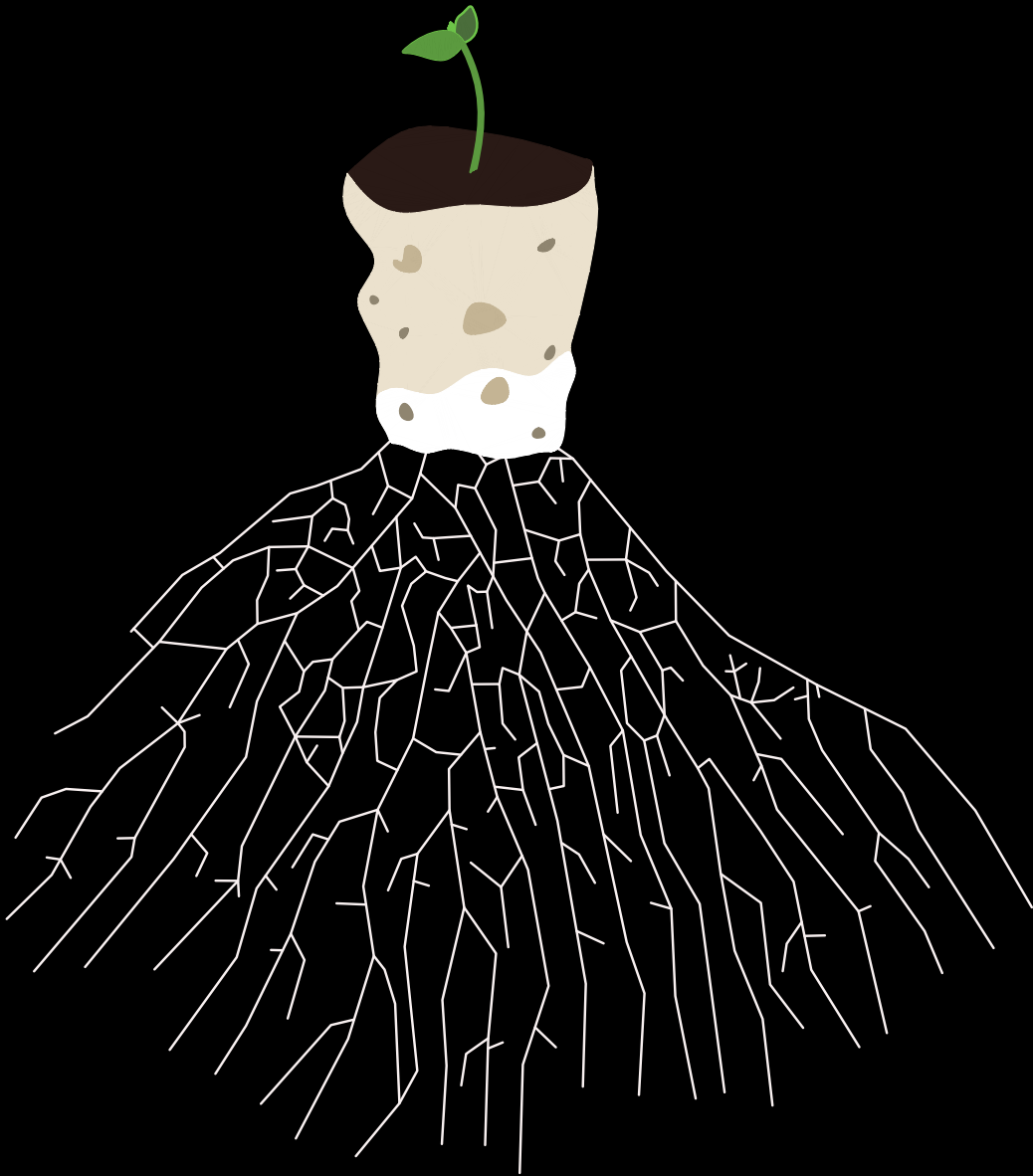


# MYCO360



Διπλωματική Εργασία

Αθανασέλη Δανάη - Μαρία, Βασιλείου Ίρις

επιβλέπων καθηγητής: Κοτιώνης Ζήσης

Ιούλιος 2021

**Συνθετότητα και συνεργία υπό το πρίσμα της οικολογικής οπτικής**

9

51

**Μυκηλιακές διερευνήσεις**

53

Εισαγωγή στον βιοσχεδιασμό και τον καλλιεργητικό σχεδιασμό

10

57

Βιολογία του μυκηλίου

12

59

Το μυκήλιο ως βιοϋλικό

16

Υλικοκεντρική προσέγγιση σχεδιασμού

18

Πειραματισμοί με το υλικό

21

65

Ανάλυση ιδιοτήτων του βιοσύνθετου υλικού μυκηλίου

28

69

Ανοιχτού κώδικα υλικό και πρακτικές σχεδιασμού και παραγωγής

32

71

Ο ρόλος του βιοϋλικού στην επανεξέταση της βιωσιμότητας υλικών και διαδικασιών παραγωγής

36

77

Το υλικό ως αφετηρία συμπαραγωγής και διεγέρτης κοινών

39

77

79

**Συστημικές προσεγγίσεις**

85

Εισαγωγή στον αναγεννητικό σχεδιασμό και την περμακουλτούρα

41

91

Ένθεση, μεταβολικά δίκτυα και κυκλική οικονομία

44

97

101

**Τοποκεντρική ανάλυση**

103

Κομβική χωροθέτηση του πρότζεκτ και παραγωγική παρατήρηση της ολότητας όπου εγγράφεται

47

108

114

117

125

**ΜΥCO360**

Παρατήρηση του τοπίου

Βιομηπτισμός

Συναρμογή και υλικότητα

Χρόνος και εποχικότητα

**Ομόκεντρα ανάλυση του Μυco360****Εργαστήριο – Κουζίνα**

Εσωτερικός πάγκος εργασίας

Κιβώτιο απόρριψης και κομποστοποίησης

Μυκοπάνελ

Mycocup

Μυκοθήκη

Μυκοξήρανση

**Νεροκολώνες****«Ανοίγματα»**

Βόρειο άνοιγμα

Νότιο άνοιγμα

**Ομόκεντρος κήπος****Το Μυco360 ως οικολογικό-κοινωνικό σύστημα**

Υλικές και ενεργειακές ροές

Χωρικές και κοινωνικές ροές

Βιβλιογραφία

## Περίληψη

Σε μια δυνητική ανακατεύθυνση προς μια οικολογική κοσμοθεώρηση, ο σχεδιασμός περιβάλλοντος και τοπίου μπορεί να έχει καταλυτικό ρόλο στην επανεξέταση του τρόπου αντίληψης της πραγματικότητας, εντός της μετάβασης προς μια σφαίρα βιοκεντρισμού. Η μελέτη και κατανόηση των έμβιων συστημάτων δύνανται να υποβοηθήσουν την προσπάθεια επανακαθορισμού του ανθρώπου εντός του φυσικού οικοσυστήματος, προσφέροντας πληροφορίες για το σχεδιασμό σε διαφορετικές κλίμακες της κατασκευής περιβάλλοντος, εμπλέκοντας τις αρχές της συστημικής προσέγγισης, των κυκλικών και όχι γραμμικών διεργασιών, των μεταβολικών διαδικασιών, αλλά και την εμφάνιση της διάστασης του εφήμερου. Στην τομή σχεδιασμού, επιστήμης υλικών, ερασιτεχνικών και επαγγελματικών πειραματισμών και αναζητήσεων βιώσιμων υλικών και διαδικασιών παραγωγής, εμφανίζονται τα καλλιεργημένα υλικά, όπως το μυκήλιο, το οποίο είναι αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Το μυκήλιο, το νηματώδες φυτικό μέρος των μυκήτων, ερευνάται ως πιθανό βιοϋλικό, πυροδοτώντας την επανεξέταση των κλασικών μεθόδων σχεδιασμού και κατασκευής, καθώς εισάγει νέες θεματικές μιας υλικοκεντρικής προσέγγισης, μέσω του συσχεδιασμού με το έμβιο. Με αφετηρία το μυκήλιο ως αποικοδομητή, αναζητείται η δημιουργία ενός «κόμβου» εντός του αστικού «μεταβολικού» δικτύου, όπου θα τέμνεται ένα πλήθος ροών, υλικών και πνευματικών, εξυγιανναιίνοντας την ευρύτερη αστική ολότητα, με βήματα προς μια οικολογία και αυτονομία, ενεργειακή, υλική και τροφική. Το Myco360 «πλέκεται» εντός της πλατείας Πανεπιστημίου Βόλου και «αναπτύσσεται» αποικοδομώντας τοπικά οργανικά απορρίμματα, επιχειρώντας την ανάπτυξη συστημάτων τοπικών βρόγχων υλικών, θρεπτικών και κοινωνικών ροών, αναζητώντας και εξερευνώντας τρόπους συμπαραγωγής, «αναγέννησης» και «καλλιέργειας» μιας κουλτούρας φροντίδας και συνύπαρξης με το έμβιο οικοσύστημα, τροφικής αυτάρκειας, και ανταλλαγής πόρων, πρακτικών και γνώσεων.



## Συνθετότητα και συνεργία υπό το πρίσμα της οικολογικής οπτικής

Τα κυκλοθυμικά καιρικά φαινόμενα μιας ασύλληπτης κλιματικής μεταβολής και το επίμονα συσσωρευόμενο, τοξικό φορτίο απορριμμάτων που βαραίνει τον πλανήτη, τείνοντας να τον ξεκρεμάσει από τη γαλαξιακή του θέση, είναι μόνο δύο από τις διακριτές επιπτώσεις της ανθρώπινης αδηφαγίας. Πρέπει να διευκρινιστεί, ότι με την παραπάνω δήλωση, δεν επιρρίπτονται ισόποσες ευθύνες στα μέρη του ανθρώπινου πληθυσμού, για την οικολογική κρίση που διανύουμε. Παρ' όλα αυτά, μια ανακατεύθυνση της πορείας μας, μπορεί να επιτευχθεί, μόνο με συλλογική ανάληψη ευθύνης και δραστηριοποίηση.

Μερικές από τις αγαπημένες λέξεις στο διάλογο περί οικολογίας, είναι η βιωσιμότητα, η αειφορία, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι εναλλακτικές τεχνικές κατασκευής. Μια επανεφεύρεση της καθημερινότητας σε πρότυπα μιας οικολογικής προσέγγισης, μπορεί να επιτευχθεί, μόνο αν αποκαθλωθούν μηχανιστικές μορφές αντίληψης όπως ο δυϊσμός, ο αναγωγισμός και ο ντετερμινισμός, που διέπουν μέχρι σήμερα κλάδους επιστήμης, εκπαίδευσης, οικονομίας, αρχιτεκτονικής και ευρύτερης διαχείρισης περιβάλλοντος και οι οποίες μεταφέρουν τη θεωρία ότι ο φυσικός κόσμος ως σύνολο και όλα τα συστατικά του μέρη λειτουργούν όπως τα μηχανικά συστήματα. Σε αντίθεση λοιπόν με τις θεωρίες που επιχειρούν να προβάλλουν τον κόσμο μέσα από ένα ανθρωπογενές μηχανικό σύστημα, η μετατόπιση προς μια οικολογική κοσμοθεωρία προϋποθέτει μια βαθιά κατανόηση της συνθετότητας των

συστημάτων του έμβιου κόσμου.<sup>1</sup>

Η έμβια πραγματικότητα, πρέπει να ιδωθεί ως μια ολότητα εγγενώς διασυνδεδεμένων μορφών ζωής, ως ένας ιστός πολυεπίπεδων δομών, ως ένα αναπόσπαστο, ενοποιημένο, αυτορρυθμιζόμενο, αυτοοργανωμένο και αδιάκοπα εξελισσόμενο σύνολο, ως ένα σύστημα. Η λέξη «σύστημα», προέρχεται από το ρήμα «συνίστημι», που αναλύεται στα «συν» και «ίστημι» και μεταφράζονται κατ' αντιστοιχία ως «κοινός, με» και «στήνω, ορθώνω». Η κατανόηση ενός συστήματος, απαιτεί την κατανόηση των σχέσεων των μερών που το αποτελούν και την αποδοχή των ρυθμών και των απρόβλεπτων διεργασιών τους, στα πλαίσια μιας μεταστροφής από την ανθρωποκεντρική, στη βιοκεντρική αντίληψη. Μετά την κατανόηση και την αποδοχή, πρέπει να εφεύρουμε τρόπους συνέργειας με τη φύση και να προάγουμε μια σχεδιαστική συνομιλία με τα μέρη αυτής, προκειμένου να συνδημιουργήσουμε ένα ανθεκτικό μέλλον.

Για τη δημιουργία ενός κοινού μέλλοντος, πρέπει να ρευστοποιηθούν τα όρια των επιστημονικών πεδίων, ώστε να δημιουργηθούν εργαλεία αποκωδικοποίησης των αλληλοδιαπλεκόμενων δυναμικών της φύσης. Στο κοινωνικό επίπεδο, η έννοια της διεπιστημονικότητας, μπορεί να μεταφραστεί ως συνέργεια μεταξύ ακαδημαϊκού και μη κοινού, που έχει ως στόχο τον επαναπροσδιορισμό κοινής γνώσης και χώρου, και θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες της πλειοψηφίας, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα.

Ο Edgar Morin, Γάλλος φιλόσοφος, συγγραφέας και κοινωνιολόγος, γνωστός για τη διεπιστημονικότητα του έργου του και το ενδιαφέρον του για την επίδραση των θετικών επιστημών στην κοινωνία, ασχολήθηκε με τη «σύνθετη σκέψη» γνωστή ως "Complex Thinking". Επικαλούμενος την έννοια της «εξάρτησης» για να χαρακτηρίσει την ανάγκη σύνδεσης διαμερισματοποιημένων επιστημών και σχολών σκέψης, αποκωδικοποίησε συνδυασμούς αντιπαραθέσεων, συμπληρωματικότητας, ανταγωνισμών και συνεργασιών που υπάρχουν σε στενή και δυναμική συνέργεια στη φύση.<sup>2</sup>

Μια συστημική προσέγγιση της συνθετότητας, μπορεί να προσφέρει στην αρχιτεκτονική

πρακτική, δυνατότητες ανάγνωσης της μορφής, ως μιας ανοιχτής και δυναμικής διαδικασίας. Μια γενικότερη ρευστοποίηση των ορίων, προάγει τη γόνιμη συνύπαρξη ποικίλων επιστημονικών πεδίων, η οποία, ίσως, μας βοηθάει να επαναπροσδιορίσουμε το ρόλο του ανθρώπου εντός του φυσικού συστήματος.

Στα πλαίσια της κατάρριψης στεγανοποιημένων θεωρήσεων, απορρίπτεται και η μοντερνιστική σκέψη, σύμφωνα με την οποία, τα μέρη μιας δομής, αναλύονται με την εξής γραμμική σειρά: μορφή, συναρμογή, υλικό. Στη λογική του μοντερνισμού, επίσης, συναντάμε το σχεδιασμό ως μια νοητική διεργασία που διαχωρίζεται από τη χειρωναξία της κατασκευής, διαχωρίζοντας κατ' επέκταση και τις ευθύνες αρχιτέκτονα και τεχνίτη.<sup>3</sup> Οι προσεγγίσεις αυτές περιορίζουν το φάσμα των δυνατοτήτων σχεδιασμού και υλοποίησης, διότι αναπαράγουν γνωρίσματα των προαναφερθεισών δυϊστικών και αναγωγιστικών λογικών. Επομένως, η διαδικασία παραγωγής, πρέπει να ιδωθεί ως μια διαδικασία συνεργασίας, συμπαραγωγής, τόσο μεταξύ ανθρώπου και φύσης, όσο και μεταξύ ανθρώπων.

Σήμερα, είναι πλέον αισθητή, η ανάδυση χώρων σε αναλογικό και ψηφιακό επίπεδο, που ενθαρρύνουν τον πειραματισμό με ανοιχτού χαρακτήρα πρακτικές παραγωγής και κατασκευές και απευθύνονται στην κοινότητα ως πηγή καινοτομίας και παράγοντα αυτονομίας.

1. Benne Beatrice, Mang Pamela, 2015: 4 – 7.

2. Chiambaretta Philippe, 2017.

3. ο.π., 2017.

## Εισαγωγή στον βιοσχεδιασμό και τον καλλιεργητικό σχεδιασμό

Η παραδοχή της συνθετότητας της φύσης και των αλληλοδιαπλεκόμενων δεσμών που εμπεριέχει στο καθολικό της φάσμα, και η ανάδυση της διεπιστημονικότητας, οδηγεί σε καρποφόρες συνεργασίες μεταξύ κλάδων σχεδιασμού και θετικών επιστημών. Η επιστήμη της βιολογίας, αποτελεί πηγή πληροφοριών για το οικοσύστημα και την έμβια πραγματικότητα στην οποία όλοι είμαστε εγγενώς ένθετοι, και μπορεί να διαθέσει πολύ υλικό στον τομέα του σχεδιασμού και υλοποίησης περιβαλλόντων εντός αυτής της έμβιας πραγματικότητας, συνθέτοντας μια συλλογή εργαλείων για σχεδιαστικές αειφόρες επιλύσεις.

Η ενσωμάτωση βιολογικών συστημάτων στις σχεδιαστικές διαδικασίες, στα πλαίσια της μεθόδου του βιοσχεδιασμού, μέσω της παρατήρησης και ανάλυσης των λειτουργιών των οργανισμών, μπορεί να τροποποιήσει την οπτική από την οποία αναλύουμε τη δόμηση περιβάλλοντος, μεταθέτοντας το ενδιαφέρον σε μια πιο οικολογική προσέγγιση. Η αναζήτηση για λύσεις που αντλούν πληροφορία από την ίδια τη φύση, έχει πυροδοτήσει ένα πλήθος ερευνών, όχι μόνο στα επαγγελματικά εργαστήρια, αλλά και σε ερασιτεχνικό επίπεδο δημιουργικών πειραματισμών, στο πλαίσιο της diy (do it yourself) βιολογίας.

Σημαντικό είναι να τονιστεί η διαφοροποίηση μεταξύ βιομηχανικής και βιοσχεδιασμού, καθώς ο βιομηχανισμός συχνά δεν εμπεριέχει αποτέλεσμα σχετικό με τη βιολογία, αλλά εμπνέεται από λειτουργίες και μορφές της φύσης, με έναν τρόπο συμβολικό είτε διακοσμητικό. Αντιθέτως, στον βιοσχεδιασμό επιχειρείται η ενσωμάτωση των φυσικών συστημάτων στις διαδικασίες

σχεδιασμού και υλικής παραγωγής.<sup>4</sup>

Η τομή αυτή, λοιπόν, αρχιτεκτονικής και βιολογίας, εμπεριέχει την συνεργασία μεταξύ επιστήμης σχεδιασμού και επιστήμης υλικών, ανοίγοντας νέα πεδία μελέτης και έρευνας. Ένα από αυτά είναι η αναζήτηση και ο πειραματισμός με τα βιοϋλικά, τα οποία βρίσκουν ήδη εφαρμογή σε ποικίλων χρήσεων προϊόντα, όπως στη δόμηση, σε τοικοποιίες, οροφές, μονώσεις, αλλά και σε άλλα συνθετικά υλικά, όπως συσκευασίες, φίλτρα, χαρτιά, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα κλπ. Πιο συγκεκριμένα, αυξημένο ενδιαφέρον υπάρχει γύρω από την έρευνα υλικών που καλλιεργούνται, τον ονομαζόμενο «Καλλιεργητικό σχεδιασμό» (Growing design), ο οποίος αφορά σε υλικά που αναπτύσσονται από ζωντανούς οργανισμούς. Παραδείγματα αποτελούν αυτά τα οποία καλλιεργούνται με αειφόρο γεωργία, όπως το λινάρι, η κάνναβη, η γιούτα, το μπαμπού, το άχυρο κ.α. και κάποια τα οποία καλλιεργούνται με τη βοήθεια βακτηρίων ή μυκήτων, όπως το μυκήλιο με το οποίο θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία.<sup>5</sup>

Τα καλλιεργήσιμα βιοϋλικά, στο πλαίσιο ενός αειφόρου σχεδιασμού προϊόντων, δύνανται να προσφέρουν μοναδικές υλικές λειτουργίες, δυνατότητες και ιδιότητες, εισάγοντας πρακτικές περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένου σχεδιασμού, υπεύθυνης χρήσης πόρων και διαχείρισης απορριμμάτων.<sup>6</sup> Το κλειδί για επιτυχή σχεδιασμό και υλοποίηση καινοτόμων βιοπροϊόντων, λοιπόν, βασίζεται στην βιολογική κατανόηση των ιδιοτήτων, δομής, σχηματισμού και συναρμογών των ίδιων των υλικών τους.

4. Σύνθεση των πηγών: Myers William, Antonelli Paola, 2012., Gazit Merav, 2016

5. Anna Sandak, et al., 2019: 33 – 37.

6. Camere Serena, Karana Elvin, 2018: 6 – 9, 19 – 22.

## Βιολογία του μυκηλίου<sup>7</sup>

Το μυκήλιο αποτελεί ένα δίκτυο επιμηκών κυττάρων, το οποίο αναπτύσσουν οι μύκητες, για την επιτυχή επέκτασή τους υπόγεια, είτε σε οργανικά υποστρώματα, προκειμένου να αποκτήσουν θρεπτικά συστατικά.

Ο κύκλος ζωής ενός μύκητα ξεκινά συνήθως από ένα σπόρο, ο οποίος έχει διάμετρο λίγα μικρόμετρα. Ο σπόρος αυτός, εντός ενός θρεπτικού περιβάλλοντος, διογκώνεται και βλασταίνει. Σχηματίζεται ένας μικροβιακός σωλήνας που για κάποιο χρονικό διάστημα επιμηκύνεται, δημιουργώντας τελικά ένα έργο διασυνδεδεμένων νημάτων υφών, που ονομάζεται μυκήλιο. Στη συνέχεια η μυκηλιακή αποικία σχηματίζει καρπόσωμα, το οποίο ωριμάζει σε μανιτάρι. Το μανιτάρι απελευθερώνει σπόρους και το ίδιο αποσυντίθεται. Οι σπόροι θα παρασυρθούν προς διάφορες κατευθύνσεις και κάποιοι θα καταφέρουν να αναπαραχθούν, ενώ οι περισσότεροι όχι (βλ. εικόνα 1).

Οι μύκητες μπορούν να αποικοδομήσουν ενώσεις κυτταρίνης ή λιγνίνης, της κατά προτίμηση φυτικής βιομάζας. Οι περισσότεροι μύκητες αποικοδομούν και τις δύο ενώσεις, ωστόσο, ανάλογα το είδος και το περιβάλλον, παρουσιάζουν μεγαλύτερη προτίμηση σε μία από τις δύο. Τρέφονται λοιπόν, διασπώντας οργανική ύλη και πολυμερείς ουσίες, αναδιατάσσοντας στη συνέχεια αυτά τα μόρια κυτταρίνης, λιγνίνης και άλλων σακχάρων, στη δική τους βιομάζα. Το μυκήλιο των μυκήτων που σχηματίζουν μανιτάρια μπορεί να αποικίσει, δηλαδή

να επεκταθεί, σε μεγάλες επιφάνειες. Κατά τον αποικισμό μιας επιφάνειας, οι μυκηλιακές υφές συνδέουν τα οργανικά σωματίδια μεταξύ τους, αποικοδομώντας τα ταυτόχρονα. Όταν το έδαφος αποικίζεται με μυκήλιο, όλα τα οργανικά του στοιχεία ενοποιούνται μεταξύ τους και σχηματίζεται το αποκαλούμενο «χαλί μυκηλίου».

Το μυκήλιο αποτελεί το φυτικό μέρος ενός μύκητα και θα μπορούσε να παρομοιαστεί με ένα ριζικό σύστημα του μανιταριού, αντίστοιχο ενός φυτού, καθώς μέσω αυτού γίνονται θρεπτικές ανταλλαγές και οι μύκητες απορροφούν χημικές ουσίες από το περιβάλλον. Είναι ζωτικής σημασίας για τα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα, έχοντας πρωταγωνιστικό ρόλο στην αποσύνθεση του φυτικού υλικού, συμβάλλοντας στο οργανικό κλάσμα των εδαφών και απελευθερώνοντας διοξείδιο του άνθρακα κατά την ανάπτυξή του.

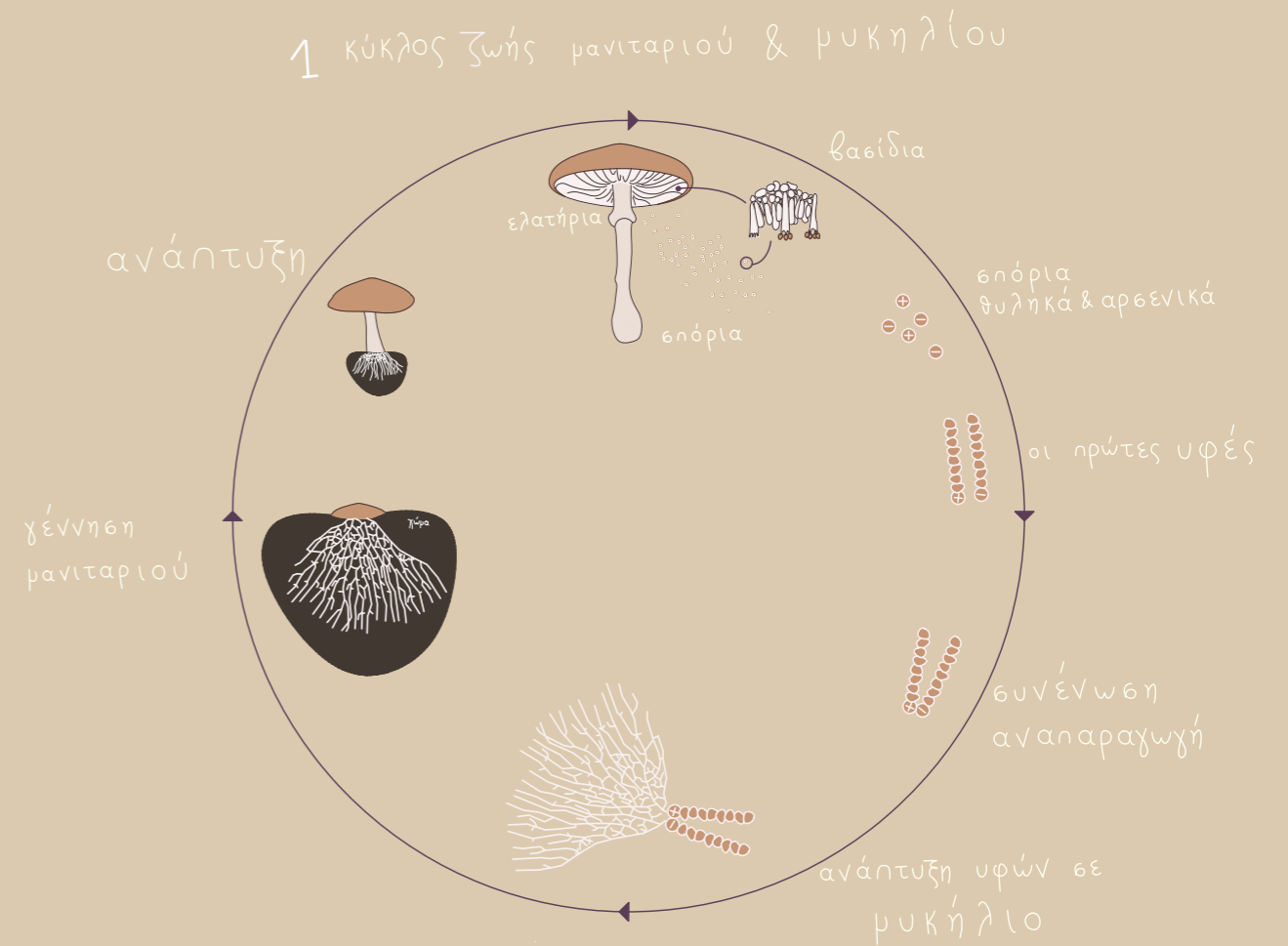
Το σύμπλοκο του μυκηλίου και της ρίζας των χερσαίων φυτών ονομάζεται μυκόρριζο, και αποτελεί παράδειγμα του συμπληρωματικού χαρακτήρα συμβίωσης μυκήτων και φυτών, καθώς πλήθος φυτών αδυνατούν να αναπτυχθούν χωρίς τη σχέση αυτή. Οι υφές μυκηλίου αναπτύσσονται στο άκρο της ρίζας του φυτού, μεταφέροντας σε αυτή νερό και άλλες θρεπτικές ουσίες, ενώ το φυτό με τη σειρά του προσφέρει στο μύκητα το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξή του. Οι μυκηλιακές υφές έχουν τη δυνατότητα να επεκτείνουν την προσληψιμότητα της ρίζας σε μη προσβάσιμες για τη ρίζα του φυτού περιοχές.<sup>8</sup>

Με ορθή αξιοποίηση του μυκηλίου, μπορούν να εφαρμοστούν πρακτικές αποκατάστασης (Mycorestoration) τις οποίες μελέτησε ο Paul Stamets στο βιβλίο του "Mycelium Running: How mushrooms can help save the world". Με τη χρήση μυκήτων μπορεί να επιτευχθεί μείωση ή και πλήρης αφαίρεση των τοξινών από το περιβάλλον, με μια διαδικασία την οποία ο Stamets αποκαλεί "mycoremediation", εξηγώντας ότι οι μύκητες, ως μοριακοί αποσυναρμολογητές, διασπούν πολλές μακράς αλυσίδας τοξικές ουσίες σε απλούστερες,

7. Σύνθεση των πηγών: Maria Elena Antinori, et al., 2020., Vera Meyer, et al., 2020: 2 – 7., Carolina Girometta, et al., 2019: 4., Yellow Elanor, 2015.

