργα του. Τα "Silver Clouds", όπως τα ονόμασε, είναι φουσκωτά μαξιλάρια κατασκευασμένα από μεμβράνη Mylar και γεμίζουν με ήλιο και οξυγόνο, σε τέτοια αναλογία, ώστε να κινούνται ελεύθερα στο χώρο "αψηφώντας τη βαρύτητα". Για τον Warhol το ασημένιο χρώμα της μεμβράνης από Mylar, όπως και οι ασημένιοι τοίχοι του Factory, είχε ιδιαίτερο νόημα. "It was a perfect time to think silver. Silver was the future, it was spacy, astronauts wear silver suits and their equipment was silver were photographed too. And silver was also the past, the silver screen. Hollywood actresses were photographed on silver sets, And maybe more than anything else, it was narcissism...mirrors were backed with silver"¹. Τα "Silver Clouds" χρησιμοποιήθηκαν το 1968 και στο έργο του χορογράφου Merce Cunningham "Rainforest", ενώ, παρουσιάστηκαν και στην έκθεση του Group Utopie, "Structures Gonflables" την ίδια χρονιά στη Γαλλία.

Εκεί παρουσιάστηκε και η συλλογή επίπλων του Quasar Khanh "Aerospace '68". Πρόκειται για φουσκωτά έπιπλα με τα έντονα χρώματα που αποτελούν

Έπιπλα από τη συλλογή "Aerospace '68" του Quasar Khanh. (<http://velvet-galerie.com>)



μέχρι σήμερα ένα από τα εμβλήματα της pop κουλτούρας της περιόδου. Οι αμέτρητες απομιμήσεις και φθηνές αναπαραγωγές τους δεν σταμάτησαν ποτέ έως σήμερα. Η σειρά αποτελούνταν από δέκα διαφορετικά αντικείμενα, από πολυθρόνες, πουφ και καναπέδες μέχρι φωτιστικά. Το καθένα από αυτά σε πέντε χρώματα από διάφανο πολυχλωριούχο βινύλιο (PVC): άχρωμο, μαύρο, κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο και μπλε.

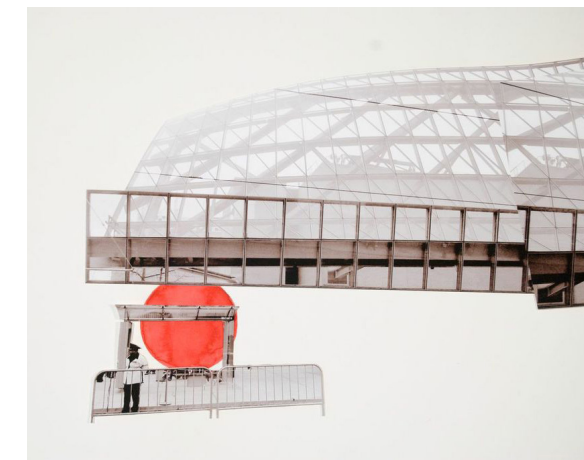
Η αισθητική των inflatables κυριαρχεί και σε πολλά έργα του Jeff Koons. Το πλέον αναγνωρίσιμο έργο του "Balloon Dog", το "Rabbit" και πολλά ακόμα, κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι στην πραγματικότητα, οφείλουν τη γοητεία τους στην ανάλαφρη αίσθηση των φουσκωτών μορφών που μιμούνται. Η αρχή έγινε το 1986 με το "Rabbit", για να ακολουθήσει το 1994 η σειρά "Celebration". Σε αυτήν ανήκουν τα περίφημα "Ballon Dog" και "Tulips". Συνολικά, οχτώ έργα αυτής της λογικής έχει κατασκευάσει μέχρι σήμερα ο καλλιτέχνης, το καθένα από τα οποία κατασκευάζεται σε πέντε αυθεντικές εκδοχές, διαφορετικού χρώματος. Από τα πρώτα έργα του Koons και λιγότερο γνωστά είναι η σειρά "Inflatables" του 1979 και πρόκειται για πλαστικά φουσκωτά παιχνίδια σε σχήματα λουλουδιών και ζώων.