8. Σύνθεση των πηγών: Naheeda Begum, et al., 2019., Stamets Paul, 2005: 24 – 30.

λιγότερο τοξικές. Οι πρακτικές μυκηλιακής αποκατάστασης (mycoremediation) περιλαμβάνουν την ανάμειξη μυκηλίου σε μολυσμένα εδάφη ή και την τοποθέτηση μυκηλιακών χαλιών σε τοξικές περιοχές. Επίσης, δύναται να γίνει αφαίρεση βαρέων μετάλλων από το έδαφος, μέσω της διοχέτευσής τους στα καρποσώματα ώστε να αφαιρεθούν. Ανέλυσε επιπλέον, τη δυνατότητα των μυκήτων να χρησιμοποιηθούν για τη διατήρηση δασικών κοινοτήτων, καθώς χωρίς αυτούς δεν μπορούν να υπάρξουν δάση. Με πρακτικές "mycoforestry" λοιπόν, μπορούν να συμβάλλουν στην ενίσχυση της αειφορίας των οικοσυστημάτων, διατηρώντας γηγενή δάση, ανακτώντας και ανακυκλώνοντας δασικά υπολείμματα και ενισχύοντας αναφυτεμένα δενδρύλλια. Επιπλέον, πρακτικές αποκατάστασης με τη χρήση μυκήτων αποτελούν, το φιλτράρισμα νερού από παθογόνα, ιούς, λάσπες και χημικές τοξίνες, με τη χρήση μυκηλιακών χαλιών ως βιολογικά φίλτρα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστικές περιοχές, αγροκτήματα, εργοστάσια και γενικά επιβαρυμένους βιότοπους, και ο έλεγχος παρασίτων.<sup>9</sup>



## Το μυκήλιο ως βιοϋλικό

Η τεχνολογία που βασίζεται στην βιοκατασκευή προϊόντων από μυκήλιο, κάνει χρήση μιας διαδικασίας βιολογικής, παρόμοιας με την φυσική διεργασία ανάπτυξης του μυκηλίου που εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, δηλαδή του αποικισμού λιγνοκυτταρινικών υποστρωμάτων από μυκητιακούς οργανισμούς. Για την παραγωγή επομένως του βιοσύνθετου αυτού υλικού, γίνεται χρήση μυκηλίου και ενός λιγνοκυτταρινικού υποστρώματος, το οποίο θα αποτελέσει το μέσο ανάπτυξής του. Τελικό προϊόν είναι ένα σύνθετο υλικό το οποίο αποτελείται από τον αποικισμένο όγκο του οργανικού υποστρώματος, δεσμευμένο και συνδεδεμένο από το δίκτυο των μυκηλιακών υφών.

Ιστορικά, ελεγχόμενη χρήση του μυκηλίου γίνεται για περισσότερο από έναν αιώνα στην ιατρική βιομηχανία για την παραγωγή αντιβιοτικών και οργανικών οξέων. Η διερεύνησή του ως πιθανό βιοϋλικό, χρονολογείται στη δεκαετία του 1980, όταν ερευνήθηκε η δυνατότητα του μυκηλίου να δεσμεύει οργανική ύλη, από τον επιστήμονα Shigeru Yamanaaka, ο οποίος την αξιοποίησε για να κατασκευάσει χαρτί και κάποια πειραματικά δομικά υλικά.<sup>10</sup> Ακόλουθη έρευνα που παρείχε πληθώρα πληροφοριών στη βιβλιογραφία των χρήσεων του μυκηλίου, αποτέλεσε αυτή του Stamets, του μυκητολόγου που προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, ο οποίος με τη χρήση μανιταριών απολύμανε εδάφη τοξικά από απόβλητα πετρελαίου και υποβοήθησε την δημιουργία υγείων βιότοπων,

στη δεκαετία του 1990.<sup>11</sup>

Σύγχρονες έρευνες λοιπόν, επικεντρώνονται στις δυνατότητες του μυκηλίου ως βιοϋλικό, παρουσιάζοντας ποικίλα αποτελέσματα καθώς οι ιδιότητες, άρα και οι δυνατές χρήσεις του τελικού σύνθετου υλικού, διαφοροποιούνται ανάλογα το μέσο ανάπτυξης, δηλαδή το υπόστρωμα το οποίο αποικίζει το μυκήλιο, και τη συνταγή που ακολουθείται. Η αποτελεσματικότητα του αποικισμού του, καθορίζεται από τη γενετική σύνθεση του εκάστοτε μύκητα, τις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος ανάπτυξής του, δηλαδή τη θερμοκρασία, την υγρασία και το pH.<sup>12</sup>

Το βιοσύνθετο υλικό ήδη απαντάται σε ποικίλους τομείς, όπως στην φυσική δόμηση, με τη χρήση του ως θερμομονωτικό ή ηχομονωτικό υλικό, στην βιομηχανία της συσκευασίας προϊόντων, όπου αποτελεί μια από τις πιο ελπιδοφόρες εναλλακτικές στα συνθετικά υλικά μιας χρήσης που επιβαρύνουν το περιβάλλον, και σε άλλες πειραματικές εφαρμογές όπως διακοσμητικά προϊόντα, υφάσματα και δέρματα, μαγειρικά σκεύη κ.α..<sup>13</sup>

11. Stamets Paul, 2005: 91 - 93.

12. Maria Elena Antinori, et al., 2020.

13. Noam Attias, et al., 2017: 1 – 3.

## Υλικοκεντρική προσέγγιση σχεδιασμού

Ο πειραματισμός με υλικά όπως το μυκήλιο, που παράγονται από έμβιους οργανισμούς, αποτελεί έναν τομέα καινοτόμο για την πρακτική του σχεδιασμού. Με γνώμονα αυτό, αναγνωρίζεται η αδυναμία υιοθέτησης συμβατικών πρακτικών σχεδιασμού. Για παράδειγμα, όπως αναφέρουν οι Camere και Karana στο άρθρο “Fabricating materials from living organisms: an emerging design practice”, πρόσφατη ανάλυση υποδεικνύει ότι η εξοικείωση ενός σχεδιαστή με τέτοιου τύπου υλικά απαιτεί τουλάχιστον ένα έτος εργασίας με αυτά.<sup>14</sup> Παρατηρείται λοιπόν, ότι εξαιτίας της φύσης των υλικών, προκύπτει η ανάδυση και προσθήκη νέων θεματικών στη διαδικασία του σχεδιασμού.

Η κατανόηση της ίδιας της ύλης και της δημιουργίας της, εμφανίζεται πλέον ως βασική παράμετρος, στη διαδικασία ενός υλικοκεντρικού σχεδιασμού. Βάση της κατανόησης αυτής, αποτελεί η μελέτη της ίδιας της διαδικασίας σχηματισμού του υλικού, η οποία έπειτα δύναται να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για την ίδια την πορεία του σχεδιασμού και της κατασκευής. Η υλικοκεντρική αυτή προσέγγιση μπορεί να τροποποιήσει και να αναδιοργανώσει τις γραμμικές μεθόδους του σχεδιασμού, κατασκευής, συναρμολόγησης.<sup>15</sup> Οι «ανοιχτού-τέλους» (open-ended) φυσικές διεργασίες που ακολουθούνται για τον πειραματισμό με υλικά όπως το μυκήλιο, υπενθυμίζουν την ανάγκη της σχεδιαστικής έμφασης στην ανοιχτή φύση των κατασκευών, και όχι αποκλειστικά στην μορφολογική τους γεωμετρία,

η μεταβλητότητα της οποίας δύναται να λαμβάνεται και αυτή υπόψη κατά το σχεδιασμό.

Μέσω της έρευνας για το πώς συναρμολογείται η ίδια η ύλη σε δομή, πυροδοτούνται αναζητήσεις σχετικά με τη μορφή του παραγόμενου υλικού, καθώς στον καλλιεργητικό σχεδιασμό, υπάρχει η δυνατότητα το βιοϋλικό να «μεγαλώσει» σε μια ποικιλία επιθυμητών μορφών. Έτσι, στη διαδικασία του σχεδιασμού, γίνεται μια μετάβαση από την επιλογή υλικών στον σχεδιασμό αυτών, τροποποιώντας το ρόλο των σχεδιαστών, όπως παρατηρούν οι Camere και Karana, από παθητικούς παραλήπτες έτοιμων υλικών, σε ενεργούς κατασκευαστές νέων προτάσεων.<sup>16</sup>

Με αυτή τη μέθοδο, το υλικό αντιμετωπίζεται ως ένα σύνολο δυνατοτήτων που μπορούν να προσαρμοστούν, αλλά και να προσαρμόσουν, τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής του. Αυτή του η ιδιότητα, φανερώνει τη σχέση συνεργασίας με τη φύση που απαιτείται στον τομέα της βιοκατασκευής. Το τελικό αποτέλεσμα ενός καλλιεργημένου βιοπροϊόντος, εξαρτάται σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό από την δράση των έμβιων οργανισμών που χρησιμοποιούνται για να το παράξουν, αφήνοντας τους σχεδιαστές στο ρόλο των παρατηρητών, που παρεμβαίνουν μόνο για να τους υποβοηθήσουν, σε μια συνθήκη «φροντίδας» τους.

Η δημιουργία υλικού και η επιτόπου επεξεργασία αυτού σε προϊόν, αναφέρουν οι Rognoli, Bianchini, Maffei και Karana, αναδιαμορφώνει τη σχέση μεταξύ υλικού και τελικού προϊόντος και ταυτόχρονα ωθεί στην συνεχή αντιμετώπιση των υλικών ως ύλη υποψήφια να δημιουργήσει νέα αντικείμενα.<sup>17</sup>

Η νέα αυτή συνθήκη συναρμογής και «μεγαλώματος» ενός νέου υλικού, καθώς οδηγεί στην αναζήτηση νέων υλών στις οποίες αυτό θα καλλιεργηθεί, δύναται να ευνοήσει την τοπική οικολογία, καθώς παρουσιάζεται η δυνατότητα χρήσης

14. Camere Serena, Karana Elvin, 2018: 9.

15. Gazit Merav, 2016: 6 – 12.

16. Camere Serena, Karana Elvin, 2018: 5.

17. Valentina Rognoli, et al., 2015: 700 – 701.

μιας ποικιλίας πρώτων υλών, που δεν θα τους προσφέρονταν κάποια περεταίρω ζωή. Σημαντικό πλεονέκτημα των καλλιεργήσιμων βιοϋλικών αποτελεί το χαμηλό περιβαλλοντικό τους κόστος και η δυνατότητα να παραχθούν αλλά και να απορριφθούν, χάρη στην ιδιότητα τους να βιοδιασπώνται, υπό τα πρότυπα μιας κυκλικής οικονομίας. Στην παραγωγή βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά υποστρώματα προς αποικισμό από το μύκητα, ποικίλα γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα ή τοπικά απορρίμματα, ενώ ταυτόχρονα, το τελικό προκύπτον υλικό προϊόν είναι πλήρως φυσικό και αποικοδομείται κατά την απόρριψή του.

## Πειραματισμοί με το υλικό

Η υλικοκεντρική προσέγγιση του σχεδιασμού λοιπόν, οδηγεί στο να αποτελέσει αφετηρία της σχεδιαστικής διαδικασίας ο πειραματισμός με το ίδιο το υλικό, προκειμένου να κατανοηθούν τα μοτίβα δράσης των έμβιων οργανισμών που το παράγουν, ώστε έπειτα να μπορούν να καθοδηγηθούν προς το επιθυμητό αποτέλεσμα, που θα αποτελέσει μια ολοκληρωμένη «συνταγή» παραγωγής προϊόντος κατασκευής.

Στα πλαίσια επίσκεψης μας που πραγματοποιήθηκε σε εργοστάσιο παραγωγής μανιταριών, έγινε η πρώτη απτή γνωριμία με το υλικό και πειραματισμοί εντός του εργαστηρίου τού με το μυκήλιο (βλ. εικόνα 2). Παρατηρώντας τις ομοιότητες του εργαστηρίου, όπου έγιναν οι διεργασίες, με αυτές μιας επαγγελματικής κουζίνας, επιβεβαιώθηκε η αρχική θεώρηση περί ομοιότητας της διαδικασίας κατασκευής μυκηλιακών προϊόντων και εκτέλεσης μιας μαγειρικής συνταγής. Με αφετηρία τις διαπιστώσεις αυτές και κατόπιν της εμπειρικής παρατήρησης των διαδικασιών, οι αποκτημένες γνώσεις από την πρακτική εμπλοκή με το υλικό στο εργοστάσιο και από βιβλιογραφικές πληροφορίες και έρευνες, μεταφέρθηκαν στο περιβάλλον της οικιακής κουζίνας, όπου τροποποιήθηκαν, ανασυντάχθηκαν και «μαγειρεύτηκαν».

Μέσω των πειραματισμών, επιβεβαιώθηκε και εμπειρικά, η διαφοροποίηση σε πολύ μεγάλο βαθμό του τελικού παραγόμενου μυκηλιακού προϊόντος και των ιδιοτήτων του, αναλόγως με το μέσο ανάπτυξης που χρησιμοποιείται, την επιλογή είδους μύκητα, τη συνταγή και τις συνθήκες του περιβάλλοντος ανάπτυξης των οποίων γίνεται ελεγχόμενη προσαρμογή σε κάθε στάδιο της διαδικασίας του αποικισμού.



## 2. Πειραματισμοί στη μονάδα παραγωγής μανιταριών



Συνδυάζοντας λοιπόν, γνώσεις, πληροφορίες και παρατηρήσεις από την εμπειρία στο εργασιακό εργαστήριο, τους οικιακούς πειραματισμούς και βιβλιογραφικές έρευνες, συντάχθηκε και υλοποιήθηκε η προσωπική μας συνταγή παραγωγής μυκηλιακών προϊόντων.

υλικά:

- Υπόστρωμα – μέσο ανάπτυξης: επιλέγουμε πρώτες ύλες που περιέχουν λιγνοκυτταρίνη:

άχυρο, ροκανίδι, πυρηνόξυλο, ελαιόφυλλα, βαμβάκι, λινάτσα, χαρτικά, καφέ, κελύφη καρπών, κουκούτσια

\* οι ύλες μπορούν να αποτελούν παραπροϊόντα ή απορρίμματα

\*\* πειραματισμοί με άλλα πιθανά υλικά, καλοδεχούμενοι!

- Σπόρος εμβολιασμένος με μυκήλιο της ποικιλίας μανιταριού που επιλέγουμε

εκτέλεση:

Βήμα 1

Βράζουμε, Ατρίζουμε, Ψήνουμε

και γενικά αποστειρώνουμε, με όποιον τρόπο επιλέξουμε τα υλικά του υποστρώματος και το καλούπι στο οποίο αυτό θα τοποθετηθεί.

Βήμα 2

Αν έχουμε βράσει τις πρώτες ύλες, στραγγίζουμε καλά.

Θέλουμε υγρασία, όχι όμως την πιθανότητα συσσώρευσης νερού σε σημεία του υποστρώματος.

Ακολουθούμε τις εξής τεχνικές:

- Ανακάτεμα όλων των υλικών, με τέτοιο τρόπο, ώστε να ισομοιραστεί η ποσότητα του σπόρου στον όγκο του μίγματος.

#### Βήμα 4

Στο τέλος του «μαγειρέματος», σφραγίζουμε τα καλούπια και ανοίγουμε μικρές τρύπες στην επιφάνειά τους, ώστε να επιτρέψουμε μια μικρή αποβολή υγρασίας από το μίγμα.

Για την αποφυγή πιθανών μολύνσεων, τοποθετούμε ένα πορώδες υλικό φιλτραρίσματος, (όπως φίλτρο καφέ) στην επιφάνεια από τις τρύπες.

#### Βήμα 5

Τις πρώτες περίπου 15 μέρες διατηρούμε το μίγμα σε σκοτεινό, ζεστό χώρο.

Θέλουμε θερμοκρασίες 18 – 25 °C.

Ελέγχουμε τακτικά το μίγμα και αν εντοπίσουμε αυξημένη υγρασία, η οποία συσσωρεύει μεγάλες σταγόνες στην πάνω επιφάνεια του καλουπιού, δημιουργούμε περισσότερες ή και μεγαλύτερες τρύπες.

#### Βήμα 6

Το βήμα αυτό είναι προαιρετικό. Εάν θέλουμε πολύ πυκνό και στιβαρό αποτέλεσμα, μπορούμε μετά την αρχική του ανάπτυξη, να θρυμματίσουμε το μίγμα και να το επανατοποθετήσουμε στο καλούπι, τοποθετώντας βάρος από πάνω του, και να το αφήσουμε άλλες 10 - 15 μέρες να αναπτυχθεί. Αυτό θα μας δώσει ισχυρότερους και πιο πυκνούς μυκηλιακούς δεσμούς.

#### Βήμα 7

Συνήθως στις 15 μέρες (εξαρτάται από το μέγεθος του καλουπιού, το μίγμα και τις συνθήκες), η επέκταση του μυκηλίου στο μίγμα βρίσκεται σε σημείο που μπορεί να μεταβεί στην επόμενη φάση της ανάπτυξής του.

Αφαιρούμε το μίγμα από το καλούπι (εκτός αν αυτό ήταν οργανικό υλικό, το

οποίο το μυκήλιο έχει «φάει»), ώστε να αναπτυχθούν οι περιμετρικές επιφάνειές του.

Μεταφέρουμε το μίγμα ή τροποποιούμε το χώρο καλλιέργειας, ώστε να υπάρχει ήπιος έμμεσος, φυσικός φωτισμός και θερμοκρασία γύρω στους 18 °C.

Στο στάδιο αυτό απαιτείται αρκετά υψηλή υγρασία, καθώς αυτή συνεχώς χάνεται, εφόσον το μίγμα είναι εκτεθειμένο. Εξασφαλίζεται με συχνούς ψεκασμούς με καθαρό νερό, ή με την τοποθέτηση κοντά στο μίγμα μιας υδάτινης ποσότητας, ή ιδανικά με συνδυασμό και των δύο.

#### Βήμα 8

Στις 20 – 30 μέρες, το υπόστρωμα καρποφορεί.

Μπορούμε να συλλέξουμε ταμανιτάρια της ποικιλίας που επιλέξαμε.

#### Βήμα 9

Μετά το τέλος της καρποφορίας τα πλέον πλήρως αποικισμένα υποστρώματα, μπορούν:

- Να αποξηραθούν ελαφρώς, δημιουργώντας προσωρινή παύση της δραστηριότητας του μυκηλίου, η οποία μπορεί να επανεκκινηθεί όταν τοποθετηθεί ξανά στις κατάλληλες συνθήκες.

- Να ψηθούν, εκθέτοντάς τα σε θερμοκρασία κατά προτίμηση γύρω στους 90 °C, ιδανική για την ομαλή σταδιακή ξήρανση του όγκου του υποστρώματος μέχρι και το εσωτερικό του. Πλέον το υπόστρωμα δεν δύναται να αναπτυχθεί, να αποικίσει, να δώσειμανιτάρια.

#### Βήμα 10

Το βιοσύνθετο προϊόν μυκηλίου είναι έτοιμο!

Σημαντική σημείωση αποτελεί η αναγνώριση της εμπειρικής και διαισθητικής προσέγγισης της παρούσας έρευνας στον πειραματισμό με το υλικό και της απουσίας εργαστηριακού εξοπλισμού για τεχνικές μελέτες. Σύγχρονα, πληθώρα ερευνών και πειραματισμών αναζητούν, είτε με τρόπο καλλιτεχνικό, είτε μελετώντας τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού, τις πιθανές χρήσεις και εφαρμογές του μυκηλίου στην αρχιτεκτονική και τον βιομηχανικό σχεδιασμό. Τρέχοντα μηχανικά εργαστηριακά πειράματα πραγματοποιούνται για τον εντοπισμό του καταλληλότερου συνδυασμού μύκητα – υποστρώματος και την αξιολόγηση των μηχανικών ιδιοτήτων της πρώτης ύλης, μέσω μιας ποικιλίας δοκιμών, όπως αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό, ακαμψία, ελαστικότητα, πυκνότητα, σταθερότητα των τελικών διαστάσεων, γήρανση, απορρόφηση νερού, θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες κ.α.



## Ανάλυση ιδιοτήτων του βιοσύνθετου υλικού μυκηλίου<sup>18</sup>

Αναλόγως τη χρήση για την οποία προορίζεται το παραγόμενο βιοσύνθετο μυκηλιακό προϊόν, υπάρχει απαίτηση και των ανάλογων ιδιοτήτων, άρα και συνταγής, όπως για παράδειγμα, χρήση του κατάλληλου υποστρώματος, καθώς οι ιδιότητες του εκάστοτε μέσου ανάπτυξης επηρεάζουν αυτές του τελικού προϊόντος.

Το μυκήλιο ως υλικό, σπάνια μελετάται χωριστά από το υπόστρωμα. Όπως αναφέρουν οι Antinori, Ceseracciu, Mancini, Heredia-Guerrero και Athanassiou<sup>19</sup>, το ίδιο το μυκηλιακό δίκτυο διερευνάται μόνο με μαθηματική προοπτική ή για την κατανόηση της μυκητιακής φυσιολογίας.

Μια ποικιλία υλικών, όπως κόλλες, βερνίκια και επικαλύψεις, μπορεί να εφαρμοστεί προς βελτίωση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού. Επιπλέον, η χρήση συμπληρωμάτων, δηλαδή επιπρόσθετων θρεπτικών οργανικών τροφών προς αποικισμό από το μύκητα, κατά την ανάπτυξη, επιφέρει αλλαγές στο τελικό αποτέλεσμα σχηματισμού βιομάζας.

Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του μυκηλίου αποτελεί η ηχομονωτική και θερμομονωτική του ιδιότητα. Βιοσύνθετα μυκηλιακά προϊόντα, που

χρησιμοποιούν ως οργανικό υπόστρωμα φυσικούς μονωτές υψηλής απόδοσης, όπως άχυρο ή κάνναβη, διαθέτουν τόσο χαμηλές πυκνότητες, όσο και θερμική αγωγιμότητα, γεγονός που τα καθιστά ποιοτικά υλικά μόνωσης, ικανά να ανταγωνιστούν τα συμβατικά θερμομονωτικά προϊόντα. Επιπλέον, παρουσιάζουν αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, λειτουργώντας ταυτόχρονα ως επιβραδυντικά φλόγας. Σύμφωνα με τους Jones, Bhat, Kandare, Thomas, Joseph, Dekiwadia, Yuen, John, Ma και Wang<sup>20</sup>, μετρήσεις σε παραμέτρους όπως, οι θερμοκρασίες αποσύνθεσης, ο υπολειμματικός χαρακτήρας, η δημιουργία αερίων κατά την πυρόλυση κ.α., αποκαλύπτουν ότι η τάση καύσης του μυκηλίου παρουσιάζεται να είναι σημαντικά χαμηλότερη συγκριτικά με τα τωρινά προϊόντα. Οι αναλύσεις αυτές υποδεικνύουν ότι πρόκειται για ασφαλέστερο υλικό, λιγότερο επιρρεπές σε ανάφλεξη και καύση, με θερμοκρασίες ανάφλεξης του να έχουν σημειωθεί μεταξύ 200 και 400 βαθμών Κελσίου.<sup>21</sup>

Μια άλλη ιδιότητα που παρουσιάζουν τα σύνθετα υλικά μυκηλίου, είναι η υδροφοβικότητα, καθώς τα νήματα της υφής του μυκηλίου, λόγω του εξωτερικού τους πρωτεϊνικού στρώματος, παρουσιάζουν υδρόφοβες ιδιότητες. Σε πείραμά τους, οι Joshi, Meher και Poluri<sup>22</sup>, αναφέρουν ότι μετά από 24 ώρες πλήρους βύθισης στο νερό, το στρώμα μυκηλίου παρέμεινε ανέπαφο χωρίς να επηρεαστεί η δέσμευσή του με το υπόστρωμα. Σημειώνεται βέβαια, ότι παρά την υδροφοβική ιδιότητα που διαθέτει ως υλικό το μυκήλιο, ανομοιόμορφη ανάπτυξη των υφών του δύναται να εκθέσει την επιφάνεια του υποστρώματος στο νερό.

Όσον αφορά τις μηχανικές του ιδιότητες, το μυκήλιο, λόγω του εσωτερικού του στρώματος μικροϊνών, παρουσιάζει μηχανική ακαμψία και αντοχή. Όπως προαναφέρθηκε βέβαια, οι μηχανικές ιδιότητες ποικίλουν αναλόγως το συνδυασμό μύκητα-υποστρώματος και τις συνθήκες ανάπτυξης. Η ακαμψία

18. Σύνθεση των πηγών: Maria Elena Antinori, et al., 2020., Carolina Girometta, et al., 2019., Ali Ghazvinian, et al., 2019., Mitchell Jones, et al., 2018., Vera Meyer, et al., 2020., Kshitij Joshi, et al., 2020.

19. Maria Elena Antinori, et al., 2020: B.

20. Mitchell Jones, et al., 2018: 1.

21. Girometta, et al., 2019: 8.

22. Kshitij Joshi, et al., 2020: 1890.



λοιπόν, του τελικού προϊόντος μπορεί να προσαρμοστεί στις εκάστοτε απαιτήσεις χρήσης. Λόγω της διατήρησης μέρους των ιδιοτήτων του αρχικού υποστρώματος σε αυτές του τελικού προϊόντος, έχει παρατηρηθεί ότι χρήση υλικών υποστρώματος όπως το πριονίδι ξύλου, σχετίζονται με υψηλότερες αντοχές εφελκυσμού, από ότι μέσα ανάπτυξης όπως το άχυρο. Επίσης, παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη, γεγονός που τα θέτει καταλληλότερα για κατασκευές που φέρουν φορτία. Υποστρώματα δηλαδή μεγαλύτερης πυκνότητας, προσφέρουν μεγαλύτερη τελική πυκνότητα. Υλικά χαμηλότερης πυκνότητας όπως το άχυρο προτιμώνται, όπως προαναφέρθηκε για προϊόντα υψηλότερης ευκαμψίας, όπως θερμομονωτικά, προς αντικατάσταση των τωρινών υλικών αφρού. Σε ένα ακόμα πείραμα των Joshi, Meher και Poluri<sup>1</sup>, αναφέρεται ότι η αντοχή σε θλίψη ενός προϊόντος με υπόστρωμα αναμεμιγμένου πριονιδιού, πίτουρου σιταριού και ζαχαροκάλαμου, μετρήθηκε 5 έως 6 φορές υψηλότερη από αυτή της πολυστερίνης.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα μικτά υποστρώματα παρουσιάζουν υψηλότερη ανάπτυξη και πιο ομοιόμορφη κάλυψη της επιφάνειας του οργανικού όγκου. Ένα πλήρες φάσμα μικρών, μεσαίων και μεγάλων σωματιδίων στο υπόστρωμα προς αποικισμό μπορούν επιπρόσθετα να βελτιώσουν τη μηχανική συμπεριφορά του τελικού υλικού. Μεγάλης σημασίας είναι σαφώς και η αναλογία υποστρώματος και κλάσματος αποικισμένων σπόρων, καθώς όσο υψηλότερη είναι η πυκνότητα σπόρων, τόσο αυξάνεται το πλήθος των ινών των υφών που αναπτύσσονται.

Μία από τις πιο σημαντικές ιδιότητες των μυκηλιακών βιοσύνθετων προϊόντων, όμως, αποτελεί όπως προαναφέρθηκε η δυνατότητά τους να βιοδιασπώνται. Η απόρριψή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με κομποστοποίησή τους, που προορίζεται να συμβεί σε υγρές συνθήκες, όπου ευνοείται η μικροβιακή αποδόμηση, προς παραγωγή ανακτημένης ενέργειας για την παραγωγή νέων υλικών, είτε με φυσική βιοαποικοδόμηση, αξιοποιώντας την ιδιότητα του μυκηλίου να αποκαταστεί το έδαφος και να ενισχύει τη βιωσιμότητα των οικοτόπων.

1. Kshitij Joshi, et al., 2020: 1890.

## Ανοιχτού κώδικα<sup>23</sup> υλικό και πρακτικές σχεδιασμού και παραγωγής

Ο πειραματισμός με βιοϋλικά αποδεικνύεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, εκτός από προτιμώμενος από περιβαλλοντικής άποψης, εύκολος και προσβάσιμος, καθώς παρουσιάζει πολλαπλές ομοιότητες με τη διαδικασία εκτέλεσης και τον πειραματισμό με μια συνταγή μαγειρικής.

Στη σημερινή εποχή, η ανάγκη για αντικείμενα προσαρμοσμένα στις εκάστοτε προσωπικές ανάγκες του χρήστη (customized) και αποστασιοποίησης από τα τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα, εμφανίζει συνεχή άνοδο, ωθώντας συχνά τους χρήστες στην προσπάθεια μιας άμεσης συμμετοχής στη διαδικασία σχεδιασμού ή και παραγωγής προϊόντων. Έτσι, παρατηρείται ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον σε οικιακούς, ερασιτεχνικούς ή μικρής κλίμακας πειραματισμούς και η εμφάνιση νέων υλικών προϊόντων σχεδιασμού, μέσω πρακτικών άμεσης αλληλεπίδρασης (hand-on) με τα υλικά, τα οποία οι Rognoli, Bianchini, Maffei και Karana ονομάζουν “diy υλικά”.<sup>24</sup>

23. Σε όρους πληροφορικής, ανοιχτός κώδικας, είναι ένας κώδικας πηγής που επιτρέπει την τροποποίηση και αναδιανομή του. Τα προϊόντα ανοιχτού κώδικα διαθέτουν άδεια χρήσης του κώδικα πηγής, των αρχείων σχεδιασμού και του περιεχομένου του προϊόντος. Η λογική του ανοιχτού κώδικα εφαρμογών, συνεισφέρει στη βιβλιογραφία περί κοινών, μεταφραζόμενη σε διαμοιρασμό και ελεύθερη κυκλοφορία γνώσεων και πρακτικών συνεισφοράς, συμπαραγωγής και από κοινού εξέλιξης. Σύνθεση των πηγών: Lakhani, K. R., & von Hippel, E., 2003., Gerber, A Molefo O, Van der Merwe, A., 2010.

24. Valentina Rognoli, et al., 2015.

Οι διερευνήσεις αυτές του υλικοκεντρικού σχεδιασμού σε συνδυασμό με τις αναζητήσεις diy βιοϋλικών, δύνανται να προσδώσουν μέσω βιωματικής μάθησης και κοινών διαδικασιών παραγωγής, νέες διαστάσεις στις αλληλεπιδράσεις σχεδιαστών, γνώσεων και τεχνολογιών.

Η αναζήτηση και μελέτη υλικών σε ατομικό ή συλλογικό μικρής κλίμακας τοπικό επίπεδο, επαναφέρει θεματικές παραμελημένες στη τωρινή βιομηχανία μαζικής παραγωγής προϊόντων, όπως αυτή του τόπου παραγωγής της πρώτης ύλης. Επαναφορά πρακτικών “vernacular” σχεδιασμού και αρχιτεκτονικής, δηλαδή παραδοσιακών μεθόδων κατασκευής που αξιοποιούν τοπικά διαθέσιμους πόρους προς κάλυψη τοπικών αναγκών, συνδυάζονται με καινοτόμους τρόπους με νέες τάσεις, όπως αυτές του καλλιεργητικού και του γαστρονομικού σχεδιασμού. Οι νέες αυτές προσεγγίσεις, αναδεικνύοντας τις ομοιότητες πειραματισμού με βρώσιμα και μη υλικά, ενισχύουν την παραδοσιακά βαθιά σχέση μεταξύ δόμησης περιβάλλοντος και μαγειρέματος, αποκαλύπτοντας την από κοινού τους εξέλιξη και εξάρτηση από τις τοπικές πρώτες ύλες, που μάλιστα συχνά αξιοποιούνται και για τις δύο χρήσεις. Ο καλλιεργητικός σχεδιασμός μάλιστα, και ειδικότερα το μικρήλιο δύνανται να προσφέρει ως τελικό αποτέλεσμα ταυτοχρόνως τροφή, τα μανιτάρια, αλλά και υλικό προς αρχιτεκτονικές χρήσεις. Επιπλέον, η παραγωγή βιοσύνθετων υλικών όπως το μικρήλιο, απαιτώντας μια αρκετά χρονοβόρα διεργασία και πολύωρη επαφή με το υλικό, καθώς δεν έχει εφευρεθεί κάποιος συγκεκριμένος αυτοματισμός παραγωγής<sup>25</sup>, δημιουργεί μια κουλτούρα φροντίδας για τα τοπικά προϊόντα. Εμφανής γίνεται λοιπόν, η σύνδεση των συνταγών, υλικών και προϊόντων, βρώσιμων ή μη, με την τοπική οικολογία αλλά και την εκάστοτε κουλτούρα. Συνταγές υλικών και τροφής μοιράζονται ως κοινό χαρακτηριστικό την αναζήτηση έμπνευσης στη φύση του υλικού, που εν συνεχεία οδηγεί σε ανάπτυξη τεχνικών μεταμόρφωσής του, αναζήτηση δυνατοτήτων συνδυασμού του με άλλα, δομή, μορφοποίηση και χωροθέτησή του. Η επαναφορά και εξέλιξη της πολυσύνθετης προσέγγισης της παραγωγής υλικών προϊόντων,

25. Carolina Girometta, et al., 2019: 16.

υπενθυμίζει ξανά τη σημασία της διεπιστημονικότητας και των καρποφόρων συνεργασιών που μπορούν να προκύψουν μεταξύ τεχνικών και επιστημονικών πεδίων, όπως σχεδιασμού, βιολογίας, γαστρονομίας, καλλιέργειας αλλά και μεταξύ επαγγελματιών και ερασιτεχνών.

Η δυνατότητα παιχνιδιού και απτής αλληλεπίδρασης με τα υλικά, προσφέρει τον επίσης καρποφόρο συνδυασμό σχεδιασμού και αυτοπαραγωγής, μέσω μιας αναγέννησης της χειροτεχνίας, όπως την αποκαλούν οι Rognoli, Bianchini, Maffei και Karana.<sup>26</sup> Παρέχεται έτσι, η ευκαιρία σε όλα τα άτομα, να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν προϊόντα, παραγόμενα σύμφωνα με τις δικές τους αρχές. Με αυτόν τον τρόπο, αναδύονται πιθανότητες πολλαπλών αποτυχιών αλλά και ανάπτυξης καινοτόμων προϊόντων, βασισμένες σε από τα κάτω διαδικασίες σύλληψης και παραγωγής. Δημιουργούνται οι προϋποθέσεις λοιπόν, το λάθος και η ατέλεια, που ο τρόπος μαζικής παραγωγής έχει εξαλείψει, να λάβουν προστιθέμενη αξία, αναδεικνύοντας τη σημασία της μοναδικότητας. Συγκεκριμένα, η δημιουργία με βιοϋλικά, έρχεται να τονίσει την αξία της φυσικής ατέλειας αλλά ακόμα και της μη σταθερής μορφής, λόγω της μεταβαλλόμενης φύσης τους και των ιδιοτήτων ανομοιόμορφης ανάπτυξης, φθοράς, αυτοθεραπείας και βιοδιάσπασης.

Οι ανωτέρω αναζητήσεις, οδηγούν στη ζήτηση του εκδημοκρατισμού των τεχνολογικών πρακτικών, όπως προσβάσιμα εργαστήρια κατασκευής και παραγωγής, χαμηλού κόστους εργαλεία, και ανοιχτές κοινές γνώσεις σχετικά με τις διαδικασίες παραγωγής. Εμφανίζονται έτσι, μορφές επιστήμης ανοιχτού κώδικα πολιτών, όπως τις ονομάζουν οι Rognoli, Bianchini, Maffei και Karana<sup>27</sup>, δηλαδή εγχειρίδια και επιστημονικές βιβλιογραφίες, που προορίζονται για κατανόηση από το σύνολο των ατόμων που επιχειρούν να πειραματιστούν με νέα υλικά και τεχνολογίες, από ερασιτεχνικό έως επαγγελματικό επίπεδο.

26. Carolina Girometta, et al., 2015: 692.

27. ο.π., 2015: 700 – 701.

Αυτός ο ανοιχτού κώδικα σχεδιασμός και παραγωγή λοιπόν, παρατηρείται να ενθαρρύνει και αυτός τη χρήση τοπικών πρώτων υλών, καθώς αναζητά άμεσα διαθέσιμα υλικά και συνταγές. Επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε, το άνοιγμα των διαδικασιών σχεδιασμού και υλοποίησης, δημιουργεί γόνιμο έδαφος για την αφύπνιση πολλαπλών πειραμάτων και μελετών, άρα εξέλιξης του τομέα της τεχνολογίας των βιοϋλικών.

Η από κοινού αναζήτηση και η ανταλλαγή γνώσεων και πρακτικών μπορούν επίσης να τονώσουν το αίσθημα του συλλογικού «πράττειν» και να οδηγήσουν σε πιο οργανωμένα εγχειρήματα αυτοπαραγωγής, κάνοντας μια προσπάθεια κριτικής και ελαχιστοποίησης της εξάρτησης από τα μαζικά βιομηχανοποιημένα προϊόντα, προς αναζήτηση εναλλακτικών πρακτικών παραγωγής, κατανάλωσης και απόρριψης.

## Ο ρόλος του βιοϋλικού στην επανεξέταση της βιωσιμότητας υλικών και διαδικασιών παραγωγής

Η μελέτη, αλλά και η αναζήτηση πρακτικών διαχείρισης, αυτού του νέου τύπου υλικών, των καλλιεργήσιμων βιοϋλικών, δύναται να υποβοηθήσει ή και να πυροδοτήσει την επανεξέταση των χαρακτηριστικών των διαδικασιών παραγωγής και των ιδιοτήτων των βιομηχανικών υλικών. Έτσι, δημιουργείται χώρος για την χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών και την εκπόνηση νέων μεθοδολογιών, για μια δυναμική μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια της εργασίας, όπου η αξία των υλικών και των πόρων διατηρείται στην οικονομία για όσο το δυνατόν περισσότερο και η παραγωγή απορριμμάτων ελαχιστοποιείται.

Κατά τη φάση του σχεδιασμού, η βιωσιμότητα του παραγόμενου προϊόντος μπορεί να καθοριστεί αρχικά από την επιλογή υλικού, μελετώντας από τι παράγεται και τις ιδιότητές του. Η επιλογή υλικών που μπορούν να χαρακτηριστούν βιώσιμα, σύμφωνα με τις Camere και Karana<sup>28</sup>, ποικίλει, από υλικά ανανεώσιμων πηγών, δηλαδή με ταχύτητα αναγέννησης υψηλότερη από το ποσοστό απόκτησής τους, σε υλικά ανακυκλωμένα, που δηλαδή προκύπτουν από επανεπεξεργασία άλλων, έως και αναβιωμένα υλικά, τα οποία παράγονται από απορριπτόμενους πόρους. Τα τελευταία, κάνουν χρήση των παραπροϊόντων μιας διαδικασίας, εισάγοντάς τα εκ νέου στη διαδικασία παραγωγής, προς δημιουργία νέων προϊόντων. Το μυκήλιο, ανήκει στην κατηγορία αυτή, καθώς όπως προαναφέρθηκε μπορεί

να αξιοποιηθεί ως υπόστρωμα ανάπτυξης μια μεγάλη ποικιλία γεωργικών, αγροβιομηχανικών, αστικών και οικιακών οργανικών αποβλήτων, μετατρέποντάς τα σε νέα βιοσύνθετα υλικά.

Έναν επιπλέον παράγοντα καθοριστικό ως προς τη βιωσιμότητα, αποτελεί η διαδικασία παραγωγής του ίδιου του υλικού. Τα βήματα της διαδικασίας παραγωγής αναζητείται να πληρούν τις προϋποθέσεις βιώσιμων και αειφόρων διεργασιών, αποδεικνύοντας την άμεση σχέση του σχεδιασμού ενός προϊόντος με την εκπλήρωση των στόχων μιας κυκλικής οικονομίας. Στον καλλιεργητικό σχεδιασμό, τα υλικά, όντας παράγωγα μιας διαδικασίας ζύμωσης και αποσύνθεσης, απαιτούν πολύ λιγότερη ενέργεια και πόρους από τα συμβατικά υλικά.<sup>29</sup> Τα βιοσύνθετα προϊόντα μυκηλίου συγκεκριμένα, παρουσιάζουν χαμηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια, όπως αναλύουν οι Girometta, Picco, Baiguera, Dondi, Babbini, Cartabia, Pellegrini και Savino, σε σύγκριση με πολλά πλαστικά και συνθετικούς αφρούς, αφού για την ανάπτυξή τους αξιοποιούν τις μεταβολικές δραστηριότητες βιολογικών συστημάτων.<sup>30</sup>

Μέρος του σχεδιασμού δύναται να αποτελεί ο προγραμματισμός επανάχρησης, ανακύκλωσης ή ανάκτησης ενέργειας του υλικού, αξιοποιώντας το στο μέγιστο, είτε για την ίδια την διαδικασία παραγωγής του, είτε για άλλες χρήσεις. Τα μυκηλιακά βιοσύνθετα προϊόντα, όπως έχει προαναφερθεί, μετά τη χρήση τους είναι ξανά κομποστοποιησίμα αλλά και ευεργετικά προς το περιβάλλον.

Σύμφωνα με τους Meyer, Benz, Braus και τους υπόλοιπους συγγραφείς του "Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white paper", η μετάβαση προς μια κυκλική βιοοικονομία έπεται την αυξημένη χρήση του πλέον γνωστού, διαχρονικού και διαδεδομένου υλικού, του ξύλου. Αναφέρουν λοιπόν, πως για την επίτευξη της διατήρησης του άνθρακα αποθηκευμένου εντός των υλικών για το μέγιστο δυνατό χρόνο, η ανακύκλωση και επανάχρηση

29. Vera Meyer, et al., 2020: 9.

30. Carolina Girometta, et al., 2019: 3.



των προϊόντων ξύλου, προσφέρεται να πραγματοποιείται με τρόπο διαδοχικό, πριν την τελική τους αξιοποίηση για ανάκτηση ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, η χρήση μυκήτων για την παραγωγή νέων βιοσύνθετων προϊόντων, αξιοποιώντας ως οργανικά υποστρώματα προϊόντα ξυλείας, όπως χαρτοπολτούς ή πριονίδια, εμφανίζεται να αποφέρει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα, οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά.<sup>31</sup>

Συνοψίζοντας λοιπόν, ένας κύκλος ζωής, που αξιοποιεί τις πολλαπλές δυνατότητες του μυκηλίου μπορεί να παρέχει βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και πόρων, αναδεικνύοντας τα καρποφόρα αποτελέσματα που δύναται να επιφέρουν οι αναζητήσεις και οι πειραματισμοί στο πεδίο των καλλιεργήσιμων βιοϋλικών.

## Το υλικό ως αφετηρία συμπαραγωγής και διεγέρτης κοινών

Ο πειραματισμός και οι εφευρέσεις με τα καλλιεργούμενα βιοϋλικά μπορούν να οδηγήσουν σε νέα μοντέλα παραγωγής και διαχείρισης των διαδικασιών παραγωγής, απαντώντας σε μια πληθώρα προβλημάτων, όπως η διαχείριση αστικών οργανικών απορριμμάτων, επί τόπου και σε μικρή κλίμακα, δημιουργώντας νέες μορφές ανοικτής και κατανεμημένης μικροπαραγωγής, ως αποτέλεσμα της κλιμάκωσης των προαναφερθεισών αναδυόμενων μορφών ανοικτού κώδικα σχεδιασμού και αυτοπαραγωγής, μέσω της ενημέρωσης και της αύξησης του ενδιαφέροντος των πολιτών για τέτοιου είδους υλικά και διαδικασίες.

Σήμερα τονίζεται ιδιαίτερα η ανάγκη και η σημασία της δημιουργίας και ανάδυσης «μικρότοπων», όπου λαμβάνουν χώρα ανταλλαγές γνώσεων και πρακτικών και συλλογικές εμπειρίες συν-παραγωγής.

Στις πρακτικές σχεδιασμού και πειραματισμού με υλικά όπως το μυκήλιο, ο σχεδιαστής γίνεται τεχνίτης, ικανός να κατασκευάσει και να τροποποιήσει τα εργαλεία του, κατά βούληση των παραγωγικών απαιτήσεών του. Στην παρούσα εργασία, μέσω του προσωπικού πειραματισμού και εμπειρίας με το υλικό, αφού συντάχθηκε η συνταγή για την κατασκευή του, καταγράφεται η απόπειρα σχεδιασμού μιας δομής – εργαλειοθήκης για τον ανοικτού κώδικα πειραματισμό με το μυκήλιο. Ο σχεδιασμός αυτής, οργανώνεται στα πλαίσια μιας προσπάθειας μετατόπισης από τη μαζική παραγωγή προς τη μοναδικότητα του ατομικού σχεδιασμού και υλοποίησης, και του εκδημοκρατισμού της τοπικής, μικρής κλίμακας, αειφόρου παραγωγής υλικών και τροφίμων, με κοινά εργαλεία χαμηλής τεχνολογίας, τοπικά βιώσιμα συστατικά και ανοικτού κώδικα συνταγές,

για την ανάδυση συνεργατικών μοντέλων παραγωγής και κατανάλωσης, αλλά και την πυροδότηση του συνεχούς πειραματισμού και αυτοσχεδιασμού.

## Εισαγωγή στον αναγεννητικό σχεδιασμό και την περμακουλτούρα

Στην αναζήτηση μεθόδων αποκαθής των τωρινών μηχανιστικών μορφών αντίληψης, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, με σκοπό τη ριζική μετατόπιση προς μια οικολογική κοσμοθεώρηση, εμφανίζεται να απαντά μια στρατηγική σχεδιασμού, η οποία αποτελεί εξέλιξη στο πεδίο της αειφορίας, ένα βήμα μετά τον πράσινο (Green design) και το βιώσιμο σχεδιασμό (Sustainable design). Ο αποκαλούμενος «Αναγεννητικός σχεδιασμός» (Regenerative design), αναδύεται ως απόρροια των συνεχώς αυξανόμενων αναζητήσεων πρακτικών σχεδιασμού και υλοποίησης οι οποίες δεν αρκούνται στον περιορισμό χρήσης των εξαντλήσιμων πόρων, αλλά προσφέρουν θετικό αποτύπωμα στη βιόσφαιρα, συμμετέχοντας ενεργά στη βελτίωση των οικοσυστημάτων.

Πρόκειται για μια σχεδιαστική προσέγγιση, βασισμένη στις διεργασίες ολόκληρων συστημάτων, που υιοθετεί πρακτικές που ενισχύουν, ανανεώνουν ή αποκαθιστούν τις δικές τους πηγές ενέργειας και υλικών. Κάνοντας χρήση της θεωρίας των συστημάτων<sup>32</sup> και σχεδιαστικών αρχών περμακουλτούρας, με επιρροές από την κυκλική οικονομία και τη βιοοικονομία, τον βιομηχανικό και βιοφιλικό σχεδιασμό, επισημαίνει ξανά την ανάγκη για συνεργία με τη φύση, με σκοπό την υγιή συνύπαρξη όλων των φυσικών συστημάτων.<sup>33</sup> Η

32. Η θεωρία των συστημάτων πρόκειται για μια διεπιστημονική μελέτη αυτών, όπου το σύστημα συλλαμβάνεται ως μια ομάδα αλληλένδετων και αλληλεξαρτώμενων μερών, φυσικών είτε τεχνητών. Γίνεται μελέτη της δομής του, η οποία αναλύεται μέσω των λειτουργιών των μερών του, επηρεαζόμενη σε κάθε περίπτωση από το ευρύτερο περιβάλλον και το χωροχρόνο. Πηγή: Wikipedia<sup>2</sup>, 2021.

33. Σύνθεση των πηγών: Benne Beatrice, Mang Pamela, 2015: 3., Wikipedia<sup>1</sup>, 2021.

περμακουλτούρα, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, αποτελεί μια φιλοσοφία παρατήρησης, οργάνωσης και σχεδιασμού ολιστικού χαρακτήρα, που αφορά στην αποδοτικότητα των συμβιωτικών σχέσεων των μερών ενός οικοσυστήματος και απαντά σε κάποιους από τους στόχους της κυκλικής οικονομίας, επιχειρώντας τη διαφύλαξη της ενέργειας όσο το δυνατόν περισσότερο και τη διατήρηση των παραγωγικών συστημάτων.<sup>34</sup> Στην προσπάθεια μετατόπισης από την ανθρωποκεντρική σε μια βιοκεντρική αντίληψη, απαιτείται η αναγνώριση ότι ο άνθρωπος αποτελεί ένα μέρος των φυσικών αυτών συστημάτων, επισημαίνοντας όμως ότι ο αποκλεισμός του από περιοχές προς διατήρησή τους, σημαίνει την άνιση ανάπτυξη και εξέλιξη των οικοσυστημάτων, με την υπερβολική πυκνωση και καταστροφή κάποιων, και την μηδενική επιρροή και συμβίωση με άλλα.<sup>35</sup>

Η μελέτη και κατανόηση των έμβιων συστημάτων, δύναται λοιπόν, να υποβοηθήσει την ορθή συνεργασία του ανθρώπου με τα φυσικά οικοσυστήματα, προσφέροντας πληροφορίες για το σχεδιασμό, σε διαφορετικές κλίμακες της κατασκευής περιβάλλοντος.<sup>36</sup> Το έμβιο, όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα του βιοσχεδιασμού, ενσωματώνει μια πολυπλοκότητα, η οποία παρέχει επιστημονικές και σχεδιαστικές λύσεις στην προσπάθεια επανακαθορισμού του ανθρώπου σε σχέση με το φυσικό οικοσύστημα, στο οποίο είναι ένθετος. Η αντίληψη αυτή της συνθετότητας, όπως επισημαίνει ο Chiambaretta, εμπλέκει τις αρχές του οικοσυστήματος, των κυκλικών και όχι γραμμικών διεργασιών, των μεταβολικών διαδικασιών, αλλά και την εμφάνιση της διάστασης του εφήμερου.<sup>37</sup>

Στο δομημένο περιβάλλον, στόχο αποτελεί η δημιουργία «έμβιων» χωρικοτήτων, οι οποίες ενσωματώνουν λύσεις αναγεννητικού σχεδιασμού, ενισχύοντας το τοπικό

34. Σύνθεση των πηγών: Bill Mollison, 1988., Althouse, Keni, 2016.

35. Wikipedia<sup>1</sup>, 2021.

36. Benne Beatrice, Mang Pamela, 2015: 1.

37. Chiambaretta Philippe, 2017.

οικοσύστημα, αντί απλώς να μην το βλάπτουν. Οι αρχές τις περμακουλτούρας μπορούν να εφαρμοστούν σε πτυχές της κατοίκησης, από την γεωργία και την οικολογική δόμηση, έως την τεχνολογία και την εκπαίδευση. Προς το παρόν αυτές βρίσκουν έκφραση σε ακαδημαϊκούς χώρους γεωπονικού ενδιαφέροντος ή σε κλίμακα ερασιτεχνικού επιπέδου. Κρίνεται όμως απαραίτητη η εύρεση τρόπων διεπιστημονικής μετάδοσής της σε κλάδους σχεδιασμού περιβάλλοντος, όπως η αρχιτεκτονική, καθώς ως απώτερος σκοπός εμφανίζεται η επανατοποθέτηση των επιστημών σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης περιβάλλοντος, εντός των περιορισμών της φύσης και η συνεξέλιξή τους μαζί της.<sup>38</sup>

Μέσω της ολιστικής παρατήρησης, λοιπόν, των έμβιων συστημάτων και της ενθάρρυνσης της φυσικής εξέλιξής τους, αντί της αποσπασματικής εντατικοποίησής της, η συνεργασία με τη φύση και η αφομοίωση του ανθρώπου στο οικοσύστημα δύναται να συμβεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οι ανάγκες όλων το συστατικών μερών του να ικανοποιούνται αλληλένδετα.

38. Althouse, Keni, 2016.

## Ένθεση, μεταβολικά δίκτυα και κυκλική οικονομία

Ο σχεδιασμός ενός έργου λοιπόν, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία του αναγεννητικού σχεδιασμού, καλείται να ιδωθεί υπό το πρίσμα ενός ευρύτερου συνόλου. Η κατανόηση της σχέσης ενός σχεδιαστικού έργου με τα φυσικά συστήματα στα οποία εμπεριέχεται και τα οποία το ίδιο εμπεριέχει, μπορεί να οδηγήσει στη σύλληψη και μελέτη αυτού εντός ενός πολυσύνθετου δικτύου.