Αριστερά:
"Inflatable Flowers (Tall Purple, Tall Orange)", από τη σειρά "Inflatables".
Jeff Koons. 1979.
Δεξιά:
"Balloon Dog", από τη σειρά "Celebration". Jeff Koons. 1994-2000.
(όλες οι φωτογραφίες από:
www.jeffkoons.com)

Το 2001 ο καλλιτέχνης Kurt Peschke δημιούργησε το "Red Ball" και πρόκειται ακριβώς για αυτό, μια φουσκωτή κόκκινη σφαίρα, διαμέτρου πέντε μέτρων και κατασκευασμένη από παχύ ανθεκτικό PVC. Με σκοπό άλλοτε να αναδείξει μία υποβαθμισμένη ή ξεχασμένη γωνιά της πόλης, να "παίξει" με το συνηθισμένο αστικό τοπίο ή να προκαλέσει τις αντιδράσεις και τη φαντασία των περαστικών, έχει επισκεφθεί μέχρι σήμερα 14 πόλεις σε όλο τον κόσμο. Από το Σαιντ Λούις, το Τορόντο και το Σίδνεϊ μέχρι τη Βαρκελώνη και το Παρίσι, ο τρόπος που συνδυάζεται με το εκάστοτε περιβάλλον της, το οποίο κάθε φορά γίνεται μέρος του έργου, θυμίζει τον τρόπο που το "Spacebuster" της ομάδας Raumlabor "στριμώνχεται" κάτω από γέφυρες και που τα μέλη των Haus-Rucker-Co επεδίωκαν τη γνωριμία του κοινού με τις φουσκωτές κατασκευές.

Ο προσωρινός χαρακτήρας τους και η εύκολη μεταφορά τους είναι σίγουρα κάποιοι μόνο από τους λόγους που οι φουσκωτές κατασκευές έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς από διάφορους street artists. Ο βρετανός *Filthy Luker* έχει χρησιμοποιήσει φουσκωτές κατασκευές για να ζωντανέψει σκηνές από χαμηλού κόστους ταινίες τρόμου. Τα πλοκάμια ενός τεράστιου πράσινου χταποδιού που προβάλλουν από τα παράθυρα, ένα γιγαντιαίο φυτό που φυτρώνει στη μέση ενός εργοταξίου και δέντρα που σε κοιτούν περίεργα "πειράζουν" με χιούμορ τη συνηθισμένη εικόνα της πόλης.

Αντίστοιχα, ο νεοϋορκέζος *Joshua Allen Harris* έγινε γνωστός με τα φουσκωτά κινούμενα ζώα στους δρόμους της πόλης. Κατασκευασμένα από απλές πλαστικές σακούλες και κολλημένα με ταινία στις εξόδους εξαερισμού του υπόγειου σιδηροδρόμου ζωντανεύουν, κινούνται και πεθαίνουν ανάλογα με τον αέρα που βγαίνει, δηλαδή την κίνηση των συρμών κάτω από το δρόμο.



Διπλανή σελίδα:

1. Ένα από τα τέρατα του Joshua Allen Harris.
(www.pushitmagazine.com)

2. "Octopied Building" από τον Filthy Luker.
(<http://filthyluker.org/art-attacks/>)

Σε αυτή τη σελίδα: "Red Ball", Kurt Peschke.
(φωτογραφίες από το προσωπικό αρχείο του καλλιτέχνη)



Διάστημα

Από τις αρχές της εξερεύνησης του διαστήματος τη δεκαετία του 1960 φάνηκε πως η ιδέα κατασκευών που απαιτούν ελάχιστο χώρο για την αποθήκευσή τους στο όχημα εκτόξευσης, πολλαπλασιάζοντας στη συνέχεια τον όγκο τους, εξυπηρετεί τις ανάγκες διαστημικών αποστολών.

Πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν ως “passive communication satellites” (δορυφόροι τηλεπικοινωνιών). Το 1958 ξεκίνησε το πρόγραμμα έρευνας και κατασκευής φουσκωτών δορυφόρων, οδηγώντας το 1960 στην εκτόξευση του “Echo I”. Αυτό ήταν κατασκευασμένο από μία μεμβράνη Mylar, πάχους μόλις 0,127χιλ., με μία αμελητέου πάχους επίστρωση αλουμινίου. Συμπιεσμένο σε μία κάψουλα διαμέτρου μόλις 700χιλ., φούσκωσε στο πλήρες μέγεθός του που έφτανε τα 30μ. διάμετρο όταν τέθηκε σε τροχιά. Ακολούθησαν, μετά από μικρό χρονικό διάστημα το “Echo A-12” και το “Echo II”.

Το 1961 η Goodyear σχεδίασε το πρώτο “inflatable habitat” που θα χρησιμοποιούνταν για να προσφέρει καταφύγιο σε επανδρωμένες αποστολές στη Σελήνη. Το οποίο, όμως, στη συνέχεια απορρίφθηκε από τη NASA.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα μέχρι τώρα για κατασκευές που θα χρησιμοποιούνταν σε διαστημικές αποστολές ήταν η κοσμική ακτινοβολία και οι ηλιακές εκλάμψεις, που, εκτός από τις βλαβερές συνέπειες στην υγεία των μελών τέτοιων αποστολών, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές καταστροφές στον εξοπλισμό, τα συστήματα και το ίδιο το σώμα των σκαφών. Με την ανάπτυξη νέων υλικών, όπως το Kevlar το 1965, δόθηκε τελικά η δυνατότητα για την κατασκευή φουσκωτών διαστημικών σταθμών και καταφυγίων.

Σχεδόν τριάντα χρόνια αργότερα, το 1992, ξεκίνησαν και πάλι οι μελέτες για την κατασκευή “expandable habitats” όπως ονομάζονται πλέον. Μέχρι το 2000 η NASA σε συνεργασία με την ιδιωτική εταιρία *Bigelow Aerospace*



1. Echo A-12, δορυφόρος τηλεπικοινωνιών. (Roger N. Dent, 1971, “Principles of Pneumatic Architecture”. Λονδίνο, Tht Architectural Press)
2. BEAM της Bigelow Aerospace. (www.bigelowaerospace.com)

δούλευαν για τη δημιουργία του “TransHab” (Transit Habitat), το οποίο θα αποτελούσε μία βάση με τη μορφή “expandable habitat” για επανδρωμένες αποστολές στην επιφάνεια του Άρη. Όταν αναβλήθηκε η κατασκευή του, η Bigelow συνέχισε τις έρευνες για να κατασκευάσει τα πρώτα φουσκωτά περιβάλλοντα για προσάρτηση σε διαστημικούς σταθμούς. Το 2006 τέθηκε σε τροχιά από την ίδια την Bigelow το “GENESIS I”. Αυτό αποτελεί δοκιμαστικό μοντέλο στο Π του μεγέθους του BA 330, το οποίο αναπτύσσει η εταιρία ως τη βασική μονάδα που θα χρησιμοποιηθεί στο σύμπλεγμα του πρώτου “commercial space station”. Το φουσκωτό σώμα του “GENESIS I” αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις μεμβράνης Kevlar, συνολικού πάχους 15εκ.. Αυτές προσφέρουν επαρκή θερμομόνωση, προστασία από ραδιενεργή ακτινοβολία και αλεξίσφαιρη προστασία από κοσμικά θραύσματα και σωματίδια που κινούνται με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή μιας σφαίρας. Το μήκος του είναι 4,4μ., ενώ σε διάμετρο φτάνει τα 2,54μ.. Κατά την εκτόξευση η διάμετρός του ήταν μόλις 1,6μ.. Αφού τέθηκε σε τροχιά, χρειάστηκαν περίπου 10 λεπτά, για να φουσκώσει στο πλήρες μέγεθός του. Αναμένεται να παραμείνει σε τροχιά για 12 χρόνια συνολικά, μειώνοντας σταδιακά την τροχιά του έως ότου εισέλθει και πάλι στην ατμόσφαιρα της γης, οπότε θα υπάρξει ανάφλεξή του. Ακολούθησε το 2007 το “GENESIS II” και πάλι ως δοκιμαστικό. Η κατασκευή του και ο χρόνος ζωής του είναι όμοια με του “GENESIS I”.