Όπως αναλύουν οι Benne και Mang, η ζωή αυτοκατασκευάζεται ως «ολότητες». Η δομή της ένθεσης, που ονομάζεται ολότητα, το γεγονός δηλαδή ότι τα οικοσυστήματα αποτελούνται από πολλά μικρότερα συστήματα και αυτά τα ίδια είναι μέρος μεγαλύτερων, είναι εγγενής σε όλα τα έμβια συστήματα.<sup>39</sup> Η μελέτη λοιπόν, της θεωρίας αυτής των έμβιων συστημάτων, μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία της επανεξέτασης της χωροθέτησης του ανθρώπου εντός του ευρύτερου συστήματος γενικά, αλλά και της αστικής συνθήκης ειδικότερα. Ο σχεδιασμός καλείται να υλοποιηθεί σε συνεργία με ένα τοπίο και τα χαρακτηριστικά του, και όχι επάνω του, καθώς αυτό δεν αποτελεί έναν λευκό καμβά, αλλά μια πολυσύνθετη ζωντανή οντότητα σε συνεχή ροή, μεταβολή και εξέλιξη. Λύσεις, βασισμένες ή και άμεσης αξιοποίησης των έμβιων συστημάτων, δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία νέων φυσικών ολότητων εντός του αστικού ιστού. Ο Chiambaretta επισημαίνει ότι ένα σχεδιαστικό έργο, πέρα από την εγκατάστασή του εντός μιας γειτονιάς ή πόλης, πρέπει να βασίζεται στην ιδέα ενός «πλανητικού κήπου», αναγνωρίζοντας την αλληλεξάρτησή του από τα

υπόλοιπα μέρη αυτού.<sup>40</sup>

Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό της συνθετότητας των έμβιων συστημάτων, αποτελεί ο μεταβολισμός, η αδιάκοπη ροή και ο μετασχηματισμός ενέργειας, ύλης και πληροφορίας μέσω ενός διασυνδεδεμένου ιστού διεργασιών. Κάθε στοιχείο, φαίνεται να συμμετέχει στην παραγωγή και τροποποίηση άλλων μερών του δικτύου, όπως παρατηρείται και στη συμβιωτική σχέση των μυκόρριζων (μυκηλίου και φυτών), έχοντας ως αποτέλεσμα την συνεχή ανανέωση του ιστού αυτού. Αντιμετωπίζοντας ένα σχεδιαστικό έργο ως ένα από τα συστατικά της μεταβολικής αυτής διαδικασίας, μπορεί να αναγνωριστεί ότι αυτό δεν ολοκληρώνεται με το τέλος της κατασκευής του. Η κατασκευή, κατά τη διάρκεια της ζωής της, συμμετέχει και επηρεάζει τις σχέσεις μεταξύ ανθρώπων, περιβάλλοντος και τοπικών φυσικών συστημάτων. Παρατηρώντας λοιπόν, την αέναη τάση της ζωής να αυτοδημιουργείται και να αυτοεπισκευάζεται μέσω ιστών κλειστών κυκλικών διαδικασιών παραγωγής, μετατροπών και συναλλαγών, ο σχεδιασμός καλείται να επιχειρήσει τη δημιουργία οικολογικών συστημάτων, κάνοντας χρήση οικοσυστημάτων που λειτουργούν με συστήματα κλειστών βρόγχων, αναγκαίων για πρακτικές ανατροφοδότησης και αποκατάστασης.

Οι πρακτικές αυτές, ακολουθούν αρχές της κυκλικής οικονομίας, ενός όρου που χρησιμοποιείται παραδοσιακά στον τομέα του βιομηχανικού σχεδιασμού προϊόντων, όπως αναφέρθηκε ήδη στην ανάλυση των σύνθετων βιοπροϊόντων μυκηλίου. Μια κυκλική οικονομία, όπως σημειώθηκε, εστιάζει σε εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης των αγαθών, όπου η αξία πόρων και υλικών παραμένει στην οικονομία όσο δύνανται περισσότερο, ελαχιστοποιώντας την παραγωγή αποβλήτων. Η τωρινή οικονομία βασισμένη σε ένα μοντέλο γραμμικό «παραγωγής – κατανάλωσης – απόρριψης», παρατηρείται να αποτελεί ένα εξαιρετικά σπάταλο σύστημα, όπου υλικά και ενέργεια δεν αξιοποιούνται επαρκώς, οδηγώντας επαγωγικά στην αύξηση δαπανών διαχείρισης των υπέρογκων απορριμμάτων

που σχηματίζουν. Σημαντικές σπατάλες σημειώνονται και στους τομείς κάλυψης επισιτιστικών, και στεγαστικών και δομικών αναγκών, με την ευρύτερη αυτή συνθήκη να οδηγεί σε οξυμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καταργώντας τη βιωσιμότητα του μοντέλου αυτού.<sup>41</sup>

Στην προσπάθεια λοιπόν να «κλείσει ο βρόγχος» (close the loop), μια κυκλική οικονομία επιχειρεί την κατάργηση σπαταλών και ρύπανσης, μέσω της διατήρησης προϊόντων και υλικών στην υψηλότερη αξία τους, σχεδιάζοντας όπως προαναφέρθηκε την επανάχρηση, ανακύκλωσή ή ανάκτηση ενέργειάς τους προς άλλες εφαρμογές. Έτσι, με τον συνεχή μεταβολισμό, ενθαρρύνεται η ενεργή ενίσχυση των φυσικών οικοσυστημάτων, διατηρώντας υλικά και ενέργεια σε ροή εντός της μικρής κλίμακας τοπικής οικονομίας. Σε ένα σύστημα «κλειστού βρόγχου», η ενέργεια χάνεται και ανακτάται διαρκώς, αλλάζοντας τη μορφή της και την επίδραση προς το περιβάλλον της. Σε αστικό επίπεδο λοιπόν, μια «κυκλική πόλη» σύμφωνα με το ίδρυμα Macarthur, ενσωματώνει τις παραπάνω αρχές της κυκλικής οικονομίας, σε ένα σύστημα αυτάρκες και ανανεώσιμο από το σχεδιασμό του ακόμα, διευκολυνόμενο από τις νέες τεχνολογίες.<sup>42</sup>

Μελετώντας τον αστικό ιστό ως έναν ιστό μεταβολικό, η πρόκληση του σχεδιασμού εντός του, επικεντρώνεται στην μετατόπιση από τον γραμμικό μεταβολισμό που συνεχώς απορρίπτει τα «έξοδά» του, σε έναν μεταβολισμό κυκλικό που ανακυκλώνει τα «έξοδά» του σε «έσοδα».<sup>43</sup>

41. Σύνθεση των πηγών: Ellen Macarthur Foundation, 2017., Ζαχαριάδου Αικατερίνη, 2018.

42. Ellen Macarthur Foundation, 2017.

43. Chiambaretta Philippe, 2017.

## Κομβική χωροθέτηση του πρότζεκτ και παραγωγική παρατήρηση της ολότητας όπου εγγράφεται

Υπό το πρίσμα του βιομημητικού σχεδιασμού, αντιμετωπίζοντας και μελετώντας τον αστικό μεταβολικό ιστό, ως ένα δίκτυο μυκηλιακών υφών που μεταφέρουν και συναλλάσσουν ουσίες, σημαντικά χαρακτηριστικά αυτού του ιστού – μοτίβου<sup>44</sup>, αποτελούν οι κόμβοι, όπου οι ροές τέμνονται και λαμβάνουν χώρα οι συναλλαγές και ανταλλαγές. Οι Benne και Mang επισημαίνουν την αναλογία της σημασίας του πλήθους και της φύσης των ανταλλαγών που φιλοξενεί ένα κομβικό σημείο, ως προς την συνολική υγεία του δικτύου.<sup>45</sup> Κρίνεται λοιπόν, μέγιστης αξίας η επιλογή της παρέμβασης σε έναν «αστικό κόμβο», καθώς η τροποποίηση και διαμόρφωσή του, έχει τη δύναμη να επηρεάσει κατά βούληση των σχεδιαστών τη λειτουργικότητα αλλά και τους σκοπούς του ευρύτερου μεταβολικού δικτύου, επιδρώντας τελικώς στη γενικότερη υγεία του συστήματος στο οποίο είναι ένθετος.

Εντός του κατάλληλου σημείου «κόμβου» του αστικού ιστού, εκτιμάται αναγκαία η ανάπτυξη συστημάτων «βρόγχων τοπικής αξίας», όπως τα αποκαλεί το ίδρυμα Macarthur, όπου θα φιλοξενούνται διεργασίες τοπικής παραγωγής

44. Η περμακουλτούρα, μέσω της θεωρίας συστημάτων μεταφράζει τα μοτίβα ως τις ταξινομημένες, αλλά μεταβαλλόμενες δέσμες σχέσεων όλων των συστατικών στοιχείων, φυσικών και τεχνητών, που συναρμολογούνται μέσω του σχεδιασμού και προάγουν μια ομαλή ροή και λειτουργία των εσωτερικών σχέσεων ενός συστήματος, δίνοντάς του έναν ολιστικό χαρακτήρα. Σύνθεση των πηγών: Lilian Ricaud, 2015., Bill Mollison, 1988.

45. Benne Beatrice, Mang Pamela, 2015: 16 – 18.

και μοιράσματος και ανταλλαγών κοινών αγαθών, πρακτικών και γνώσεων.<sup>46</sup> Αναζητείται λοιπόν η διαμόρφωση ενός κόμβου, ο οποίος θα τέμνει ένα πλήθος ροών, υλικών και πνευματικών, επηρεάζοντας λόγω της φύσης της δυναμικής αλληλεξάρτησής του, την ευρύτερη αστική ολότητα με βήματα προς μια οικολογία και αυτονομία, ενεργειακή, υλική και τροφική.

Προς κατανόηση της δυναμικής αυτής αλληλεξάρτησης των συστατικών μεταξύ και εντός του ευρύτερου συνόλου, αφυπνείται μια διαδικασία διερεύνησης των σχέσεων εντός του, ξεκινώντας από το μακροεπίπεδο ανταλλακτικών και δεσμευτικών ροών μεταξύ αστικών και αγροτικών ιστών.

Η πόλη, ιστορικά αναδύθηκε από τον διαχωρισμό και καταμερισμό επιχειρησιακών και γεωργικών παραγωγικών δραστηριοτήτων, διατηρώντας μια σχέση συμπληρωματική, συναλλαγής, ροής και συνεξέλιξης με την ύπαιθρο, η οποία και διακόπηκε με την ανάδυση της εκβιομηχάνισης. Σήμερα, υπό το πρίσμα της οικολογικής κρίσης, η διαχείριση και κάλυψη των αστικών αναγκών και λειτουργιών, εμφανίζεται ως μια «οικολογική πρόκληση», όπως παρατηρεί ο Chiambaretta.<sup>47</sup>

Η πρόκληση αυτή δύναται να απαντηθεί με μια προσπάθεια επαναφύπνισης των σχέσεων μεταξύ αγροτικού και αστικού, αναζητώντας τη συμβολή του αγροτικού πληθυσμού σε μια επιχείρηση συνέργειας και συμπαραγωγής εντός της τωρινής αποξενωμένης αστικής κοινότητας. Το μοίρασμα και η ανταλλαγή γνώσεων, μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία για τη χωροθέτηση πρακτικών παραγωγής εντός του αστικού ιστού, στα πλαίσια απομάκρυνσης από τη βιομηχανική παραγωγή, αλλά και αναγέννησης των τοπικών φυσικών συστημάτων.

Η ανάγκη για ενίσχυση των φυσικών συστημάτων κρίνεται άκρως αναγκαία στις περιοχές εντός των πόλεων, ως απόρροια της οξυμένης συσσώρευσης υλικών

και ενέργειας και ρύπανσης, λόγω της αυξημένης αστικοποίησης. Η κατάσταση των πόλεων, οι οποίες σύμφωνα με το ίδρυμα Macarthur, είναι ευθυνόμενες για το 75% της κατανάλωσης φυσικών πόρων, το 50% της παγκόσμιας παραγωγής αποβλήτων και το 60-80% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου,<sup>48</sup> επισημαίνει την ανάγκη επανεξέτασης των μεθόδων παραγωγής, κατανάλωσης και απόρριψης εντός τους, υπό τα πρότυπα μιας κλειστών βρόγχων μεταβολικής διαδικασίας.

Αναγνωρίζοντας πλέον την αναγκαιότητα μιας μετάβασης σε ένα κυκλικό μοντέλο, μεγεθύνοντας περαιτέρω, πρέπει να επισημανθεί η σημασία της εφαρμογής αυτής σε μικρή τοπική κλίμακα. Μια πιθανή εστίαση εφαρμογής του μοντέλου αυτού σε μακροεπίπεδο, για παράδειγμα εντός πολυεθνικών ή βιομηχανιών, δεν καλύπτει από πλευράς κοινωνικής δικαιοσύνης τις απαιτήσεις ενός αρχιτεκτονικού έργου, καθώς σφάλλει να συμπεριλάβει το ρόλο των τοπικών συστημάτων, φυσικών και τεχνητών.<sup>49</sup> Η αποτυχία συμπερίληψης τοπικών οικοσυστημάτων, ατόμων, δράσεων, ή και επιχειρήσεων, σημαίνει αρχικά την αδυναμία εφαρμογής πρακτικών αναγεννητικού σχεδιασμού και επιπρόσθετα τη συνέχιση των τωρινών κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων. Η προτεραιότητα των κοινωνικού περιεχομένου αυτών παραγόντων, είναι μεγάλης σημασίας καθώς αποτελούν βασικά συστατικά μέρη σε ένα εγχείρημα τοπικής αυτονομίας, παραγωγικής αλλά και όχι μόνο. Αναζητείται λοιπόν, η διαμόρφωση ενός κόμβου που να φιλοξενεί μια συνεργατική οικονομική πρακτική, υποκινούμενη από την τοπική κυκλοφορία υλικών, πρακτικών και γνώσεων, σε μικρή κλίμακα ώστε να προσφέρεται η δυνατότητα αυτοδιαχείρισης.

Για τον σχεδιασμό του παρόντος πρότζεκτ αναζητήθηκε ένας «κόμβος» τομής κοινωνικών δραστηριοτήτων αλλά και μελλοντικών αστικών μεταβολικών διεργασιών, εντός του δικτύου της πόλης. Επιλέχθηκε λοιπόν, ένα σημείο τομής βασικών αξόνων διέλευσης, που νοηματοδοτεί την πόλη μέσω της παύσης που

46. Ellen Macarthur Foundation, 2017.

47. Chiambaretta Philippe, 2017.

48. Ellen Macarthur Foundation, 2017.

49. Plant Chicago, 2020.

δημιουργεί στο ρυθμό και την πυκνότητά της, η πλατεία. Ένας χώρος φαινομενικά κενός, αλλά μεγάλης σημασίας καθώς αποτελεί έναν πυκνωτή δημόσιας ζωής, χωρίς σκληρά όρια, ανοικτό, ομοίως με τις διεργασίες που ζητείται να φιλοξενήσει.<sup>50</sup> Η επιλογή του γίνεται, όχι με σκοπό την κατάργηση των τωρινών χρήσεων του, αλλά την ενίσχυση και διευκόλυνσή τους και προσθήκη νέων, στοχεύοντας στην επαναδιεκδίκηση του δημόσιου χώρου μέσω από κοινού δράσεων παραγωγής και ανταλλαγής γνώσεων, πρακτικών και υλικών.

## MYCO360


Ο σχεδιασμός του Myco360 επιχειρεί την ανάπτυξη συστημάτων τοπικών βρόγχων, όπου θα τέμνονται υλικές και πνευματικές ροές και θα ενθαρρύνεται η συμπαραγωγή ανταλλαγή και συναλλαγή πόρων, πρακτικών και γνώσεων. Η ανάγνωση των πρακτικών της περμακουλτούρας, καταγράφει τη διαδικασία του σχεδιασμού να αποτελεί την οργάνωση σε σύνολο των συστημάτων αυτών, ως «ολότητα». Στρατηγικές σχεδιασμού λοιπόν, αποτελούν η περμακουλτούρα και η βιομημητική, ενσωματώνοντας αυτόνομων πόρων συστήματα και υλικά, με λειτουργίες κλειστών βρόγχων. Το Myco360 αποσκοπεί στη δημιουργία ενός συστήματος κυκλικού, αλλά ανοικτού, αυτόνομου αλλά αλληλεξαρτώμενου, και ρόλου καταλυτικού εντός πολλαπλών αλληλένδετων κλιμάκων.

### Παρατήρηση του τοπίου

Το τοπίο χωροθέτησης που επιλέγεται είναι η πλατεία Πανεπιστημίου Βόλου, ως εν δυνάμει ισχυρός κόμβος τομής κοινωνικών και υλικών ροών, όπως προαναφέρθηκε. Οι παρούσες λειτουργίες που φιλοξενεί, της ανάπαυσης, της αναψυχής, της εβδομαδιαίας αυτόνομης λαϊκής αγοράς και των διαφόρων κατά διαστήματα εκδηλώσεων, καθιστούν το τοπίο κοινωνικό πυκνωτή δράσεων, γεγονός που υποβοηθά τις λειτουργίες συλλογικής παραγωγής, κατανάλωσης αλλά και απόρριψης, που δύναται να προσφέρει και να προωθήσει το νέο αυτό πρότζεκτ (βλ. εικόνα 4)



Δημητριάδος  
 Αυτόνομη λαϊκή αγορά  
 Ερμού  
 Κατάληψη Μασαγίου  
 Κουζίνα Αλληλεγγύης

 Βορράς, κλ. 1:1200

4. Τοπογραφικό πλατείας Πανεπιστημίου Βόλου με την προτεινόμενη χωροθέτηση της δομής

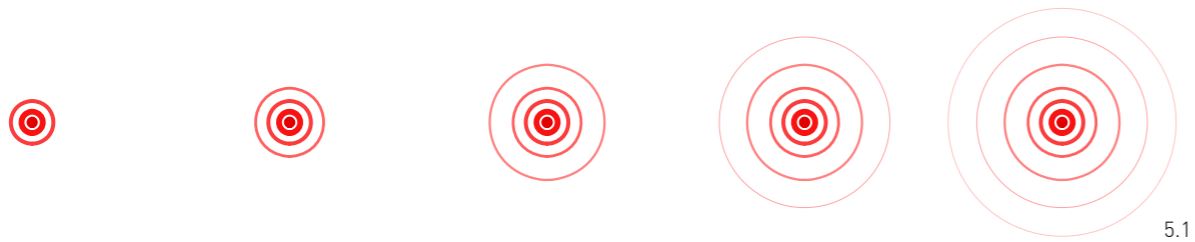
## Βιομημητισμός

Η βιολογία της ανάπτυξης του μυκηλίου γίνεται εργαλείο μιας πολυδιάστατης ανάγνωσης του έργου, της λειτουργίας, υλικότητας, μορφής και εξάπλωσής του. Ο ρόλος του έργου εντός πόλης περιλαμβάνει την κατασκευή μιας δομής διαρκώς μεταβαλλόμενης και κατά βούληση τροποποιούμενης, η οποία όπως ο μύκητας αποικοδομεί, αποικοδομείται, μέσω της αποσύνθεσης της ίδιας ή των μερών των συστημάτων της, προσδίδει αξία στο οικοσύστημα εντός του οποίου είναι ένθετη, παράγει τροφή για τους κατοίκους, μεταβολίζει τα απορρίμματά τους και συγκεντρώνει χαμηλού κόστους ανοικτά εργαλεία και τεχνολογίες για την αξιοποίηση φυσικών πόρων, την αυτοϋποστήριξή της και διαδικασίες παραγωγής.

Ο σχεδιασμός εστιάζει σε τοπική κλίμακα, καθώς απώτερο σκοπό αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε, η εξασφάλιση μιας τοπικής κυκλικής οικονομίας, αλλά και διότι αναζητείται μια κλίμακα δυναμικά διαχειρίσιμη από τους ίδιους τους χρήστες της, με τη μορφή συνεργατικής αυτοοργάνωσης. Σημαντικό παράγοντα στην επιλογή του σχεδιασμού της μικρής τοπικής κλίμακας, αποτελεί και το γεγονός ότι η κάθε περιοχή διαθέτει τους δικούς της περιορισμούς και πλούτο, και η δημιουργία ενός κυκλικού κλειστού βρόγχου μοντέλου διαχείρισης και επανάχρησης υλικών, όπου οι ροές αποβλήτων μιας διαδικασίας επαναπροσδιορίζονται ως πρώτη ύλη για μια άλλη, δύναται να προσφέρει τη μέγιστη αξία όταν αξιοποιείται στο ίδιο το μέρος από όπου προήλθαν οι ύλες αυτές, τονίζοντας τον «αναγεννητικό» του χαρακτήρα.

Για την οργάνωσή του έργου, γίνεται μια ερμηνεία της ανισότροπης ανάπτυξης και της τρισδιάστατης πολυδιακλαδικότητας των μυκηλιακών υφών. Σκοπό δεν αποτελεί η αντιγραφή της αυτούσιας μορφής της μυκηλιακής δράσης, περίπτωση που άλλωστε θα απαιτούσε δυστοπικά και δαπανηρά σενάρια δόμησης, αλλά η αποκωδικοποίηση αυτής ως μεθοδολογίας σχεδιασμού. Το σύνθετο πλέγμα των μυκηλιακών υφών μεταφράζεται, σε τρισδιάστατο ορθοκανονικό κάναβο, ο





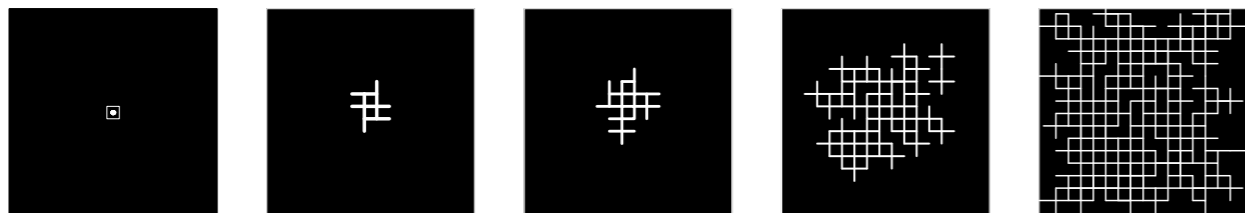
5.1



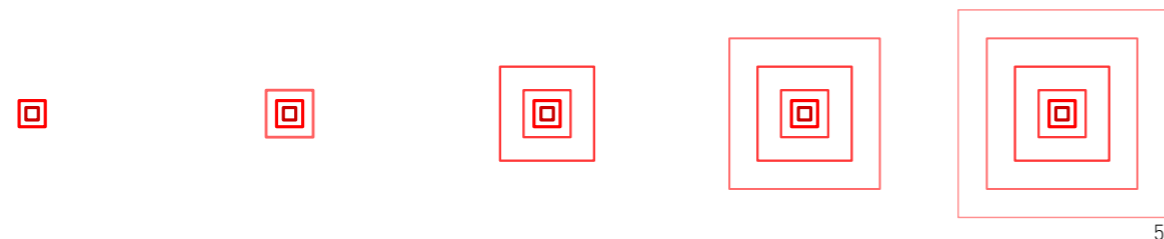
5.2



5.3



5.4



5.5

οποίος πλέκεται με αφειρητά τις διαστάσεις του μισού κυβικού μέτρου. Κάθε κουτί του τρισδιάστατου αυτού κανάβου, που εξαπλώνεται εντός του τοπίου προς κάθε διαθέσιμη κατεύθυνση, όπως οι μυκηλιακές υφές κατά τον αποικισμό ενός υποστρώματος, συλλαμβάνεται ως υποδοχή διαθέσιμη να αναλάβει μια εκάστοτε θεμιτή λειτουργία (βλ. εικόνα 5).

Για την χωροθέτηση και οργάνωση των λειτουργιών γίνεται μια μεταφορά της ανισότροπης, προσεγγιστικά ομόκεντρης από το σπόρο ανάπτυξης του μυκηλιακού δικτύου, σε συνδυασμό με στρατηγικές σχεδιασμού της περμαουλτούρας<sup>51</sup> οι οποίες οργανώνουν το χώρο σε υποθετικές ζώνες ενός συνόλου ομόκεντρων κύκλων που ορίζονται με προτεραιότητα αξίας χρήσης, με τον εσωτερικό 'κύκλο' να χρησιμοποιείται περισσότερο, και πιθανά συνδέονται, σχηματίζοντας σχέσεις λειτουργικών αλληλεξαρτήσεων μεταξύ τους.

Κεντρικό σπόρο – αφειρητά της «μυκηλιακής» ομόκεντρης εξάπλωσης της κατασκευής, αποτελεί ένα εργαστήριο – κουζίνα παραγωγής βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου, μανιταριών και οργανικού κομπόστ. Σε επόμενη ομόκεντρη μετάθεση τοποθετείται συλλογή και φιλτράρισμα βρόχινου νερού, που διατίθεται προς χρήση για το εργαστήριο αλλά και για την επόμενη ομόκεντρη ζώνη που ακολουθεί, που εμπεριέχει λειτουργίες ανάπαυσης, φαγητού και ανταλλαγών και συναλλαγών προϊόντων. Η τελευταία αυτή ζώνη επιχειρεί την εξάπλωσή της και μετά το τέλος της βασικής δομής, δημιουργώντας ομόκεντρες ορθογωνικές μεταθέσεις του περιγράμματος της δομής, με ποικίλους συνδυασμούς και τοποθετήσεις λειτουργιών πλήθους καλλιεργειών και βλάστησης, συλλογής βρόχινου νερού και ανάπαυσης και αναψυχής. Στο τελευταίο αυτό κομμάτι της η δομή ανοίγει τα όρια της φιλοξενώντας και εμπλουτίζοντας τις βασικές λειτουργίες που ήδη προϋπήρχαν στο χώρο της πλατείας, προσκαλώντας ταυτόχρονα τους πολίτες στη συμμετοχή τους και εντός των νέων, κεντρικών δραστηριοτήτων που προσφέρει η κατασκευή.

51. Bill Mollison, 1988.

5.1 Διαγραμματική απόδοση της ανισότροπης, ομόκεντρης ανάπτυξης μυκηλίου 5.2 Σχεδιαστική απόδοση της μυκηλιακής εξάπλωσης σε καλλιεργητικό δισκίο 5.3 Από το οργανικό στο ορθοκανονικό 5.4 Μετάφραση της οργανικής εξάπλωσης των υφών του μυκηλίου σε ορθοκανονικό κανάβο 5.5 Ορθογωνικές μεταθέσεις της δομικής ανάπτυξης

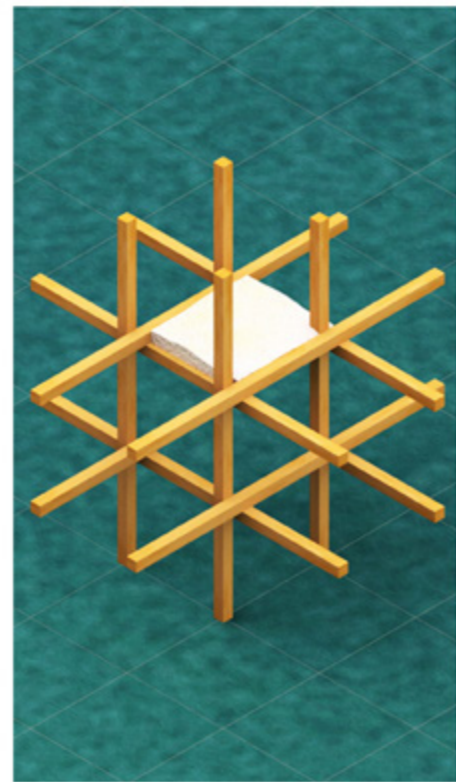
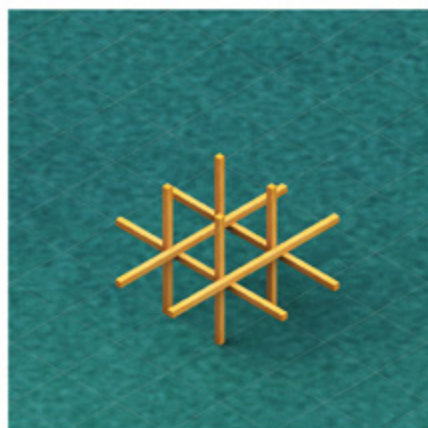
Οι ομόκεντρες αυτές ζώνες λοιπόν, αποτελούν την αρχική διαγραμματική χωροθέτηση των λειτουργιών, επιχειρώντας μια διαβάθμιση, από μια ποικιλόμορφη περιφέρεια ανάπαυσης και κοινωνικοποίησης, που σταδιακά εκκινεί διάφορες λειτουργίες, δελεάζοντας και προσκαλώντας τους χρήστες προς ένα πυκνό κέντρο δράσεων. Στη συνέχεια οι ζώνες, επηρεασμένες από διελεύσεις, ήδη εγγεγραμμένες στην πλατεία αλλά και νέες, αλληλοδιαπλέκονται και συσχετίζονται μεταξύ τους, όπως προαναφέρθηκε, καθώς σύμφωνα με τις σχεδιαστικές αρχές της περμακουλτούρας<sup>52</sup>, η αποδοτικότητα ενός συστήματος δεν επιτυγχάνεται με απομόνωση των μερών και εντατικοποίηση των λειτουργιών τους, αλλά με την ορθή σύνταξη και σχεδιασμό που υποβοηθά την εκδήλωση πολλών λειτουργιών, κάνοντας χρήση πολλαπλών συμπληρωματικών ή και συνεργαζόμενων δυνατοτήτων.

## Συναρμογή – Υλικότητα

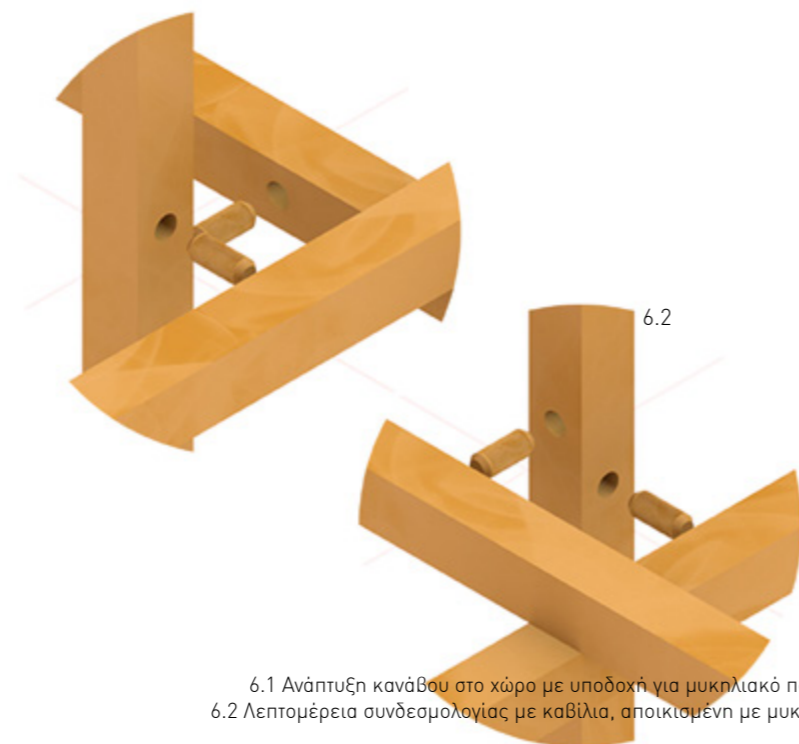
Το έργο αποσκοπεί στο να αποτελέσει τον κεντρικό σπόρο – αφητηρία ενός αποικισμού του αστικού ιστού από υλικά υγιή που βελτιώνουν την ποιότητα του περιβάλλοντος και της ζωής και αξιοποιούνται στο μέγιστο, ελαττώνοντας τη χρήση πρωτογενών υλών.

Στη δομή επιλέγεται η χρήση της συνεργασίας δύο βιοϋλικών, του ξύλου και του μυκηλίου. Τα δύο υλικά ενώνονται χάρη στην ικανότητα του μυκηλίου να εξαπλώνεται στα σημεία άρθρωσης των ξύλινων δοκών που χρησιμοποιούνται, με αποτέλεσμα να τις αποικοδομεί και να τις αποκαθιστά σταδιακά με σύνθετο μυκηλιακό σώμα. Η βιομιμητική μετάφραση των μυκηλιακών υφών σε τρισδιάστατο κανάβο, αρθρώνει μια λογική μοτίβου, που στη γλώσσα της φύσης ορίζεται ως ένας χωρικός σχηματισμός που επιτρέπει την επίλυση ενός πεδίου δεσμών σχέσεων εντός ενός συστήματος, οι οποίοι συμβαίνουν επαναλαμβανόμενα.

Στην κατασκευή λοιπόν, το ρόλο του κανάβου αναλαμβάνει ως υλικό το ξύλο, με τις ενώσεις των ξύλινων δομοστοιχείων διαμέτρου 5 εκατοστών που σχηματίζουν τον τρισδιάστατο κανάβο μισού κυβικού, να γίνονται με καβίλιες αποικισμένες με μυκήλιο. Βιοσύνθετα πάνελ μυκηλίου, που κατασκευάζονται εντός της δομής όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, και εγγράφονται εντός του ενός τετραγώνου του τρισδιάστατου ξύλινου κανάβου, δύνανται να εφαρμόσουν επάνω του σε οποιαδήποτε οριζόντια θεμιτή θέση, δημιουργώντας επιφάνεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κάθισμα, τραπέζι, πάγκος ή οποιασδήποτε άλλη δυνατή λειτουργία (βλ. 6). Ο ξύλινος κανάβος λοιπόν, μπορεί να ιδωθεί ως το σχεδιαστικά και σε λογική δόμησης πλέον οργανωμένο μοτίβο οργανικού υποστρώματος, μέσου ανάπτυξης, πάνω στο οποίο δύναται να αποικίσει το μυκήλιο, σχηματίζοντας τις υποδοχές των εκάστοτε λειτουργιών της κατασκευής, σε μια συνεχώς μεταβαλλόμενη δομή η οποία καλλιεργείται καταναλώνοντας (βλ. 7).



6.1



6.2

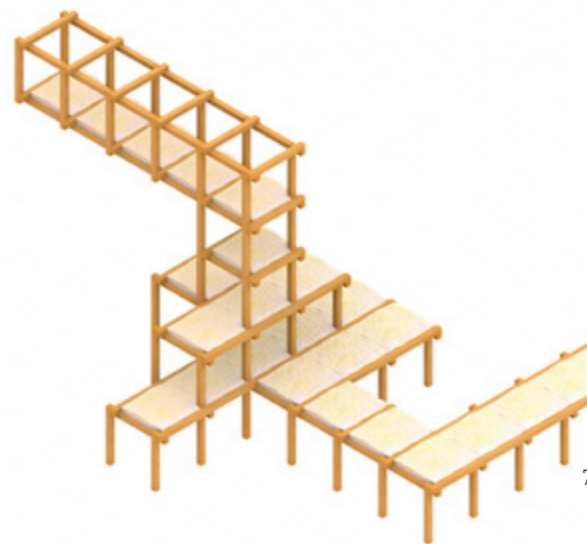
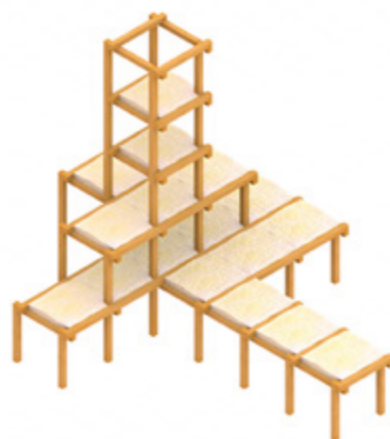
6.1 Ανάπτυξη κανάβου στο χώρο με υποδοχή για μυκηλιακό πάνελ  
6.2 Λεπτομέρεια συνδεσμολογίας με καβίλια, αποικισμένη με μυκήλιο

## Χρόνος και εποχικότητα

Ο συσχεδιασμός με τη φύση, με έμβιους οργανισμούς όπως το μυκήλιο, επαναφέρει στο διάλογο της διαδικασίας του σχεδιασμού, το χρόνο, ως βασικό συστατικό παράγοντά της, η σημασία του οποίου δύναται να αναθεωρηθεί. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή μέσω φυσικών διεργασιών, όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο της βιοκατασκευής μυκηλίου, ρυθμίζεται σε μεγάλο βαθμό, εκτός από τη δράση των οργανισμών, και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, παράγοντες οι οποίοι είναι συνθήως και αλληλένδετοι. Έτσι λοιπόν, όταν πρόκειται για έργα που υλοποιούνται σε εξωτερικό χώρο, και όχι σε ελεγχόμενες συνθήκες, η προσοχή στρέφεται στο ρόλο της εποχικότητας.

Η εποχικότητα συμβάλλει παραδοσιακά στην οργάνωση των καλλιεργητικών διαδικασιών, ως βασικό συστατικό κριτήριο της παραγωγής και κατανάλωσης. Ο ρόλος της σε μια δομή η οποία κατασκευάζεται καταναλώνοντας και παράγοντας, αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντικός, θέτοντας κάποιες κατευθυντήριες γραμμές για την πορεία του σχεδιασμού αλλά και της χρήσης της δομής κατά τη διάρκεια της ζωής της.

Μια από τις παρατηρήσεις που συζητήθηκαν κατά τη διαδικασία του πειραματισμού μας με τα βιοϋλικά μυκηλίου, είναι η ιδιότητα των υλικών, στη διάρκεια κατασκευής αλλά της ζωής τους συνεχώς να μετασχηματίζονται, με μεγάλες και ορατές ή μηδαμινές και ασήμαντες αλλαγές. Κάθε μια από αυτές τις τροποποιήσεις, εγγράφεται στο υλικό τους σώμα, φανερώνοντας δράσεις, χρονικότητες, λάθη, ανάπτυξη και ατέλειες, σε μια συνεχή διαδικασία μεταβολής, προσδίδοντας μια γοητεία στην υπόσταση των φυσικών υλικών, καθώς μπορούν μέσω της μορφής τους να διηγηθούν και να φανερώσουν σημάδια ζωής. Ο ρόλος ενός έργου, μιας κατασκευής, δεν τελειώνει κατά την ολοκλήρωση της κατασκευής του, καθώς ως ένθετο στοιχείο ενός ευρύτερου μεταβολικού συστήματος, συνεχώς μεταβάλλεται, δημιουργείται, καταστρέφεται



7. Τρισδιάστατη εξάπλωση κανάβου

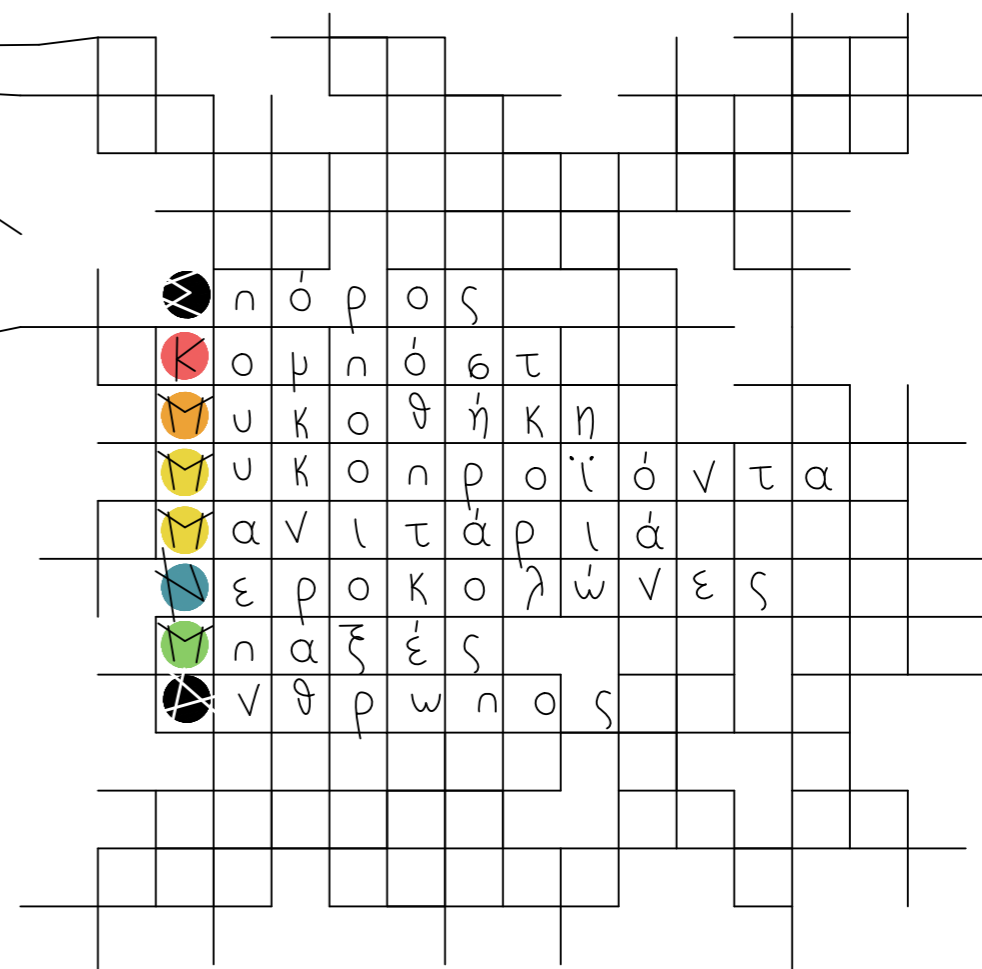
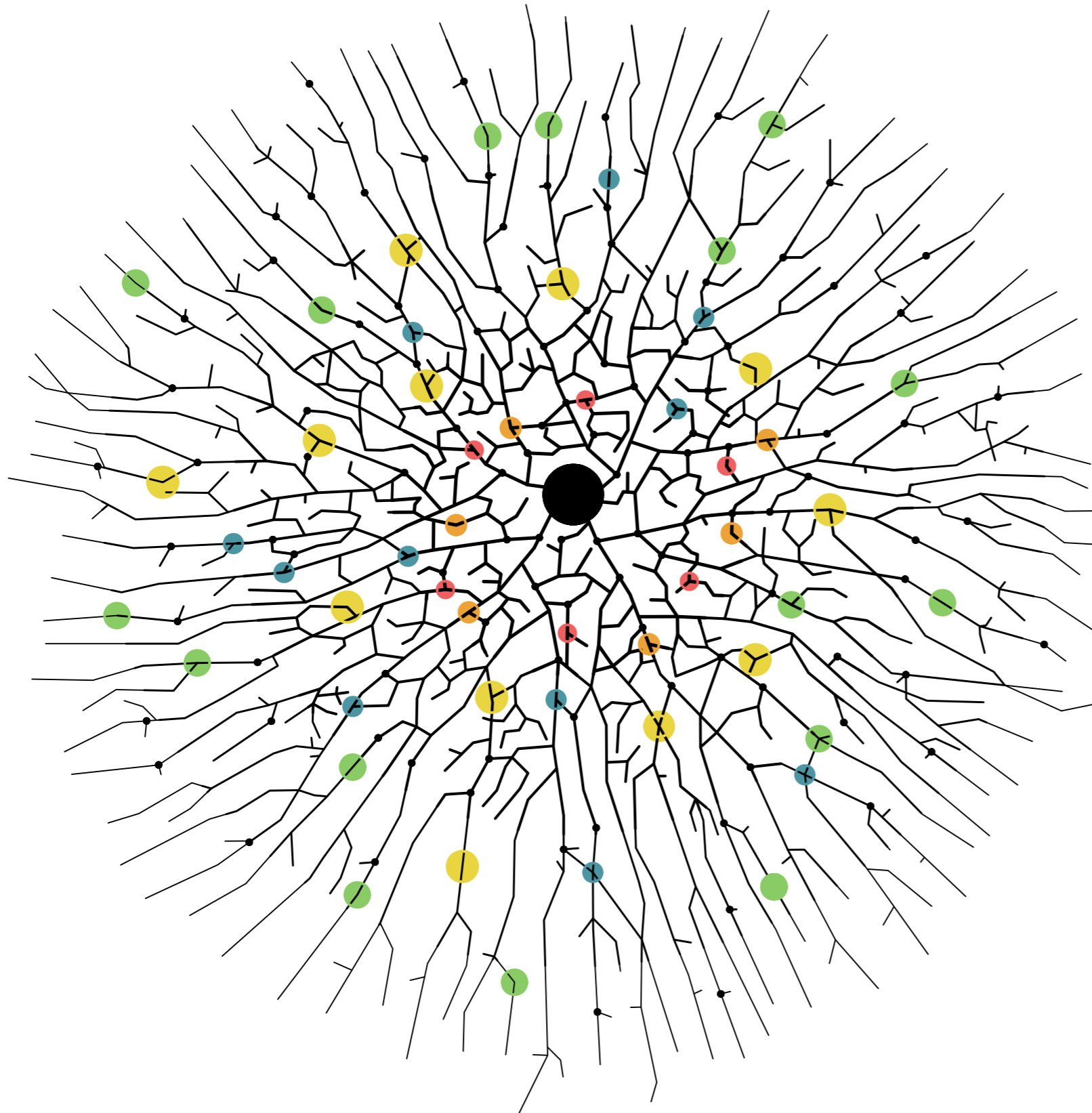
και αναγεννάται, όπως αναλύθηκε σύμφωνα με τις αρχές του αναγεννητικού σχεδιασμού. Η συνθήκη αυτή εμφανίζεται λοιπόν, ως απόρροια πολλαπλών δράσεων και παραγόντων, όπως της ζωτικότητας των υλικών του, αλλά επίσης και της επενέργειας των χρηστών του επάνω του.

Η εποχικότητα, αποτελώντας σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση και την πυκνότητα των δραστηριοτήτων αλλά και την ποικιλία των χρήσεων που μπορεί να φιλοξενήσει η δομή, σε συνδυασμό με την εκδήλωση ενδιαφέροντος από τους πολίτες κατά την εκάστοτε χρονική περίοδο, μπορούν να καθορίσουν τη συνεχώς μεταβαλλόμενη μορφή της δομής.

Ακολουθώντας τη λογική του τρισδιάστατου κανάβου, επάνω στον οποίο πλέκονται οι ξύλινες δοκοί, σε συνδυασμό με τα βιοσύνθετα πάνελ μικηλίου που εγγράφονται σε αυτές για την εκάστοτε χρήση, η κατασκευή δύναται να πολλαπλασιαστεί και να τροποποιηθεί κατά βούληση των χρηστών της, προσθέτοντας ή αφαιρώντας κυβικά μέτρα ξύλινων δοκών και υποδοχές για λειτουργίες εντός τους.

Έτσι, χωροθετώντας την στην έκταση της πλατείας, ενός κοινωνικού πυκνωτή, η δομή δύναται να πυκνώσει και να αραιώσει, αναλόγως με το ενδιαφέρον και την ενασχόληση των πολιτών. Σε έναν χώρο λοιπόν εφήμερα οικειοποιήσιμο, καλλιεργείται μια εφήμερη κατασκευή, η οποία παράγεται καταλώνοντας και καταστρέφεται παράγοντας θεραπεία συστατικά μέσω της βιοδιάσπασής της.





8. Διαγραμματική απεικόνιση της εξάπλωσης του μυκηλιακού ιστού, ως μοτίβου υποδοχής και συνένωσης των προτεινόμενων χρήσεων για το Myco360.



1.



2.

## Ομόκεντρη ανάλυση του Myco360

Η δομή, μιμούμενη φυσικούς βιολογικούς κύκλους, δύναται να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ανεφοδιασμού και αναγέννησης, λειτουργώντας με κυκλικές ροές συστατικών, πόρων, υλικών και ενέργειας, όπως ένα οικοσύστημα (βλ. 8)

### Εργαστήριο – Κουζίνα

Διατηρώντας ως βασικό άξονα για το σχεδιασμό τη βέλτιστη χρήση υλικών και ενέργειας, δημιουργούνται εσωτερικά της δομής παθητικά συστήματα, τα οποία σε συνεργασία με τα βήματα της διαδικασίας παραγωγής που απαιτούνται, λαμβάνουν καθοριστικό ρόλο στη χωροθέτηση των λειτουργιών.

Βασική λειτουργία του εργαστηρίου – κουζίνα αποτελεί η συλλογή και ο διαχωρισμός στην πηγή κομποστοποιήσιμων οργανικών απορριμμάτων. Η διαχείριση των οργανικών αυτών απορριμμάτων γίνεται με δύο τρόπους, είτε μέσω της κομποστοποίησης με γαιοσκώληκες, που παράγει ως τελικό προϊόν ένα εδαφοβελτιωτικό μίγμα, το κομπόστ, είτε μέσω της αποικοδόμησης από μύκητες που παράγει βιοσύνθετα προϊόντα μυκηλίου. Και οι δύο αυτές διαδικασίες συμβάλλουν και στις τροφικές ανάγκες, στην πρώτη περίπτωση προσφέροντας θρεπτικό χώμα για καλλιέργεια φυτών και στη δεύτερη παράγοντας εδώδιμα μανιτάρια.

Στις δύο πλευρικές όψεις του εργαστηρίου τοποθετούνται τα κιβώτια που έχουν σχεδιαστεί για την απόρριψη, την προσωρινή αποθήκευση, και την κομποστοποίηση των απορριμμάτων. Το κέλυφος του εργαστηρίου λοιπόν, αναλαμβάνει το ρόλο του υποδοχέα των συστατικών που θα τεθούν σε κυκλοφορία στο εσωτερικό του, αλλά και την πραγματοποίηση της μιας -εκ των δύο- διαδικασίας διαχείρισης απορριμμάτων, της παραγωγής κομπόστ.

9.1 Κεντρική προοπτική απεικόνιση του εργαστηρίου- κουζίνας

9.2 Πλευρικά του εργαστηρίου δημιουργείται συμπαγές, αλλά μεταβλητό όριο, από τη μονάδα κομποστοποιή- μυκηθής, που θέτει μια συνθήκη υλικής ανταλλαγής μεταξύ εσωτερικού- εξωτερικού χώρου. Τα υλικά που απορρίπτονται στην εξωτερική πλευρά του εργαστηρίου, παραλαμβάνονται και αξιοποιούνται στο εσωτερικό της.



Η διαδικασία παραγωγής βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου από τα οργανικά απορρίμματα, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο των πειραματισμών με το υλικό, εμφανίζει πολλές ομοιότητες με την εκτέλεση μιας μαγειρικής συνταγής. Ο χώρος του εργαστηρίου – κουζίνας λοιπόν, μπορεί να φιλοξενήσει διαδικασίες μαγειρέματος υλικών προϊόντων μυκηλίου, αλλά και τροφής. Στο εσωτερικό του τοποθετούνται πάγκοι εργασίας και χώροι αποθήκευσης των εξοπλισμών.

Για τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής μυκηλιακών προϊόντων, έχουν σχεδιαστεί, όπως θα αναλυθούν και στη συνέχεια, δύο υποδοχές πάνω στο ξύλινο κανάβο - κέλυφος. Οι πρώτες τοποθετούνται ακριβώς πάνω από τα κιβώτια απόρριψης και κομποστοποίησης, και προορίζονται για τα δύο πρώτα στάδια παραγωγής και οι επόμενες που φιλοξενούν το τελικό στάδιο της παραγωγής, σχηματίζονται στο πάνω μέρος του κελύφους του ξύλινου κανάβου του εργαστηρίου, σε επαφή με την οροφή (βλ.9).





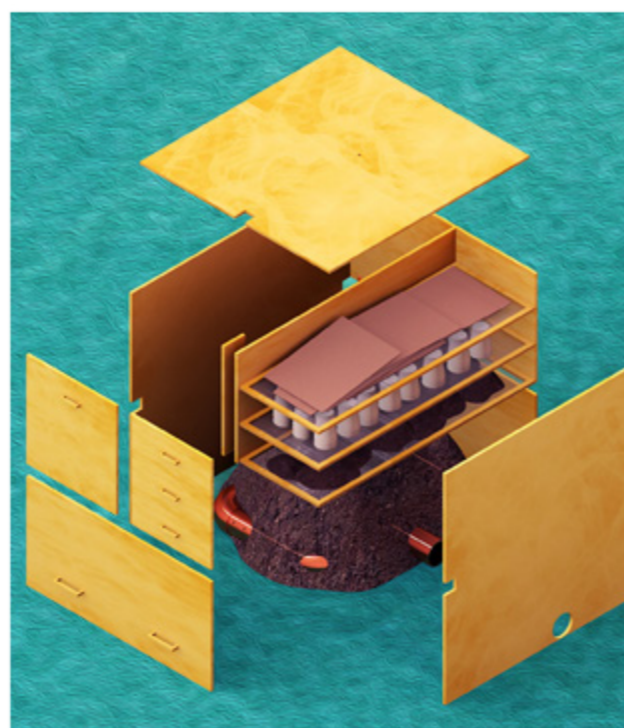
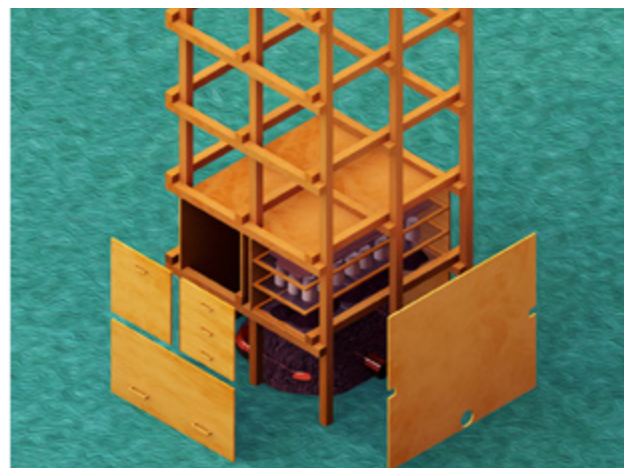


## Εσωτερικός πάγκος εργασίας

Για τις διαδικασίες εκτέλεσης των συνταγών παραγωγής υλικών και προϊόντων, βρώσιμων και μη, δύο σειρές πάγκων πλέκονται από τον τρισδιάστατο κάναβο έως το ύψος του ενός μέτρου, όπου και τοποθετούνται τα πάνελ μυκηλίου, δημιουργώντας επιφάνεια εργασίας πλάτους ενός μέτρου στον κάθε ένα (βλ. 11). Ο κάθε πάγκος έχει μήκος 7 μ., με την εκτίμηση ότι με τα συγκεκριμένα μεγέθη, στο χώρο του εργαστηρίου μπορούν να απασχοληθούν περίπου 15 – 20 άτομα. Στις άκρες των πάγκων ο ξύλινος κάναβος υψώνεται μέχρι την οροφή σε διαστάσεις 1 x 1 μ. σχηματίζοντας κολώνες. Στις πλευρικές αυτές κολώνες, τοποθετώντας καθ' ύψος πάνελ μυκηλίου, δημιουργούνται αποθηκευτικά ράφια για τα εργαλεία και τα σκεύη που είναι απαραίτητα για το μαγείρεμα.