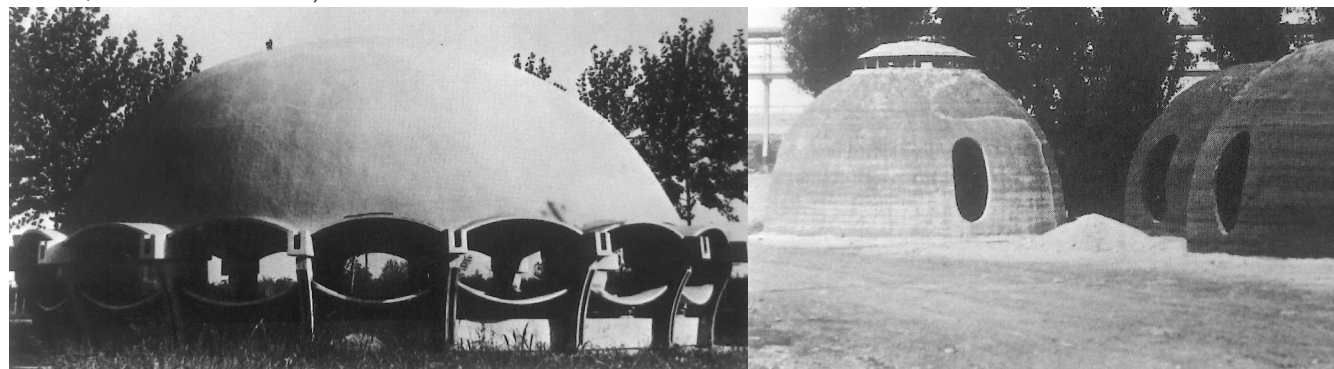
Το “Bigelow Expandable Activity Module” (BEAM) είναι το πρώτο φουσκωτό που θα χρησιμοποιηθεί σε επανδρωμένη αποστολή στο διάστημα, μετά από την ανάθεση του έργου στην Bigelow Aerospace από τη NASA. Αυτό αναμένεται να προσκολληθεί μέσα στο 2015 στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS), όπου θα παραμείνει δοκιμαστικά για 2 χρόνια. Σε αυτή την περίοδο θα χρησιμοποιείται περίπου μία φορά το μήνα από τα μέλη του πληρώματος για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση της μονάδας. Στη συνέχεια, θα αποκολληθεί και θα επιστέψει στην γη με αναμενόμενη ανάφλεξη κατά την είσοδό του στην ατμόσφαιρα.

Κατασκευαστικός Τομέας

Απλές air supported φουσκωτές κατασκευές ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται ήδη από το 1942 βοηθητικά για την κατασκευή θόλων από σκυρόδεμα (*monolithic domes*). Χρησιμοποιώντας τη φουσκωτή κατασκευή σαν βάση, κάλυπταν την εξωτερική επιφάνεια με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όπως είναι λογικό, διάφορα προβλήματα έπρεπε να επιλυθούν έως ότου μπορέσουν να εφαρμοστούν τέτοιες τεχνικές, με κυριότερο το γεγονός ότι η πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής έπρεπε να είναι αρκετά υψηλή ώστε να αντέξει το βάρος του σκυροδέματος. Αυτά τα προβλήματα σταδιακά επιλύθηκαν και κατασκευάστηκαν τα πρώτα δείγματα θόλων από σκυρόδεμα κατασκευασμένα κατ' αυτόν τον τρόπο, προσθέτοντας ένα πλέγμα οπλισμών που συγκρατούσε το σκυρόδεμα ώστε να μην γλιστράει από την επιφάνεια της μεμβράνης, αλλά και να συγκρατείται και να μην παρουσιάζει ρωγμές σε περίπτωση που η μεμβράνη υποχωρούσε.