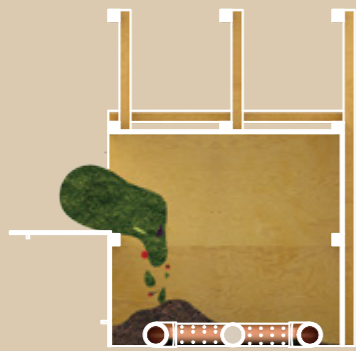




## Κιβώτιο απόρριψης και κομποστοποίησης

Τα κιβώτια απόρριψης οργανικών απορριμμάτων και κομποστοποίησης αποτελούν τις δύο πρώτες υψομετρικά, δηλαδή έως το ένα μέτρο ύψος, στρώσεις του κανάβου του ανατολικού και δυτικού κελύφους (βλ. 12). Στις δεξιά υποδοχές απορρίπτονται οποιαδήποτε μικρής κλίμακας προϊόντα και παραπροϊόντα ξυλείας, όπως χαρτικά, και ποσότητες χρησιμοποιημένου καφέ. Τα τρία αυτά συρτάρια αφορούν στα απορρίμματα που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά υποστρώματα για την παραγωγή βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου, καθώς, σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αποτελούν πολύ καλό μέσο ανάπτυξης για το μύκητα (βλ. 16). Για το λόγο αυτό τα συρτάρια αυτά είναι διπλής κατεύθυνσης, ανοίγουν δηλαδή και προς το εσωτερικό του εργαστηρίου, δίνοντας τη δυνατότητα παραλαβής του περιεχομένου τους προς χρήση (βλ. 18). Ταυτόχρονα, η επιλογή της χρήσης του καφέ και των προϊόντων χαρτιού γίνεται σε ένα πλαίσιο διαχείρισης των απορριφθέντων προϊόντων των καταστημάτων παραγωγής καφέ, καθώς αποτελούν σημαντικό μεγέθους αναξιοποίητο όγκο οργανικών απορριμμάτων, εντός του αστικού ιστού (βλ. 19). Όλα τα παραπάνω απορρίμματα βέβαια, μπορούν και να κομποστοποιηθούν σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή προϊόντων μυκηλίου, για αυτό και όταν οι θήκες τους έχουν συρθεί προς το εσωτερικό, τα απορριφθέντα υλικά πέφτουν απευθείας στο κατώτερο μέρος του κιβωτίου, όπου γίνεται η κομποστοποίηση. Ο καφές μάλιστα, δύναται να χρησιμοποιηθεί και στις δύο διαδικασίες, καθώς μπορεί να αποτελέσει σημαντικό συστατικό παράγοντα επιτάχυνσης της διαδικασίας της κομποστοποίησης (βλ. 17).

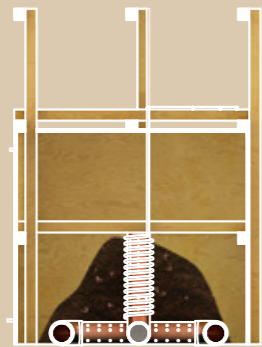
Η επόμενη υποδοχή του κιβωτίου λοιπόν, προορίζεται για όλα τα οργανικά απορρίμματα, που είναι κομποστοποιήσιμα, τα οποία καταλήγουν απευθείας εντός του μεγαλύτερου κατώτερου κιβωτίου (βλ. 13).



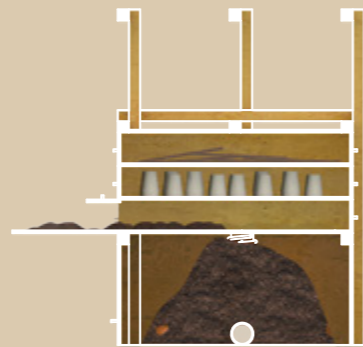
13. Τομή γ



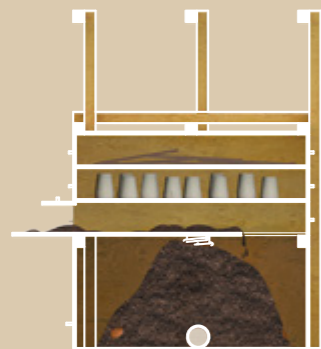
14. Τομή γ



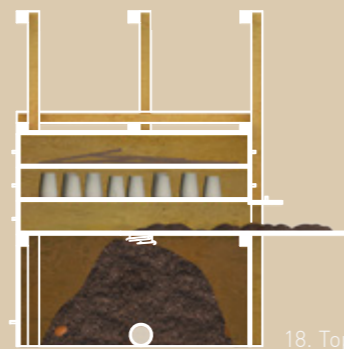
15. Τομή β



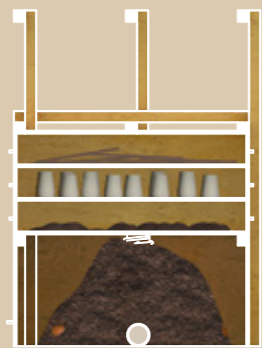
16. Τομή α



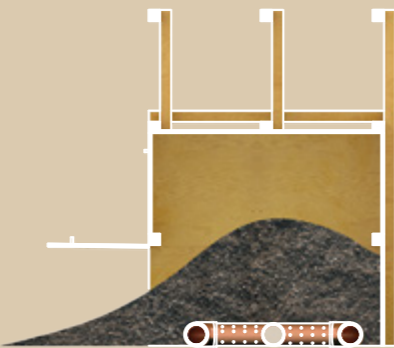
17. Τομή α



18. Τομή α



19. Τομή α



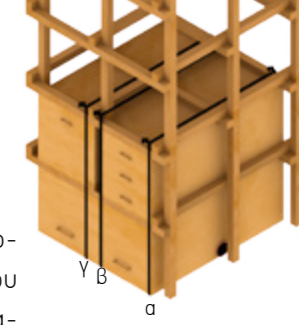
20. Τομή γ

πραγματοποιείται η διαδικασία της κομποστοποίησης μέσω γαιοσκωλήκων, από την οποία τελικώς παράγεται ένα μίγμα κομπόστ, που αποτελεί βελτιωτικό εδάφους (βλ. 14). Το τελικό αυτό προϊόν παραλαμβάνεται από το κατώτερο άνοιγμα του κιβωτίου, όταν είναι έτοιμο (βλ. 20). Στο εσωτερικό του κιβωτίου κομποστοποίησης τοποθετείται ανακυκλωμένος χαλκοσωλήνας διαμέτρου 10 εκ., στον οποίο έχουν ανοιχτεί οπές 8 χιλ., και εξυπηρετεί τον αερισμό του κομποστοποιητή, προς αποφυγή αύξησης της απαιτούμενης υγρασίας (βλ. 15).

Η κομποστοποίηση είναι μια φυσική διεργασία, κατά την οποία οι γαιοσκωλήκες καταναλώνουν, αποικοδομούν και αποβάλλουν τις οργανικές ουσίες, μετατρέποντάς τες σε πλούσιες αζωτούχες ενώσεις, θρεπτικές για τα φυτά. Για την επιτυχημένη δράση των γαιοσκωλήκων, βακτηρίων και μυκήτων που συντελούν τη διεργασία αυτή, απαιτούνται συγκεκριμένες συνθήκες υγρασίας και αερισμού της σωρού των οργανικών απορριμμάτων προς κομποστοποίηση, αλλά και σωστές αναλογίες «καφέ» και «πράσινων» υλικών. «Καφέ» ονομάζονται τα υλικά που είναι πλούσια σε άνθρακα και «πράσινα» σε άζωτο, με την συνήθη αναλογία να κυμαίνεται στο 3:1.<sup>53</sup>

Η κομποστοποίηση αποτελεί τη λύση με τα υψηλότερα ποσοστά ανάκτησης θρεπτικών συστατικών και ενέργειας από τις οργανικές ουσίες.

Το προκύπτον αυτό προϊόν, το κομπόστ ή αλλιώς χούμους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα σε καλλιέργειες, για διαμόρφωση περιβάλλοντος σε αστικές περιοχές, κλοφορία ταρτσών, αποκατάσταση εδαφών, αναδασώσεις, αλλά και



γ β α

53. Σύνθεση των πηγών: U. de Bertoldi-Schnappinger, 2007., Λαζαρίδη, Κουλουμπής, Σκουλάξινου, Κανακόπουλος, Λώλος, 2002.

ως υλικό βιοφίλτρου και υλικό ηχομόνωσης.<sup>54</sup> Στην κατασκευή του κομποστοποιητή λοιπόν, δύνανται από το ίδιο το προϊόν που παράγει να κατασκευαστεί βιοφίλτρο που τοποθετείται στο χαλκοσωλήνα αερισμού προς απορρόφηση πιθανών οσμών.

Αποτέλεσμα επίσης της μικροβιακής αποδόμησης, αποτελεί η παραγωγή ενέργειας, οδηγώντας στην αύξηση της θερμοκρασίας των αποδομώμενων υλικών. Η αύξηση αυτή συμβαίνει εσωτερικά της σωρού των αποικοδομώμενων σωματιδίων, με τις εξωτερικές τους στρώσεις να προσφέρουν θερμομόνωση, διατηρώντας τη θερμότητα στο κέντρο. Ιδανικές θερμοκρασιακές συνθήκες εντός μιας σωρού κομποστοποίησης θεωρούνται αυτές μεταξύ 50 και 65 °C, ανάλογα τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες, φροντίδα και υλικά προς αποδόμηση.<sup>55</sup>

Προς αξιοποίηση της παραγόμενης αυτής θερμότητας, στο κέντρο του κιβωτίου κομποστοποίησης στον πυρήνα της σωρού, γύρω από τον σωλήνα αερισμού «τυλίγεται» χαλκοσωλήνας διαμέτρου 11 κιλ. (βλ. 15). Ο σωλήνας αυτός οδηγεί τη θερμότητα, κατακόρυφα προς τα επάνω, στην υποδοχή που τοποθετείται εντός του κανάβου πάνω ακριβώς από το κιβώτιο κομποστοποίησης (καθώς ο θερμός αέρας κατευθύνεται προς τα επάνω), στην οποία αναπτύσσονται τα προϊόντα μυκηλίου, για τα στάδια παραγωγής που απαιτούν θερμό περιβάλλον.

Η παραγωγή βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου, που είναι η δεύτερη διαδικασία διαχείρισης των οργανικών απορριμμάτων, αποτελείται, όπως αναλύθηκε και στη συνταγή που συντάχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, από μια σειρά βημάτων μαγειρέματος και απαιτεί συγκεκριμένες συνθήκες στο εκάστοτε στάδιο της. Καταγράφοντας τις διαφορετικές εμπειρίες υλοποίησης αυτών των διαδικασιών, εντός ενός εργοστασιακού χώρου παραγωγής μανιταριών και εντός της οικιακής κουζίνας και μελετώντας τις ομοιότητες μεταξύ εργαστηρίου και κουζίνας αλλά και της ίδιας της συνθήκης μαγειρέματος, δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη δοκιμή μιας δυναμικής συγχώνευσης των δύο. Στο εργαστήριο που σχεδιάζεται λοιπόν, οι λειτουργίες χωροθετούνται ως αποτέλεσμα των βημάτων που χρειάζεται να ακολουθηθούν για την παραγωγή ενός προϊόντος μυκηλίου. Η τελική κατασκευή δύνανται να αξιοποιηθεί από τον εκάστοτε χρήστη, για οποιαδήποτε διαδικασία μαγειρέματος, είτε υλικού είτε βρώσιμου προϊόντος, σε μια απόπειρα δημιουργίας προσβάσιμων μέσω παραγωγής, απλοποιώντας στο μέγιστο βαθμό τις διαδικασίες, με συνταγές ανοικτές, αναζητώντας την πυροδότηση κοινωνικής συμπαραγωγής μέσω του υλικού πειραματισμού, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια.

Εντός του εργαστηρίου λοιπόν, η διαδικασία παραγωγής βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου εκκινείται μέσω της απόκτησης της πρώτης ύλης προς αποικοδόμηση, την οποία αποτελούν, όπως αναφέρθηκε, τα οργανικά απορρίμματα καφέ και προϊόντων και παραπροϊόντων ξύλου (π.χ. χαρτόνια και πριονίδι), που απορρίπτονται στα πλευρικά κιβώτια. Μέσω τον διπλής κατεύθυνσης συρταριών, τα υλικά αυτά παραλαμβάνονται από το κέλυφος - υποδοχέα, από την εσωτερική πλευρά του εργαστηρίου, όπου ακολουθώντας τη συνταγή παραγωγής, ετοιμάζονται, απολυμαίνονται, αναμιγνύονται με τον αποικισμένο σπόρο μυκηλίου και τοποθετούνται σε καλούπια. Η μορφή και το υλικό των καλουπιών παραγωγής μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών, προς δυναμική παραγωγή οποιουδήποτε προϊόντος.

54. Λαζαρίδη, Κουλουμπής, Σκουλάξινου, Κανακόπουλος, Λώλος, 2002.

55. Μανιός Θ., 2016.





## Μυκοπάνελ

Χάρτινα καλούπια διαστάσεων 0,50 x 0,45 x 0,05 μ. σχηματίζουν τα 'μυκοπάνελ', βιοσύνθετα πάνελ μυκηλίου τα οποία εφαρμόζουν οριζόντια εντός ενός τετραγώνου του ξύλινου κανάβου και σχηματίζουν επιφάνειες προς χρήση (κάθισμα, εργασία, αποθήκευση κλπ.), αναπαράγοντας την ίδια την κατασκευή. Σε οποιοδήποτε σημείο ολόκληρης της κατασκευής, τα μυκοπάνελ, εκτός από επιφάνειες καθίσματος είτε εργασίας, μπορούν να εφαρμόσουν οριζόντια εντός του ξύλινου κανάβου που πλέκει την οροφή, αξιοποιώντας τη θερμομονωτική ιδιότητα του υλικού του μυκηλίου, προς δημιουργία συνθηκών δροσισμού είτε σκίασης, ανάλογα τις ανάγκες και την εποχή.



## Mycocup

Ένα ακόμα βιοσύνθετο προϊόν μυκηλίου, το οποίο παράξαμε και εμείς κατά τις πειραματικές διαδικασίες, είναι το mycocup, όπως το ονομάσαμε. Καθώς γίνεται μια προσπάθεια επανάχρησης και διαχείρισης των οργανικών απορριμμάτων των καφετεριών, το mycocup χρησιμοποιεί ως καλούπι χάρτινο χρησιμοποιημένο ποτήρι καφέ, εντός του οποίου θα αναπτυχθεί το μυκήλιο. Από τη σύνθεση αυτή προήλθε και η ονομασία του. Στο εσωτερικό γεμίζεται με υπολείμματα καφέ και άλλων χάρτινων οργανικών στοιχείων (όπως για παράδειγμα πολτοποιημένη βάση των





ποτηριών) και σπόρο εμβολιασμένο με μυκήλιο, αφήνοντας μια τρύπα στο κέντρο του. Καθώς το μυκήλιο αποικίζει όλα τα οργανικά του υλικά, το mycosup παράγει μανιτάρια και έπειτα αποξηραίνεται (βλ. 22). Στη συνέχεια δύνανται να γεμίσει με χώμα και εδαφοβελτιωτικό κομπόστ, ενώνοντας έτσι τις δύο θρεπτικές απορροές των διεργασιών της δομής, και να χρησιμοποιηθεί ως σπορείο (kick starter). Αφού ο σπόρος φυτρώσει, το mycosup μπορεί να φυτευτεί ολόκληρο μαζί με το φυτό, στο χώμα είτε σε γλάστρα. Μέσα στο χώμα το βιοσύνθετο μυκηλιακό προϊόν θα βιοδιασπαστεί προσφέροντας θρεπτικές χημικές ουσίες στο αναπτυσσόμενο φυτό, δυνητικά στα πρότυπα της συμβίωσης των μυκορριζών.

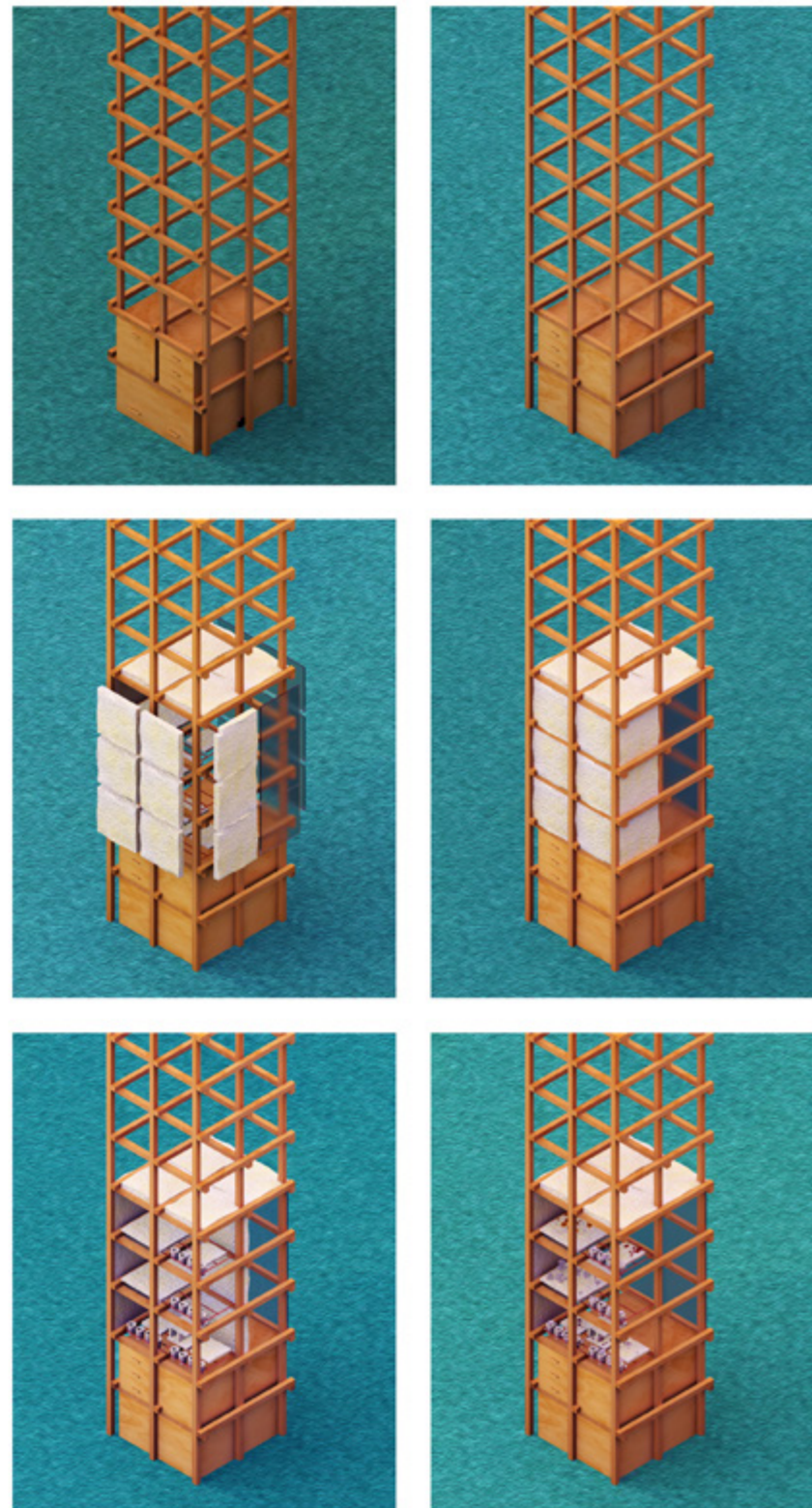
### Μυκοθήκη

Τα καλούπια παραγωγής μυκηλιακών προϊόντων όταν γεμίζουν με το μίγμα οργανικών απορριμμάτων και σπόρου μυκηλίου, τοποθετούνται εντός των υποδοχών της «μυκοθήκης», προκειμένου να εκκινήσει το πρώτο στάδιο αποικισμού. Την κατασκευή της μυκοθήκης υποδέχεται ο ξύλινος κάναβος εντός του δυτικού και ανατολικού κελύφους, ακριβώς πάνω από τα κιβώτια απόρριψης και παραγωγής κομπόστ, στο μισό κυβικό μέτρο της εσωτερικής πλευράς του. Τις επιφάνειες τοποθέτησης των καλουπιών σχηματίζουν οι χαλκοσωλήνες θέρμανσης που δημιουργούν οριζόντια ράφια (σαν καλοριφέρ), σε συνέχεια του σωλήνα που περνά από τον πυρήνα του κομπόστ και μεταφέρει θερμότητα. Τα ράφια αυτά πλαισιώνονται και κλείνουν με στεγανοποιημένα πάνελ μυκηλίου, λειτουργώντας ως θερμομονωτικό υλικό, ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες αποικισμού για το μύκητα (βλ. 23).

Εκεί εκτελείται το 1<sup>ο</sup> στάδιο της διαδικασίας παραγωγής προϊόντων μυκηλίου, όπου οι ζητούμενες συνθήκες είναι, ζεστό περιβάλλον (θερμοκρασία μεταξύ 18-25 °C), το οποίο παρέχεται από τη θερμό-

22. Mycosup  
Στην πάνω φωτογραφία φρέσκα δείγματα. Στις κάτω, αποξηραμένα.





23. Αξονομετρική ανάλυση μυκοθήκης

τητα που μεταφέρουν οι σωλήνες από την κομποστοποίηση, σκοτάδι, το οποίο δημιουργούν οι επιφάνειες μυκηλίου που ντύνουν πλευρικά τον ξύλινο κάναβο, και υγρασία, που εξασφαλίζεται με ψεκασμούς με φιλτραρισμένο νερό που συλλέγεται στη δομή (βλ. 24).

Η δομή φτιάχνεται με τέτοιο τρόπο ώστε όταν τα καλούπια είναι έτοιμα να περάσουν στο 2<sup>ο</sup> στάδιο της παραγωγής, να μην απαιτείται η μετακίνησή τους, αλλά να γίνεται μια επιτόπια τροποποίηση των περιβαλλοντικών τους συνθηκών (βλ. 21, 26). Η παροχή θερμότητας σταματά, αποκόποντας τον αέρα μέσω μιας βάνας που βρίσκεται στη βάση της κατασκευής, εφόσον η ζητούμενη πλέον θερμοκρασία είναι χαμηλότερη (έως 18°C). Καθώς το στάδιο αυτό απαιτεί φωτεινό περιβάλλον, το πάνελ μυκηλίου που ντύνει την πλάτη του κιβωτίου αφαιρείται, εκθέτοντας τα καλούπια προς το εξωτερικό της δομής, από όπου προστατεύονται με ένα ημιδιάφανο λεπτό φύλλο ξύλου<sup>56</sup>, το οποίο επιτρέπει μέρος του φωτός εντός των ραφιών. Σε αυτό το στάδιο της παραγωγής, το μυκήλιο αναπτύσσει τα καρποσώματα μανιταριών, το «μεγάλωμα» των οποίων, χάρη στη διαπερατότητα του εξωτερικού φλοιού της μυκοθήκης, μπορεί να είναι ορατό από το εξωτερικό του εργαστηρίου (βλ. 25). Εκτός από δροσερό και φωτεινό περιβάλλον, το στάδιο αυτό απαιτεί και αυξημένα επίπεδα υγρασίας, τα οποία διασφαλίζονται μέσω περιστασιακών ψεκασμών με το φιλτραρισμένο βρόχινο νερό που συλλέγεται εντός της δομής.



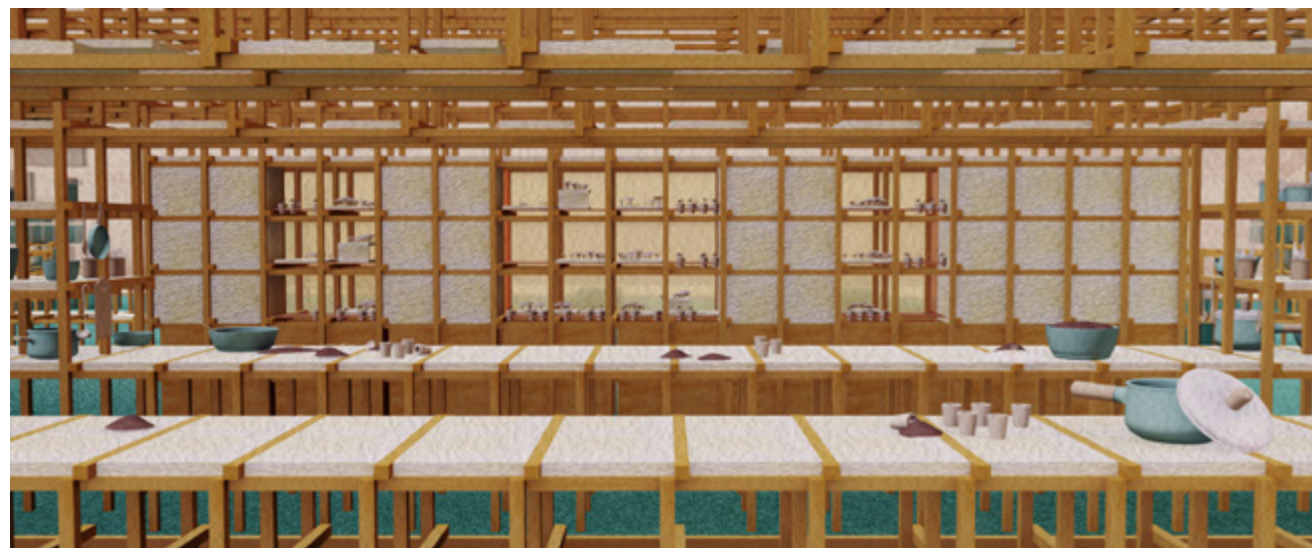
56. Με μια τεχνική χημικής επεξεργασίας,\* τα καφέ χρωμοφόρα του ξύλου, γίνονται λευκά και το ξύλο γίνεται ημιδιαφανές, αποτελώντας ιδανικό υλικό για ένα περιβάλλον φωτεινό, χωρίς άμεση ηλιακή ακτινοβολία και θερμομονωμένο. Το ξύλο που χρησιμοποιείται μέχρι στιγμής σε αυτή την τεχνική είναι του μπάλσα, ενός από τα πιο ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα. \*Πηγή: Viktor Karl'a, 2018.



24. Αριστερά, εσωτερική όψη και δεξιά, εγκάρσια Τομή α, μονάδας κομποστοποιητή- μυκοθήκης, για το πρώτο στάδιο ανάπτυξης.  
Κλ. 1:20

25. Αριστερά, εσωτερική όψη και δεξιά, εγκάρσια Τομή α, μονάδας κομποστοποιητή- μυκοθήκης, για το δεύτερο στάδιο ανάπτυξης.  
Κλ. 1:20



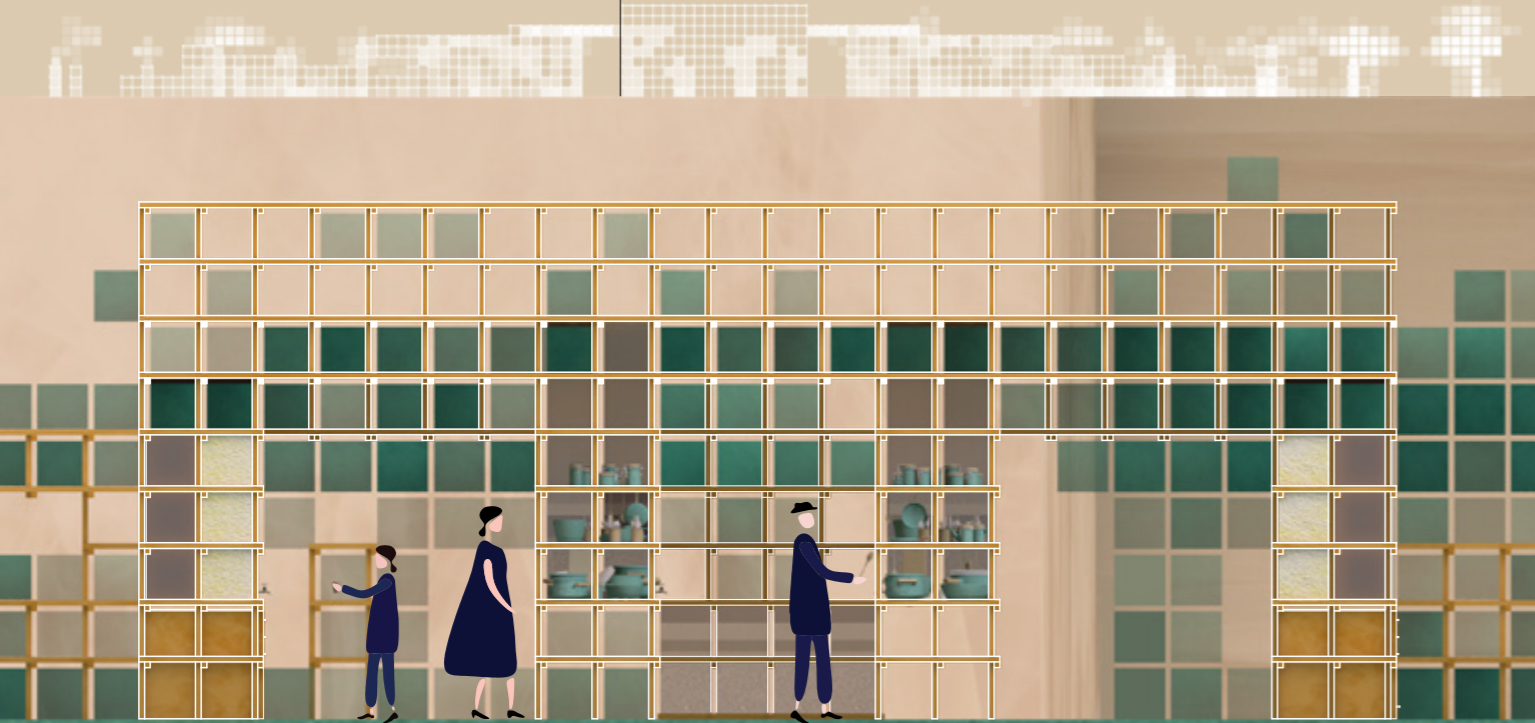


## Μυκοξήρανση

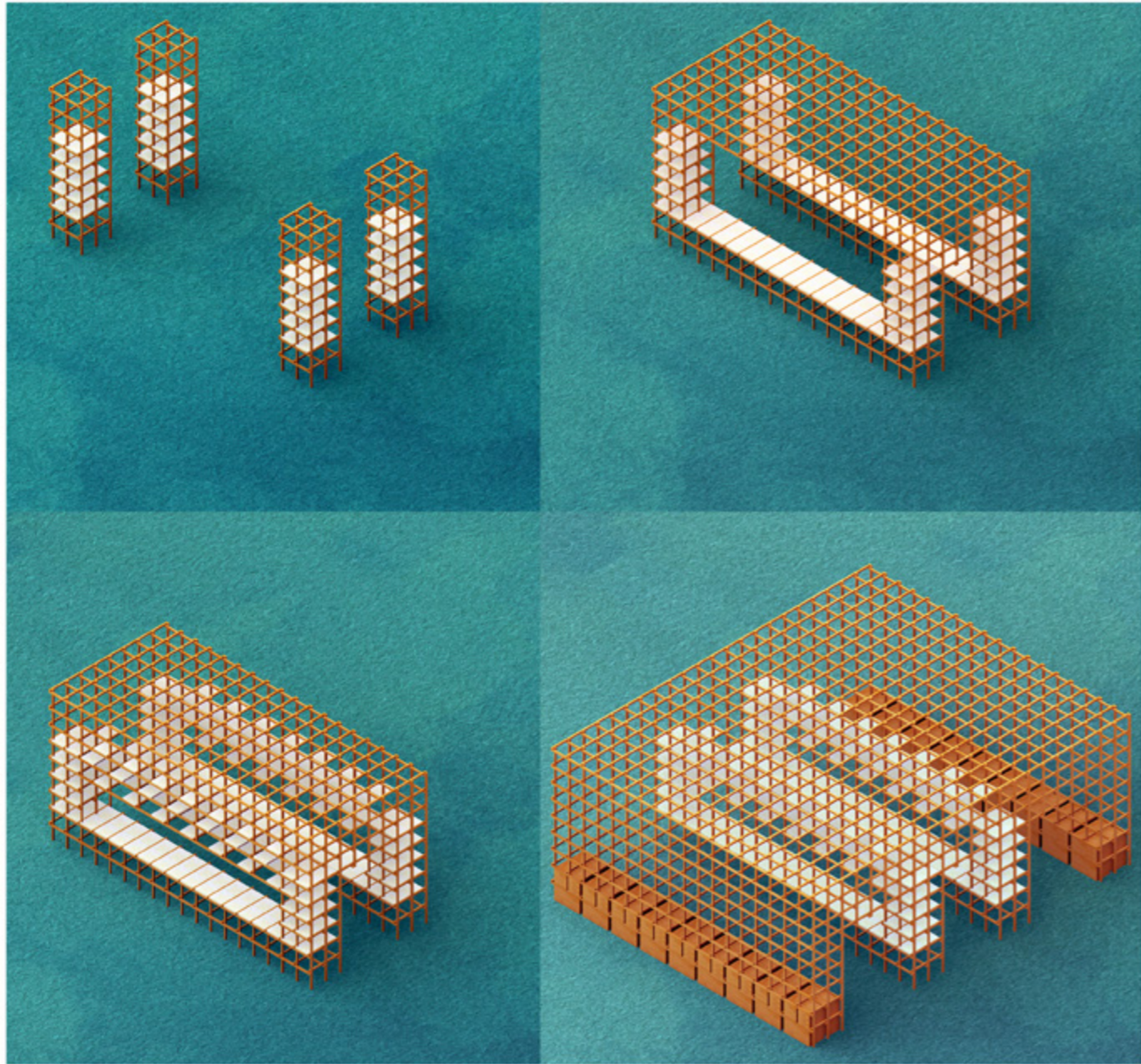
Το 3<sup>ο</sup> και τελευταίο στάδιο της παραγωγής αποτελεί η ξήρανση των βιοσύνθετων προϊόντων μυκηλίου, απαραίτητη ώστε να γίνει παύση της μυκηλιακής ανάπτυξης και το υλικό να μετατραπεί σε ένα έτοιμο προς χρήση προϊόν. Για τη διαδικασία αυτή, καθώς απαιτείται αρκετά υψηλή θερμοκρασία, αξιοποιείται η ηλιακή θερμότητα. Οι υποδοχές ξήρανσης είναι παρόμοιες με την κατασκευή της μυκοθήκης, με τη διαφορά ότι καθώς ζητείται πιο άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αυτές περιστρέφονται 90 μοίρες σε οριζόντια κατεύθυνση, προς το πάνω μέρος της οροφής από όπου εισέρχεται κάθετα η ακτινοβολία. Ο ξύλινος κάναβος πλέκει σειρές ραφιών πάνω από τους πάγκους εργασίας, οι οποίες κατεβαίνουν από την οροφή (βλ. 11, 26). Εκεί τοποθετούνται τα προϊόντα προς ξήρανση, με την ημιδιάφανη επιφάνεια ξύλου, να τα προστατεύει σε στραμμένη και αυτή σε οριζόντια θέση, υιοθετώντας και το ρόλο ενός διαμπερούς υλικού κάλυψης της οροφής του χώρου του εργαστηρίου – κουζίνας.



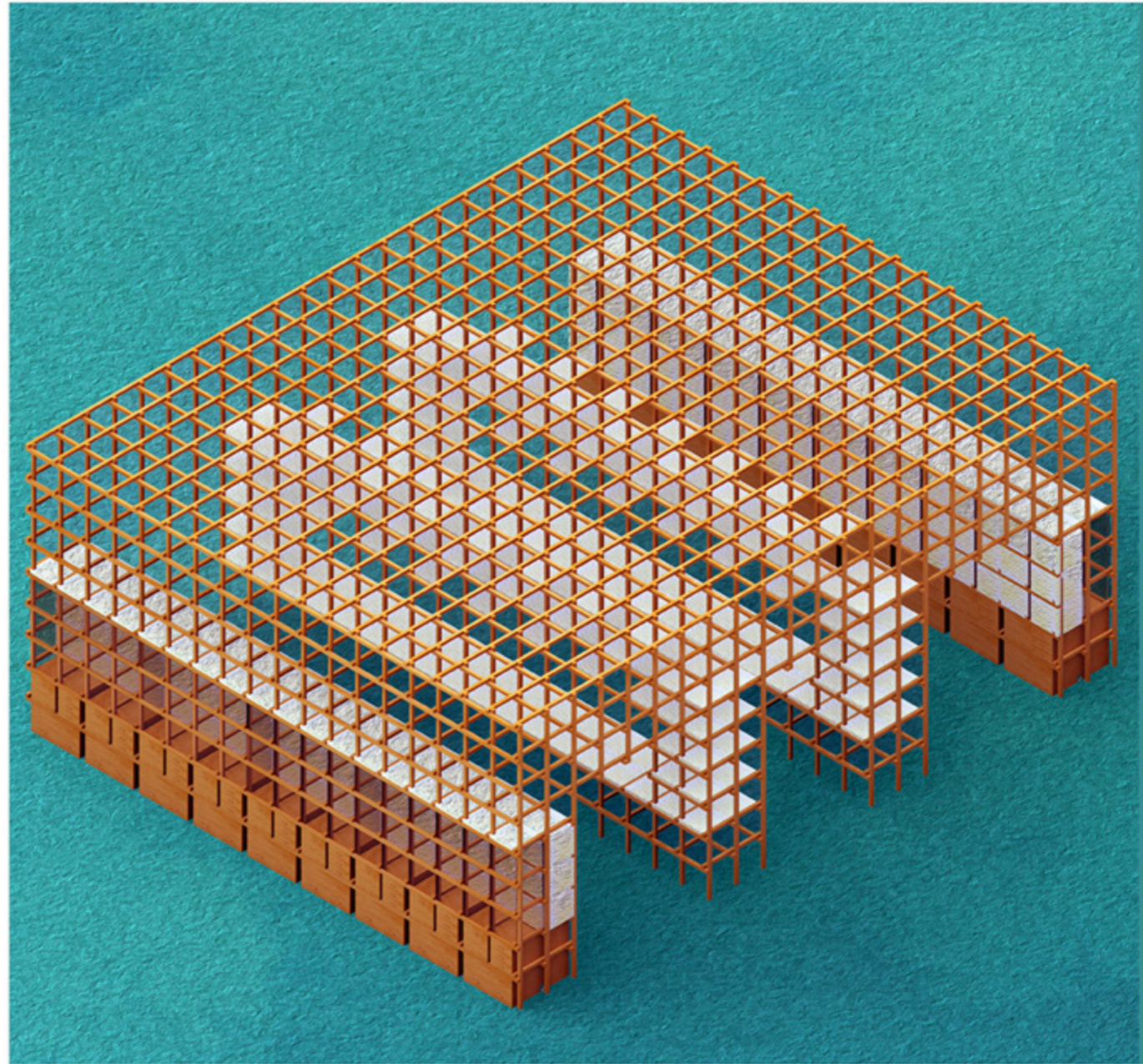
γραμμή τομής





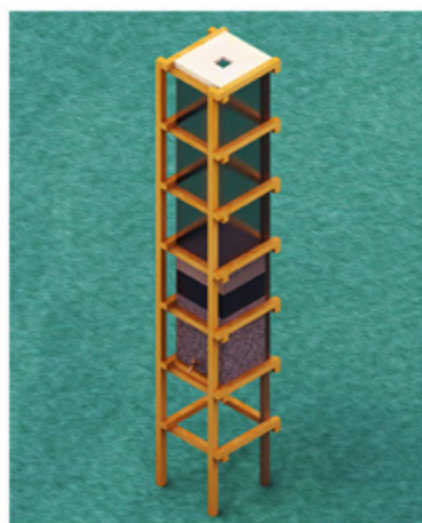
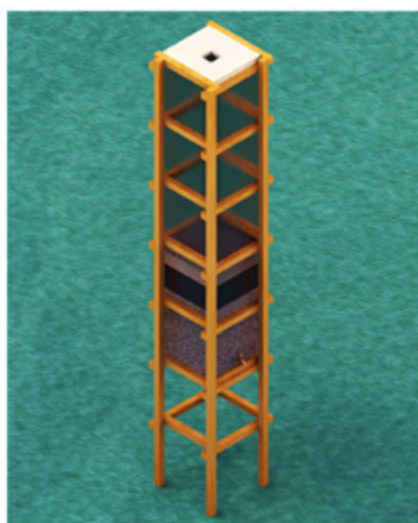
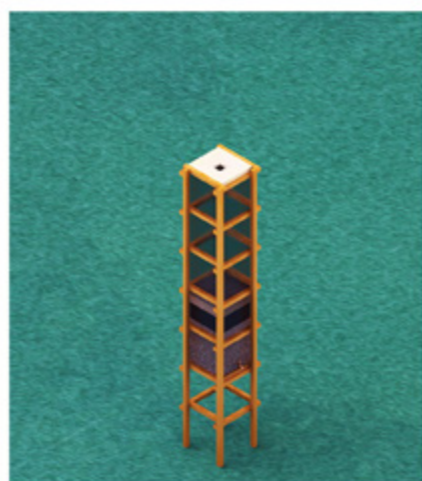
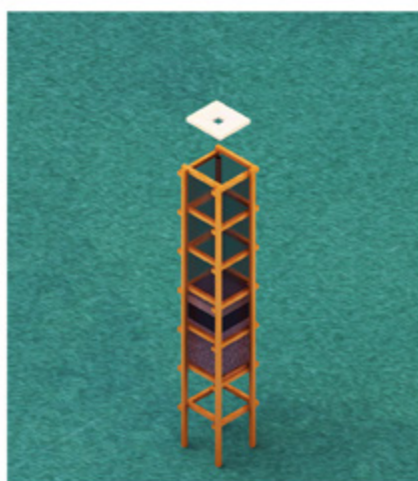
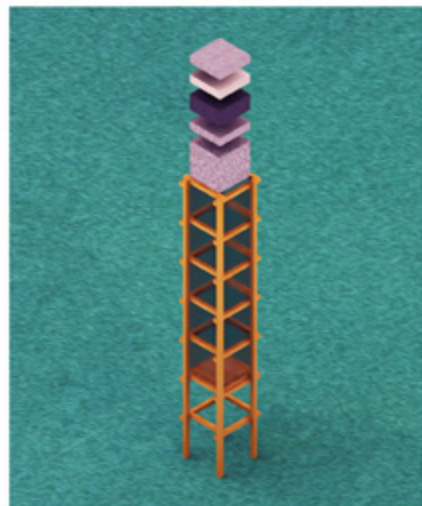
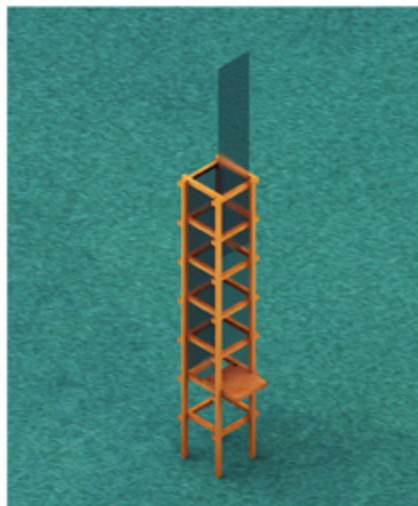


28. Δομική ερμηνεία της ομόκεντρης εξάπλωσης του μυκηλίου. Ο τρισδιάστατος κάναβος πλέκεται από το κέντρο προς την περιφέρεια της πλατείας για να ενσωματώσει τις λειτουργίες τις δομής.



29. Αξονομετρική απεικόνιση της πρώτης ζώνης της δομής, δηλαδή του εργαστηρίου- κουζίνας. Περιλαμβάνει τους πάγκους εργασίας, τα ράφια ξήρανσης και τις μονάδες μυκοθήκη- κομποστοποιή.





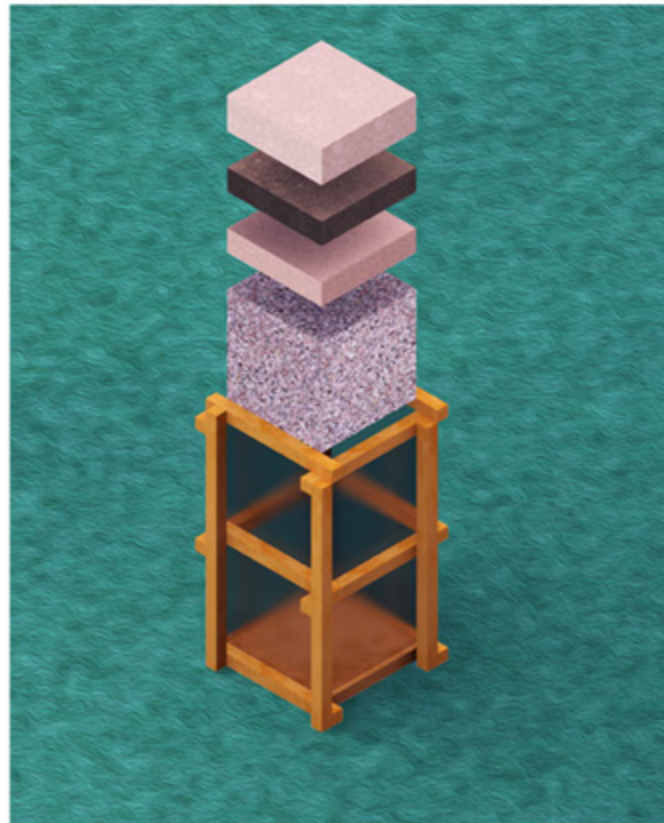
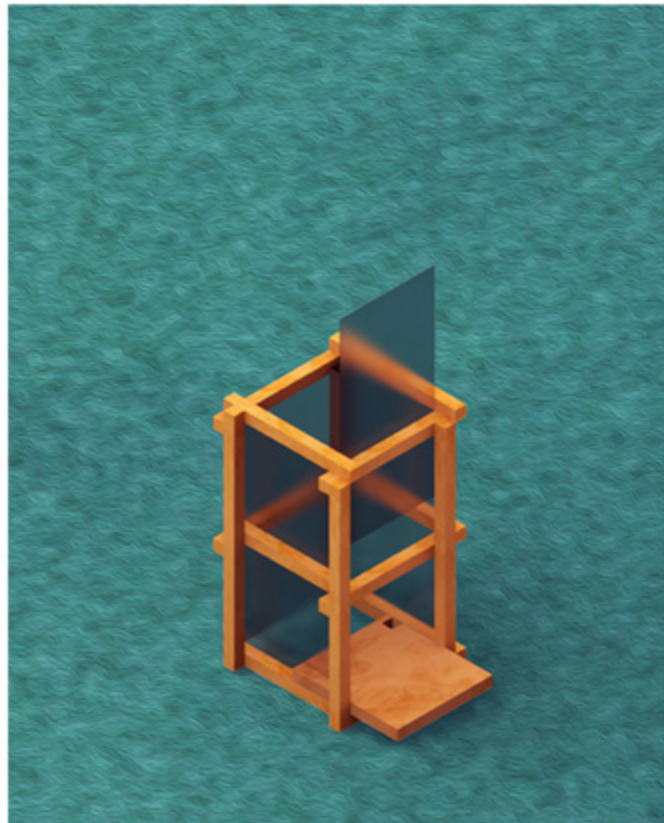
## Νεροκολώνες

Στην προσπάθεια παροχής συστημάτων αυτόνομων πόρων εντός της δομής, η κάλυψη των αναγκών νερού απαντάται με τον σχεδιασμό υποδοχών του ξύλινου κανάβου, όπου πραγματοποιείται συλλογή και φιλτράρισμα του βρόχινου νερού.

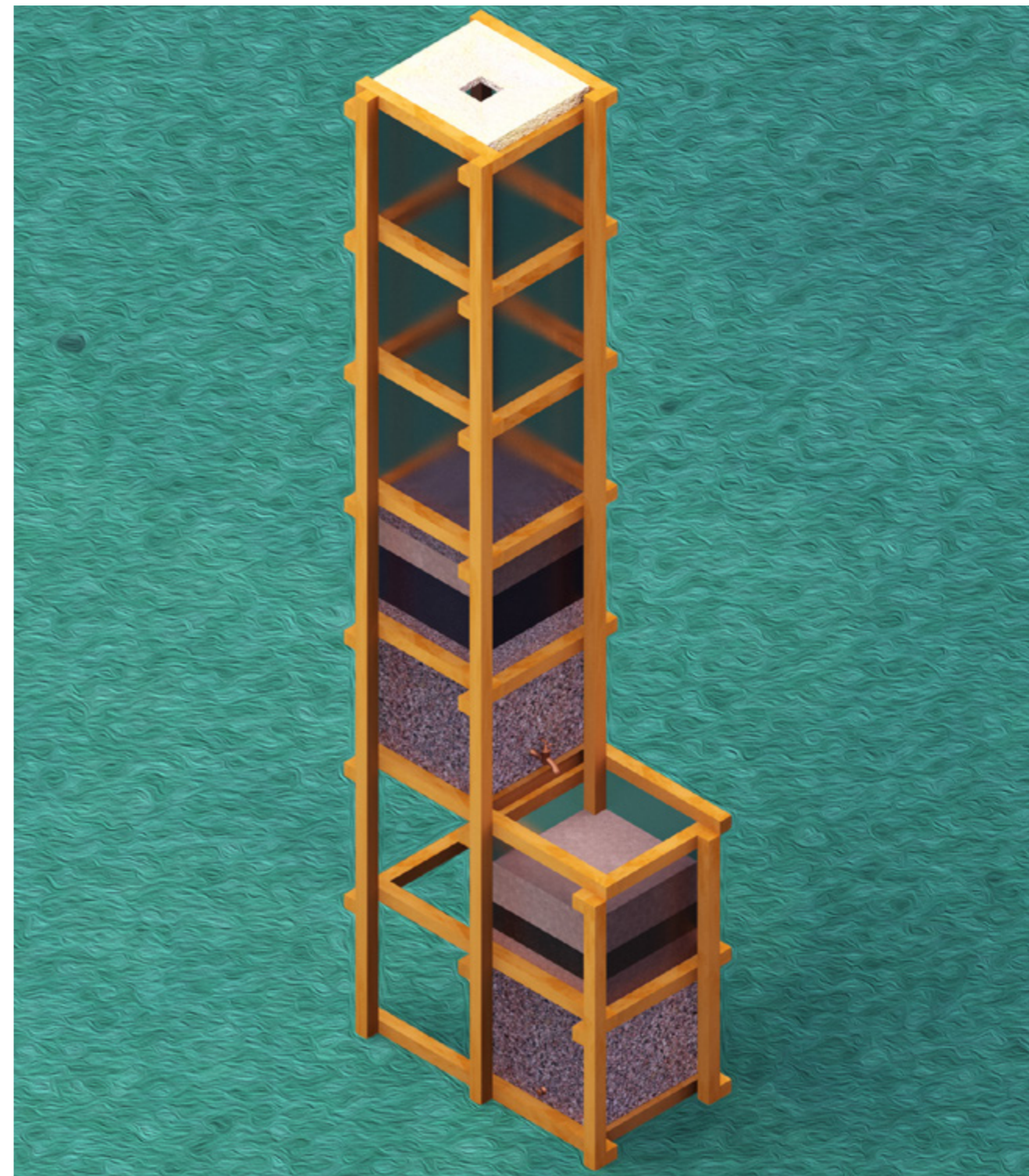
Πρόκειται για μια κατακόρυφη ανάπτυξη του κανάβου, σε μια κολώνα 0,5 x 0,5 μ., της οποίας το ύψος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την κατασκευή που την πλαισιώνει και τις ανάγκες στην εκάστοτε τοποθέτησή της. Στην κορυφή εφαρμόζει μυκοπάνελ το οποίο έχει κατασκευαστεί με κλίσεις που καταλήγουν σε μια κεντρική οπή, από όπου γίνεται η συλλογή νερού. Εσωτερικά του ξύλινου πλέγματος της κολώνας τοποθετούνται πλευρικά φύλλα ημιδιάφανου ξύλου, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία είναι θεμιτή προκειμένου να θερμαίνεται το νερό, τα οποία διαμορφώνουν το δοχείο στο οποίο συλλέγεται το νερό, έχοντας ως βάση μια επιφάνεια ξύλου στις διαστάσεις του μυκοπάνελ, που εφαρμόζει οριζόντια στον κανάβο. Εντός του δοχείου στρώνονται σε ύψος δύο τετραγώνων του κανάβου, δηλαδή ενός μέτρου, υλικά που φιλτράρουν το βρόχινο νερό, καθιστώντας το ασφαλές προς χρήση για τις διαδικασίες μαγειρέματος, ψεκασμών και ποτίσματος. Στο επάνω κουτί του κανάβου τα υλικά ξεκινώντας από επάνω προς τα κάτω αποτελούν: ένα χαλί μυκηλίου, 0,1 μ. χαλίκι διαμέτρου ενός εκατοστού, 0,1 μ. άμμο, 0,2 μ. ενεργού άνθρακα και ξανά 0,1 μ. χαλίκι διαμέτρου ενός εκατοστού. Στη συνέχεια το νερό φτάνει στο κάτω κουτί του κανάβου το οποίο είναι γεμάτο με 0,5 μ. χαλίκι μεγαλύτερης διαμέτρου δύο εκατοστών, όπου και παραμένει φιλτραρισμένο μέχρι να χρησιμοποιηθεί, ανοίγοντας το βρυσάκι που εφαρμόζει εκεί. Το κατακόρυφο στοιχείο του κανάβου που βρίσκεται εσωτερικά του ημιδιάφανου δοχείου συλλογής, είναι αδιαβροχοποιημένο και δύναται να λειτουργήσει ως σωλήνας υπερχειλίσας (βλ.30).

Σε ομόκεντρη μετάθεση πλευρικά του εργαστηρίου προς τη βόρεια και νότια διεύθυνση, οι ξύλινες 1 x 1 μ. κολώνες του κανάβου που συγκρατούν την οροφή υποδέχονται η κάθε μια από τέσσερις κολώνες συλλογής και φιλτραρίσματος





31. Σταδιακή αξονομετρική σύνθεση στοιχείου ανακύκλωσης του συλλεγμένου χρησιμοποιημένου νερού



32. Αξονομετρική απεικόνιση ενιαίας μονάδας συλλογής και ανακύκλωσης νερού





νερού, προς κάλυψη των αναγκών της κουζίνας (βλ. 35). Ανάμεσά τους πλέκεται ο ξύλινος κανάβος, ο οποίος όταν φτάνει στο ύψος των πάγκων υποδέχεται δοχεία παρόμοια με αυτά της συλλογής, τα οποία ανακυκλώνουν το νερό που χρησιμοποιείται εντός του εργαστηρίου, καθιστώντας το ασφαλές να αξιοποιηθεί ξανά για πότισμα των φυτών (βλ. 33).

Στα δοχεία αυτά ανακύκλωσης, τα υλικά φιλτραρίσματος συγκροτούνται και πάλι εντός πλευρικών ξύλινων ημιδιάφανων επιφανειών με ξύλινη βάση, φτάνοντας και αυτά το ύψος δυο τετραγώνων του κανάβου, δηλαδή ενός μέτρου. Από πάνω το δοχείο διαθέτει 0,15 μ. κενό χώρο στον οποίο το χρησιμοποιημένο νερό απορρίπτεται. Ακολουθούν 0,15 μ. καθαρής άμμου, 0,1 μ. μίγματος άμμου με πριονίδι και 0,1 μ. χονδροειδής άμμος. Το νερό καταλήγει ομοίως με τις άλλες κολώνες σε 0,5 μ. χαλίκι διαμέτρου δύο εκατοστών, από όπου και συλλέγεται ανοίγοντας ένα πώμα υποδοχής λάστιχου ποτίσματος (βλ. 31, 32).