Παράλληλα, με την εξέλιξη των πλαστικών υλικών δόθηκε και η δυνατότητα κατασκευής τέτοιων μόνιμων δομών από ελαφρύτερα πλαστικά πολυμερή, όπως ο αφρός πολυουρεθάνης. Άλλο ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, κατά την οποία το υλικό ψεκαζόταν σχηματίζοντας ένα στρώμα περίπου 10εκ. στο εσωτερικό της μεμβράνης και 2εκ. στο εξωτερικό της, είναι ότι οι πρώτες ύλες για την κατασκευή μεταφέρονται εύκολα. Συνεπώς, θεωρήθηκε ο καταλληλότερος τρόπος για την άμεση στέγαση αστέγων λόγω φυσικών καταστροφών. Τον Απρίλιο του 1970 χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για την προσωρινή στέγαση σεισμοπαθών στην Τουρκία. Η γερμανική εταιρία *Bayer* έσπευσε στην περιοχή, μεταφέροντας όλες τις πρώτες ύλες για την κατασκευή 400 τέτοιων καταλυμμάτων, για το καθένα από τα οποία χρειάστηκε μόλις μία ώρα.

1. Ένα από τα πρώτα monolithic domes.
2. Ο καταβλισμός για τη στέγαση σεισμόπληκτων στην Τουρκία, 1970.
(και οι δύο εικόνες από: Roger N. Dent, 1971, "*Principles of Pneumatic Architecture*". Λονδίνο, Tht Architectural Press)



Μία παρόμοια μέθοδος, όπου σταθεροποιητικός αφρός από πλαστικό πολυμερές γέμιζε το κενό ανάμεσα στο διπλό τοίχωμα μίας φουσκωτής κατασκευής, δίνοντας τελικά έναν αυτοφερόμενο θόλο, είχε χρησιμοποιηθεί πειραματικά τη δεκαετία του 1960 και για την κατασκευή καταφυγίων στην επιφάνεια του φεγγαριού από τη NASA. Παρέμεινε, ωστόσο, σε πειραματικό επίπεδο.

Σήμερα, υπάρχουν εταιρίες, όπως η Monolithic στις Η.Π.Α., που δραστηριοποιούνται στο πεδίο της κατασκευής αυτοφερόμενων θόλων από σκυρόδεμα με τη χρήση φουσκωτών κατασκευών. Τέτοιες δομές έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή καταφυγίων και σχολείων, λόγω της προστασίας από φωτιά που παρέχουν και της εξαιρετικής αντοχής τους, καθώς, ακόμα, και ως αποθηκευτικές μονάδες, αμφιθέατρα, γυμναστήρια μέχρι και μικρές κατοικίες και καμπάνες σε παραλίες. Βασικό τους πλεονέκτημα παραμένει η οικονομική και γρήγορη κατασκευή τους.

Σε σύγκριση με τις πρώτες εφαρμογές που αναφέρθηκαν παραπάνω, η διαδικασία κατασκευής έχει αντιστραφεί. Αρχικά, μία περιμετρική βάση από σκυρόδεμα κατασκευάζεται, στην οποία στη συνέχεια συνδέεται η μεμβράνη. Με την παροχή αέρα φουσκώνει η air supported κατασκευή που δίνει τη μορφή στην τελική κατασκευή. Η επιστροφή ξεκινάει από την εσωτερική πλευρά της μεμβράνης, όπου αρχικά επιστρώνεται με αφρό πολυουρεθάνης πάχους περίπου 8εκ., το οποίο αναλαμβάνει το ρόλο της θερμομόνωσης της κατασκευής και στο οποίο, στη συνέχεια, συγκρατείται ο οπλισμός. Μετά την τοποθέτηση των κάθετων και οριζόντιων οπλισμών γίνεται η τελική εσωτερική επιστροφή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους περίπου 8εκ.. Όταν ολοκληρωθεί και αυτό το στάδιο η παροχή του αέρα σταματά να λειτουργεί και γίνεται η εξωτερική επεξεργασία του αυτοφερόμενου πλέον θόλου. Πάνω στην εξωτερική επιφάνεια της

Monolithic dome homes.
(φωτογραφίες από το διαδίκτυο)



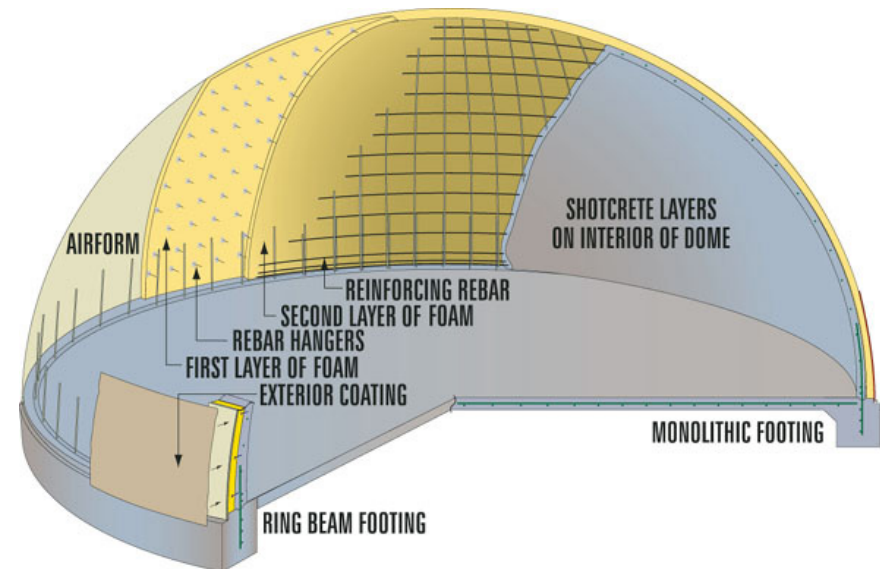
μεμβράνης, η οποία λειτουργεί ως στεγανωτικό υλικό, τοποθετείται συρματόπλεγμα, για να συγκρατήσει τις δύο επιπλέον στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος, συνολικού πάχους 4εκ. περίπου, που προστίθενται για την ολοκλήρωση της κατασκευής.

Πρόσφατα, έχουν αναπτυχθεί και κάποια υλικά τα οποία ακόμα δεν συναντώνται συχνά σε εμπορικές εφαρμογές, όπως το "Concrete Canvas" (ύφασμα σκυροδέματος), το οποίο αναπτύχθηκε από μία ομάδα φοιτητών του Imperial College στο Λονδίνο, το 2004. Στην τριών διαστάσεων πλέξη των ινών του concrete canvas με πάχος μόλις 8χιλ. παγιδεύεται σκόνη σκυροδέματος, με το τελικό αποτέλεσμα να είναι ανάλογο με αυτό που θα έδινε χυτό σκυρόδεμα πάχους 15εκ.. Μια από τις εφαρμογές του νέου αυτού υλικού είναι για την κατασκευή καταφυγίων και άλλων στρατιωτικών υποδομών. Το concrete canvas χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση ως το υλικό της μεμβράνης μίας air supported κατασκευής, με την προσθήκη νερού το σκυρόδεμα αναπτύσσει την τελική του αντοχή και σε 24 ώρες το καταφύγιο είναι έτοιμο για χρήση. Όπως όλες οι φουσκωτές κατασκευές μεταφέρεται εύκολα και χρειάζεται ελάχιστο χρόνο για να τοποθετηθεί στο σημείο ανέγερσης και να φουσκώσει στο πλήρες μέγεθός του.

Τέλος, μία ακόμα χρήση φουσκωτών κατασκευών που αναπτύχθηκε πρόσφατα από το University of Maine's Advanced Structures and Composites Center, είναι για την κατασκευή γεφυρών από σκυρόδεμα. Η

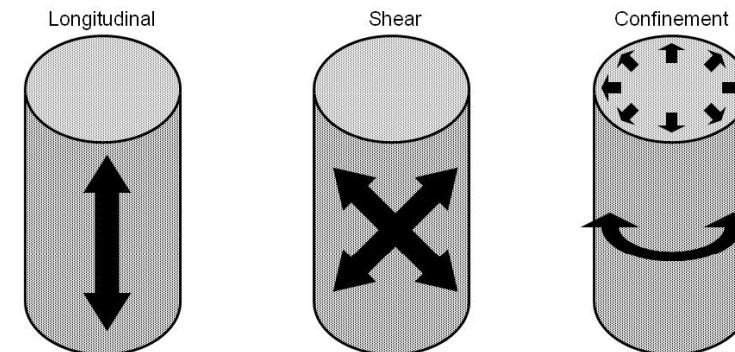
τεχνολογία του "Bridge-in-a-backpack", όπως ονομάστηκε, χρησιμοποιεί φουσκωτά τόξα από FRP (fibre-reinforced plastic), κυκλικής διατομής τοποθετημένα στη σειρά, ως καλούπια για τη σκυροδέτηση της αψίδας της γέφυρας. Τα τόξα αυτά έρχονται έτοιμα στο σημείο κατασκευής, όπου έχει προηγηθεί η κατασκευή της θεμελίωσης της γέφυρας, στην οποία τοποθετούνται για να γεμίσουν στη συνέχεια με σκυρόδεμα. Λόγω των προκατασκευασμένων αυτών φουσκωτών τμημάτων και της εύκολης μεταφοράς και τοποθέτησης τους ελαχιστοποιείται ο χρόνος κατασκευής της γέφυρας, η οποία χρειάζεται μόλις 12 ημέρες για την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής της. Επιπλέον, το πλαστικό σώμα των τόξων που περιβάλλει το σκυρόδεμα παρέχει ταυτόχρονα προστασία από διάβρωση, ενώ συμβάλει και στην βελτίωση των στατικών ιδιοτήτων των τόξων.

Στάδια κατασκευής μίας "Bridge-in-a-backpack".
(<http://www.nesmea.uconn.edu>)



Σύγχρονη μέθοδος κατασκευής monolithic domes. (www.monolithic.com)

1: Andy Warhol, "Andy Warhol's Silver Factory", video, <https://www.youtube.com/watch?v=MCMTGkcyFDc>



Three Components of FRP Reinforcement



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά το δυναμικό τους ξεκίνημα περισσότερο από μισό αιώνα πριν, οι φουσκωτές κατασκευές φαίνεται να επέστρεψαν στο χώρο της αρχιτεκτονικής για να μείνουν. Εντάσσονται σε ένα νέο πολιτικοκοινωνικό πλαίσιο χωρίς, όμως, να χάνουν τίποτα από τον αρχικό τους χαρακτήρα.

Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμα και κατά τη διαδικασία συγγραφής αυτής της εργασίας συνεχώς γίνονταν δημοσιεύσεις νέων αρχιτεκτονικών και καλλιτεχνικών έργων που εντάσσονται στον τομέα των φουσκωτών κατασκευών. Από αυτά επιλέχθηκαν μόνο κάποια πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα για να χαράξουν την πορεία και να εκπροσωπήσουν τους διάφορους τύπους κατασκευών που χρησιμοποιούν αυτές τις αρχές.

Αναφέρθηκε ήδη η φράση που χρησιμοποίησαν οι AntFarm στο *Inflatocookbook* για να “συστήσουν” τα φουσκωτά στον αναγνώστη -“Σε περίπτωση που δεν έχετε βρει ακόμα ένα λόγο για να φτιάξετε μία φουσκωτή κατασκευή, γίνεται προφανές μόλις βάλετε μερικούς ανθρώπους μέσα σε μία”- που περιγράφει ίσως με τον καλύτερο τρόπο την ιδιαίτερη αισθητική τους. Και σήμερα συνεχίζουν να γοητεύουν με την απλότητα της κατασκευής τους και να προκαλούν την επιθυμία αλληλεπίδρασης μαζί τους, έχοντας, ωστόσο, βρει μία νέα θέση στις σύγχρονες κοινωνίες.

Από την πλήρη εναντίωσή τους προς το σκληρό δομημένο περιβάλλον των σύγχρονων πόλεων, πέρασαν σε μία σχέση “αγάπης-μίσους” με αυτό, σε μία διαλεκτική σταθερού-μεταβαλλόμενου, όπου και οι δύο απόψεις πρέπει να ακουστούν. Άλλωστε, χρησιμοποιούν το ήδη κτισμένο περιβάλλον για να επιβιώσουν ή να αναδειχθούν, λειτουργώντας παρασιτικά μέσα σε αυτό, χρησιμοποιώντας το για να αναδείξουν τη δική

Φωτογραφίες διπλανής σελίδας:

1. Ant Farm, "White Pillow", 1971.
(www.architecture.yale.edu/sites/gallery/ant_farm.htm)
2. Raumlabor, "Hovercraft - Lifting Modernism", 2008.
(www.raumlabor.net)

τους ευαίσθησία ή λειτουργώντας ως καταλυτικές επεμβάσεις στις πόλεις και τα κτίρια. Η εύκολη μεταφορά και γρήγορη ανέγερση, το γεγονός ότι μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, το ότι τα πλαστικά υλικά από τα οποία κατασκευάζονται είναι τις περισσότερες φορές πλήρως ανακυκλώσιμα και η κατασκευή έχει πολύ χαμηλό κόστος σε σύγκριση με ένα πιο συμβατικό τρόπο, εξυπηρετούν σαφώς τις ανάγκες των καιρών μας. Έγινε λόγος για τα διάφορα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου κατασκευών και φαίνεται πως σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν, ίσως, απλά μία πιο λογική επιλογή.

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, η ανάπτυξη νέων υλικών κάνει δυνατή την εφαρμογή των φουσκωτών κατασκευών και σε νέους τομείς, από τη χρήση σε διαστημικές αποστολές, τη διαμόρφωση φουσκωτών προσώπων, μέχρι και τη βοηθητική τους λειτουργία στην πιο γρήγορη ανέγερση συμβατικών κατασκευών από σκυρόδεμα. Ειδικά αν εξετασθεί ο παράγοντας ότι πλέον οι αρχές τους αποτελούν κοινό κτήμα στον κατασκευαστικό τομέα και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και προγραμμάτων κάνει ακόμη πιο εύκολη και γρήγορη τη διαδικασία σχεδιασμού, η θέση των φουσκωτών κατασκευών στον αρχιτεκτονικό κόσμο έχει σίγουρα κατοχυρωθεί. Ίσως, μάλιστα, όλες οι εφαρμογές τους που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα να αποτελούν μόνο την κορυφή του παγόβουνου των εφαρμογών που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Jung Yun Chi and Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti, " An Outline of the Evolution of Pneumatic Structures", University of Sao Paolo.
2. Roger N. Dent, 1971, "Principles of Pneumatic Architecture". Λονδίνο, The Architectural Press
3. Marc Dessauce, 1999, "The inflatable moment, Pneumatics and protest in May '68". Νέα Υόρκη, Princeton Architectural Press, The Architectural League of New York.
4. Ant Farm, 1973, "Inflatocookbook".
5. Roberto Maffei, Rolf H. Luchdinger and Alesandra Zanelli, "Design Tools for Inflatable Structures", Membranes, 2011.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. <http://www.raumlabor.net/>
2. <http://www.stinco.fr/>
3. <http://www.jeanpauljungmann.fr/>
4. <http://www.ortner-ortner.com/>
5. <http://www.spatialagency.net/database/haus-rucker-co>
6. http://www.architecture.yale.edu/sites/gallery/ant_farm.htm
7. <http://www.telegraph.co.uk/news/obituaries/culture-obituaries/art-obituaries/6350529/Maurice-Agis.html>
8. <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects>
9. <http://sciarc.edu/course.php?id=74&category2=0>
10. <http://kkaa.co.jp/works/tee-haus/>

11. <http://www.bigelowaerospace.com/>
12. <http://collabcubed.com/2012/02/20/hishhorn-museum-bubble-diller-scofidio-renfro/>
13. <http://www.dsny.com/>
14. http://www.ptw.com.au/ptw_project/watercube-national-swimming-centre/
15. <http://en.beijing2008.cn/17/34/article212053417.shtml>
16. <http://allianz-arena.de/en/fakten/detaillierte-zahlen/>
17. <http://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/201-225/205-allianz-arena.html>
18. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/beam_feature.html
19. <http://www.quasar-khanh.com/>
20. <http://velvet-galerie.com/Quasar-Khanh-La-collection-AEROSPACE-1968>
21. <http://www.wimp.com/inflatablemonsters/>
22. <http://filthyluker.org/art-attacks/>
23. <http://redballproject.com/>
24. <http://www.jeffkoons.com/site/index.html>
25. <http://bfi.org/>
26. <http://www.concretcanvas.co.uk/>
27. http://www.nesmea.uconn.edu/pdf/09_frp_arches-dagher.pdf