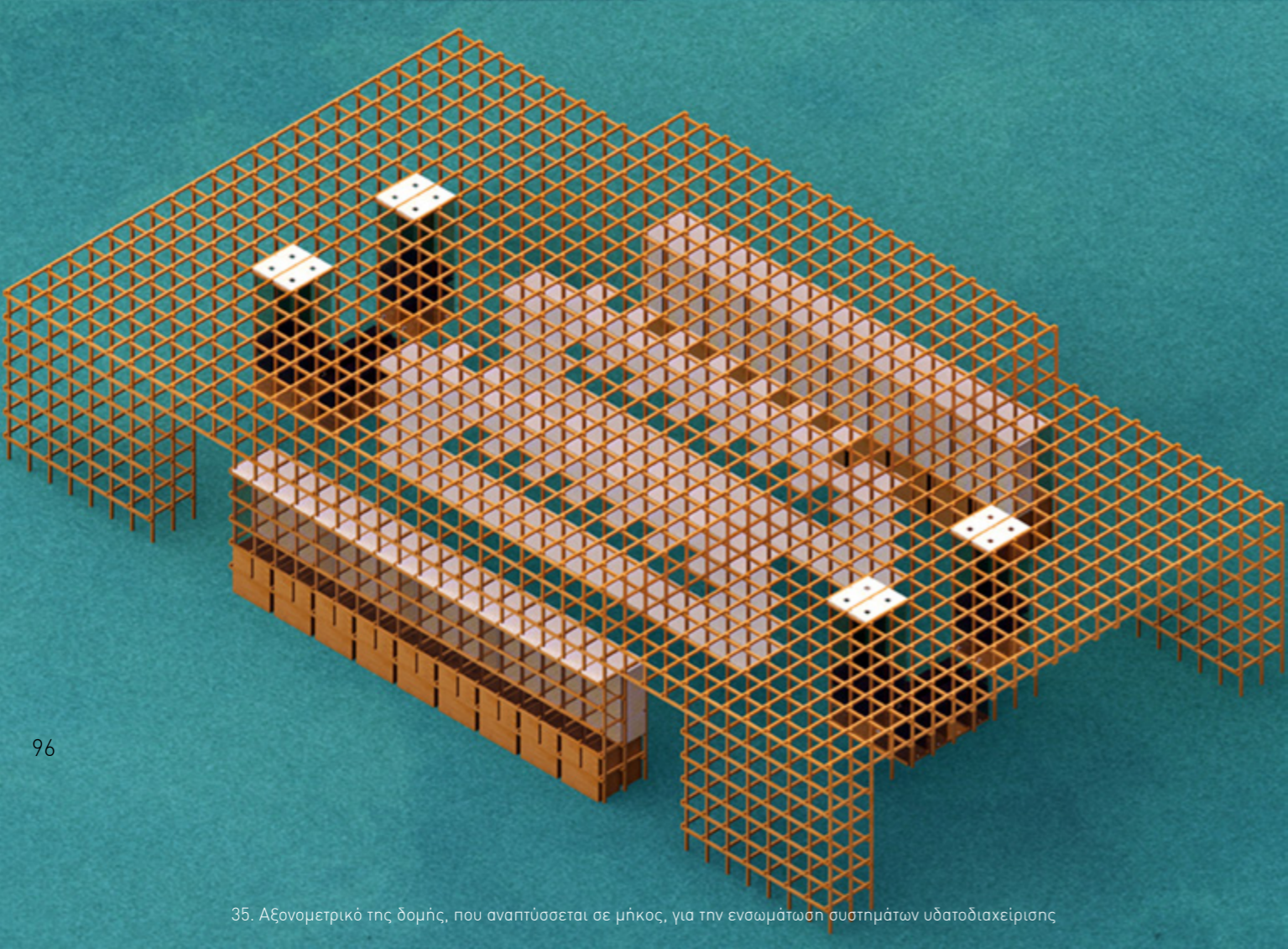
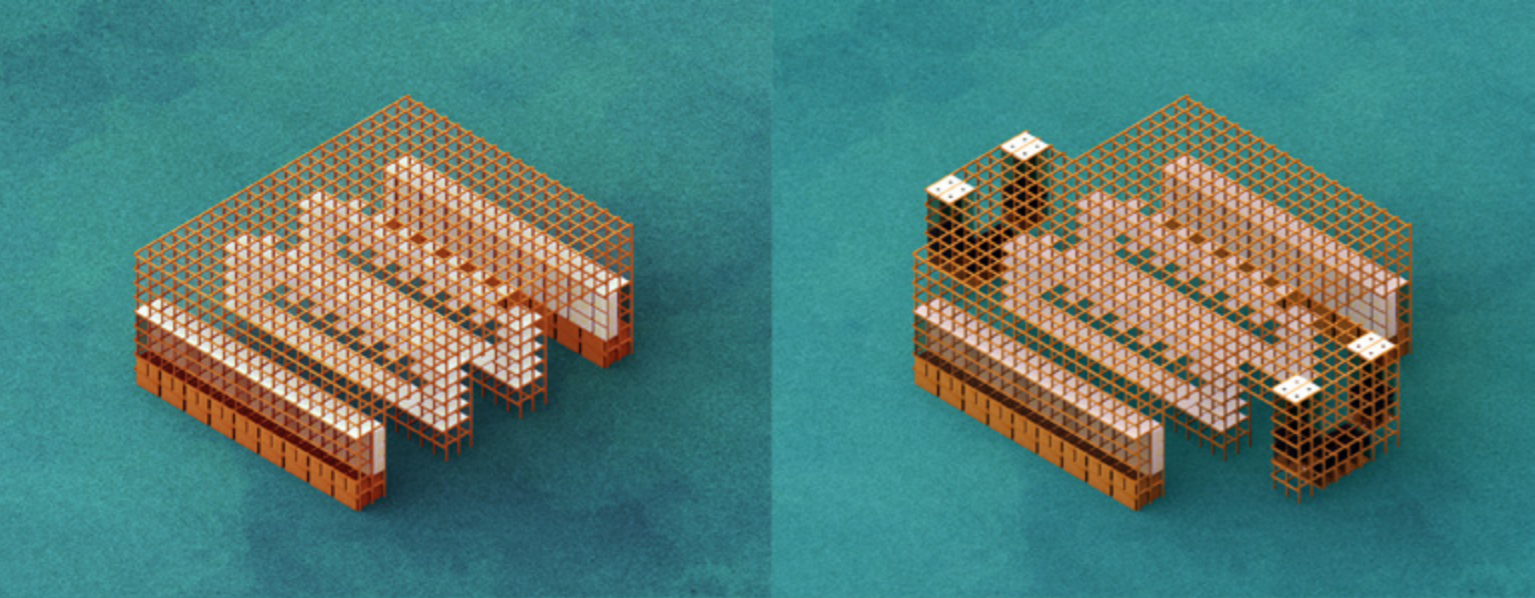
Οι κολώνες συλλογής και φιλτραρίσματος νερού και οι υποδοχές ανακύκλωσής του στα δύο άκρα του εργαστηρίου, στη βόρεια και νότια όψη, τοποθετούνται απέναντι από τις κολώνες αποθηκευτικού χώρου, προς άμεση πρόσβαση των σκευών και του εξοπλισμού. Δημιουργούν έτσι τα «λειτουργικά» όρια της περιφέρειας της ομόκεντρης εξάπλωσης του εργαστηρίου πυρήνα. Καθώς όμως όλοι χώροι και οι λειτουργίες είναι ανοιχτής πρόσβασης και χρήσης, οι κατασκευές κολώνων πηγής νερού είναι προσβάσιμες από όλες τις κατευθύνσεις, με τη δυνατότητα να καλύψουν τις ανάγκες του εργαστηρίου – κουζίνας αλλά και των λειτουργιών που ακολουθούν στην επόμενη ομόκεντρη μετάθεση, όπου ξεκινά το «άνοιγμα» της δομής (βλ. 34).



33. Στην πάνω εικόνα, τομή: Κλ. 1:70

34. Στην κάτω εικόνα, προοπτική απεικόνιση της δεύτερης ζώνης της δομής, με κεντρικό θέμα τις μονάδες υδατοδιαχείρισης και την εξυπηρέτηση από αυτές





## «Ανοίγματα»

Η επόμενη ομόκεντρη ζώνη αποτελεί την αρχή του «ανοίγματος» της δομής, η οποία τελικώς εξαπλώνεται και αυτή προς το βόρειο και το νότιο κομμάτι της κατασκευής, ολοκληρώνοντας το κυρίως σώμα της. Όπως στις πλευρικές όψεις δύσης και ανατολής ο κάναβος μετατρέπει το κτίριο σε υποδοχέα και κέλυφος συναλλαγής των θρεπτικών ουσιών που τρέφουν την κατασκευή, ομοίως στις άλλες όψεις ο ξύλινος κάναβος πλέκει τις υποδοχές όπου εκτελούνται ροές υλικές αλλά και συναλλαγές και ανταλλαγές κοινών. Η κατασκευή πλέκει όμοιες οροφές στις δύο κατευθύνσεις, από όπου ο κάναβος «κατεβαίνει» και εξαπλώνεται, παράγοντας χώρους για διαφορετικές αυτή τη φορά λειτουργίες στο βόρειο και νότιο τμήμα.





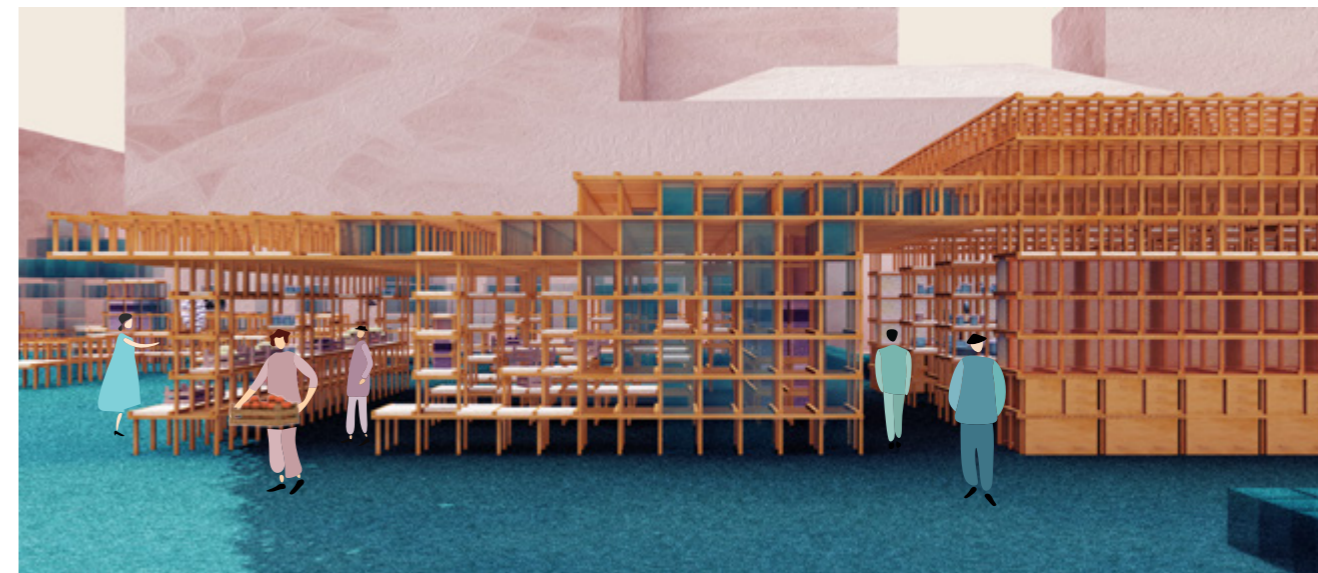
36.



38.



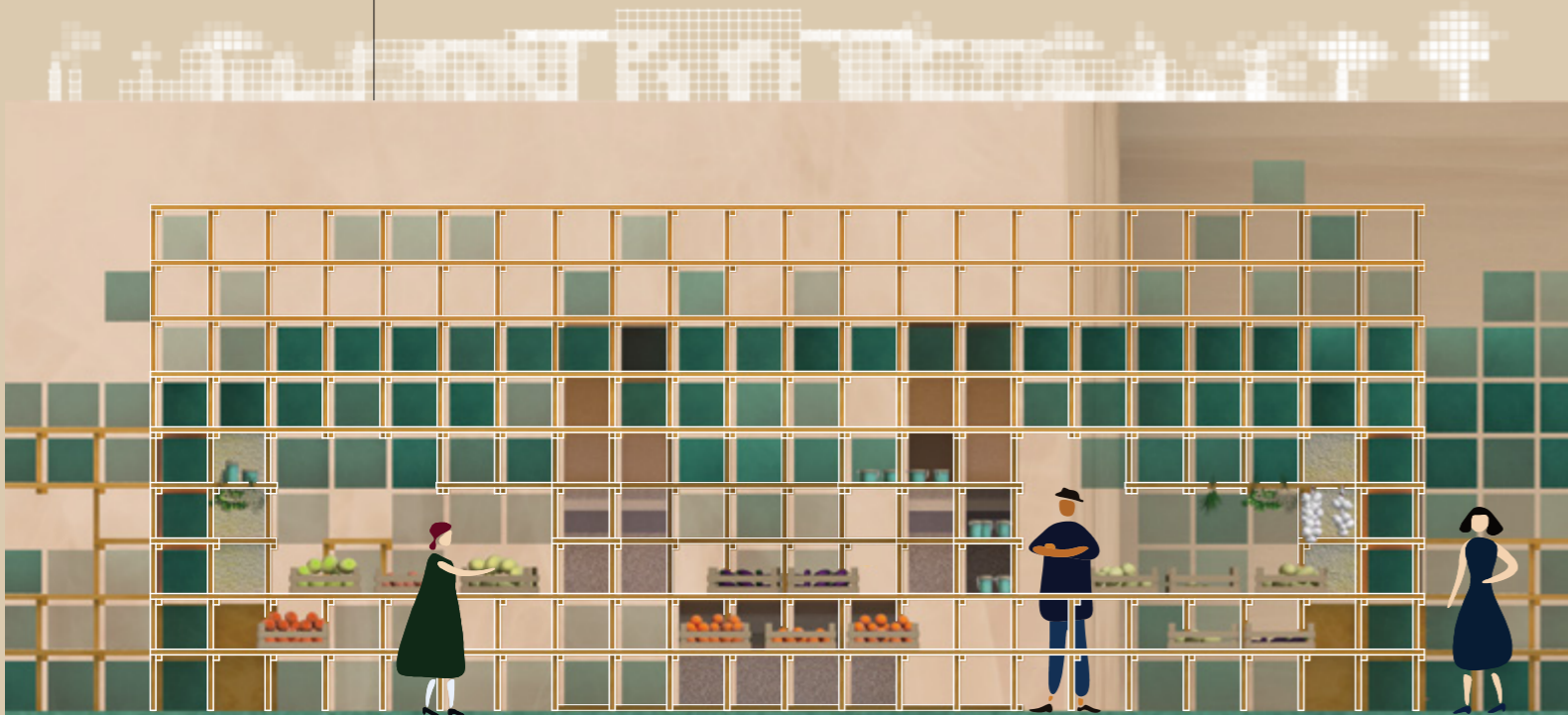
37.



39.



γραμμή τομής



## Βόρειο άνοιγμα

Στο βόρειο τμήμα, στο σημείο όπου τοποθετείται η κατασκευή στην πλατεία, είναι στραμμένη προς τον πεζόδρομο της Ερμού, τον πιο πολυσύχναστο δρόμο της αγοράς της πόλης. Καταμήκος του ορίου αυτού της πλατείας κάποιες μέρες της εβδομάδας στήνεται η Αυτόνομη Λαϊκή Βόλου, μια αυτοδιαχειριζόμενη λαϊκή και αλληλέγγυα αγορά.

Με αφορμή τη λαϊκή, αλλά και την πρόθεση δημιουργίας μιας δομής που θα «ανοίγει», πυροδοτώντας το ενδιαφέρον των περαστικών και λαμβάνοντας υπόψιν το ρόλο της δομής ως ενός υποδοχέα ατόμων, σχηματίζεται ένας χώρος που σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες μπορεί να χρησιμοποιείται αναλόγως. Στο όριο του προς τον πεζόδρομο, κατεβαίνει από την ξύλινη οροφή οριζόντιος κάναβος κερκιδωτά, στο ύψος του μισού και του ενός μέτρου, όπου με την εφαρμογή μυκοπάνελ σχηματίζονται επιφάνειες. Οι επιφάνειες αυτές δύνανται να χρησιμοποιηθούν ως πάγκοι για τη φιλοξενία της λαϊκής αγοράς που ήδη πραγματοποιείται στην πλατεία, αλλά και όποιων άλλων ανταλλακτικών παζαριών ή αγορών, που μπορεί να περιλαμβάνουν και τα προϊόντα που παράγει η ίδια η δομή (βλ. 36, 37, 39). Καθώς η κατασκευή τροποποιείται κατά βούληση, οι πάγκοι αυτοί μπορούν να εξαπλωθούν προς οποιαδήποτε θεμιτή κατεύθυνση και πυκνότητα, όπως και όλα τα κομμάτια της δομής. Πίσω τους η κατασκευή προσαρμόζεται σχηματίζοντας ποικίλες επιφάνειες για κάθισμα ή προσωρινή αποθήκευση πραγμάτων των παραγωγών - πωλητών (βλ. 38). Εναλλακτικά, σε λιγότερο σύνθετη λειτουργία, το τμήμα αυτό μπορεί να αποτελέσει χώρο ανάπαυσης με σκίαση, οποιωνδήποτε εκδηλώσεων, αξιοποιώντας τις μπροστινές επιφάνειες ως κερκίδες για κάθισμα, ως μπαρ σερβιρίσματος ή με όποιον άλλο τρόπο.

Στο βόρειο κομμάτι η κατασκευή λοιπόν, εκπληρώνει το ρόλο ενός





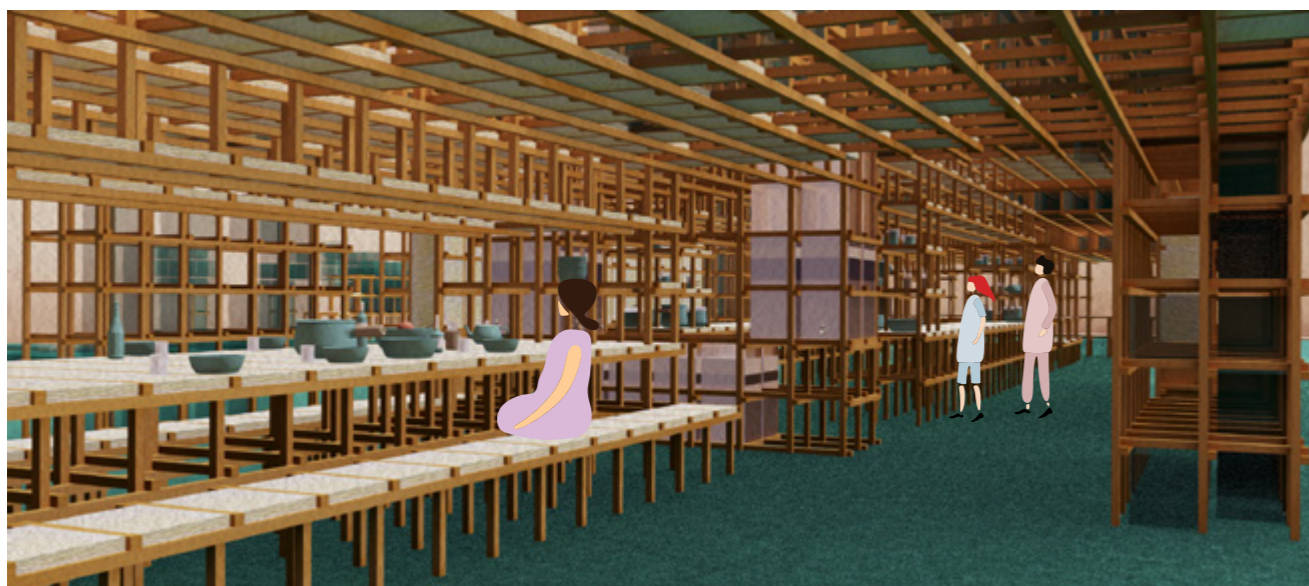
ανοικτού κελύφους ανταλλαγών, συναλλαγών υλικών προϊόντων αλλά και κοινωνικών πυκνώσεων, σε μια προσπάθεια πρόσκλησης για περιήγηση, εξοικείωση και ίσως ενασχόληση με τις λειτουργίες της δομής (βλ. 40).

## Νότιο άνοιγμα

Στο νότιο τμήμα, από την ξύλινη οροφή κατεβαίνουν ξανά δυο κολώνες, δημιουργώντας ράφια με τα μυκοπάνελ, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποθηκευτικοί χώροι για τα καλλιεργητικά εργαλεία ή για σκεύη μαγειρέματος και σερβιρίσματος φαγητού.

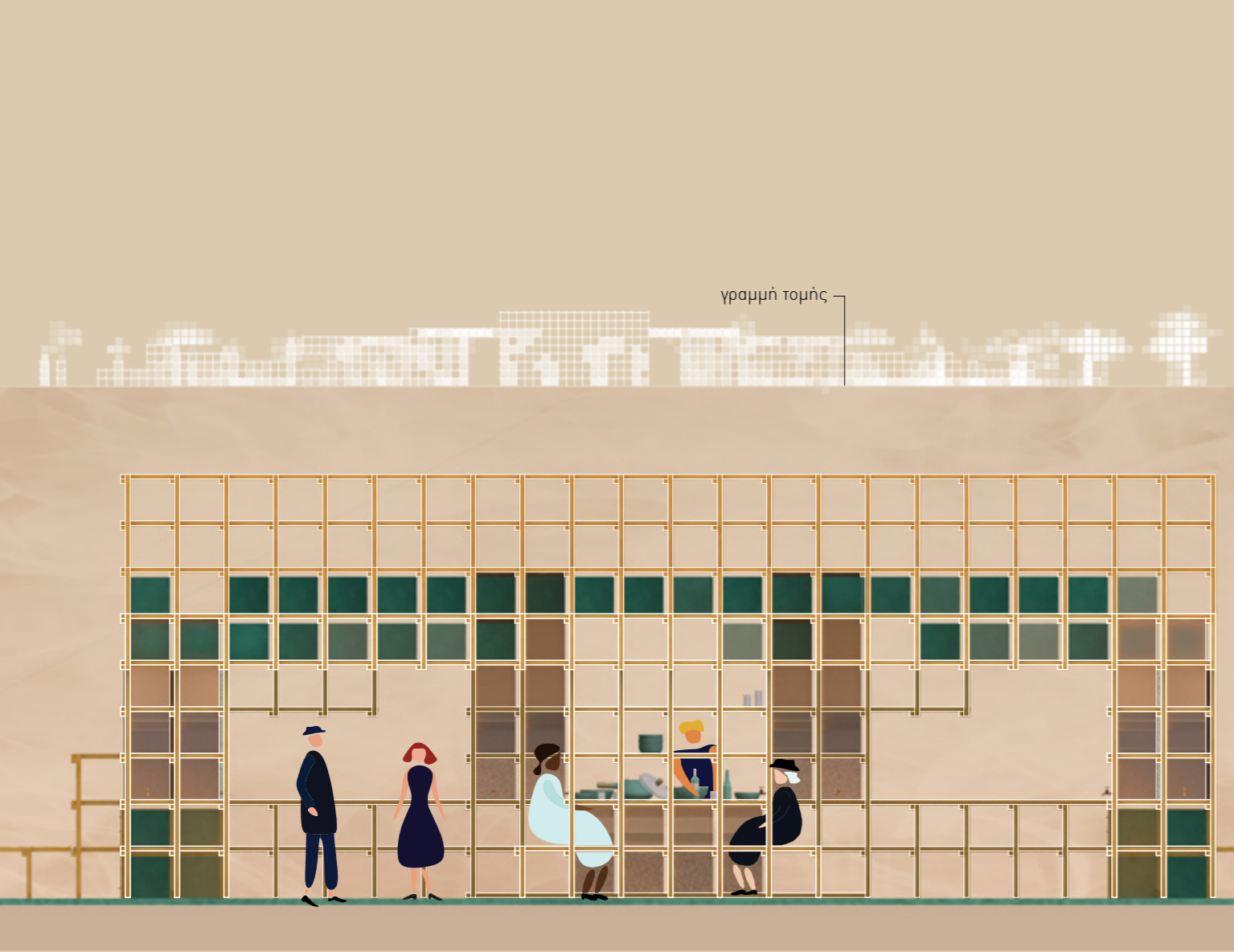
Το νότιο αυτό «άνοιγμα» της κατασκευής, χωροθετείται σχεδόν κεντρικά στο οικόπεδο της πλατείας, προσφέροντας έτσι ένα χαμηλότερης κινητικότητας και οχλοβοής περιβάλλον. Έτσι, η κατασκευή στο σημείο αυτό δημιουργεί έναν πράσινο, δροσερό και ήσυχο θύλακα, ο οποίος έρχεται να υποδεχτεί τη συνέχεια όλων των παραγωγών και μαγειρεμάτων που διαδραματίζονται εντός της δομής, που είναι το φαγητό. Μεταξύ των δυο κολώνων που κατεβαίνουν λοιπόν, ο κánaβος πλέκει μια τραπεζαρία στο ύψος του ενός μέτρου και πλευρικά καθίσματα στο ύψος του μισού, η έκταση και το σχήμα των οποίων μπορούν να τροποποιηθούν κατά τις ανάγκες του εκάστοτε μαγειρέματος και συμμετοχής.

Η λειτουργία αυτή, είναι και η τελευταία ημιστεγασμένη του νότιου τμήματος της βασικής κατασκευής, αποτελώντας την αφητηρία ενός πιο υπαίθριου ανοίγματος αλλά πυκνωτή, κοινωνικού και θεραπευτικού.

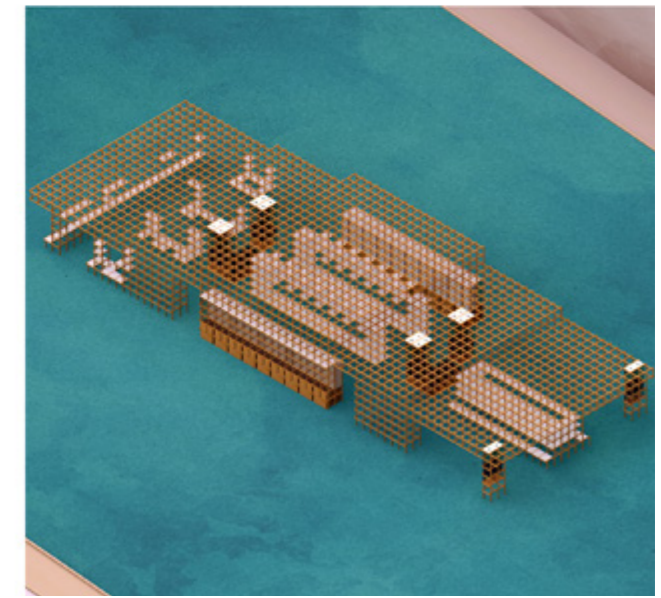
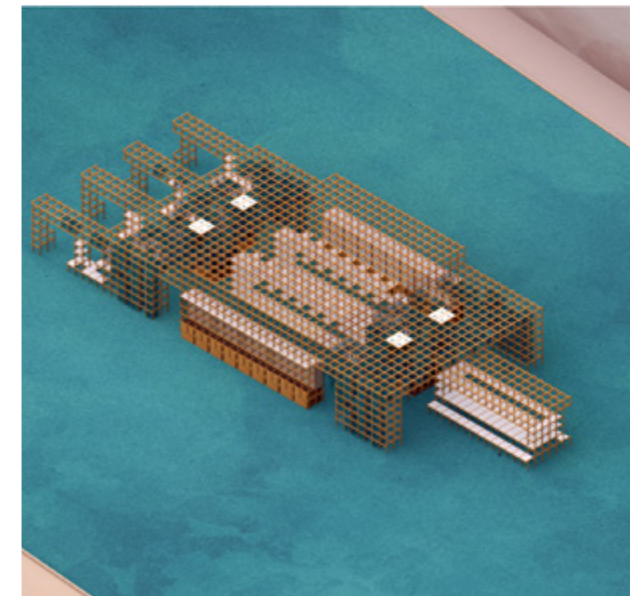
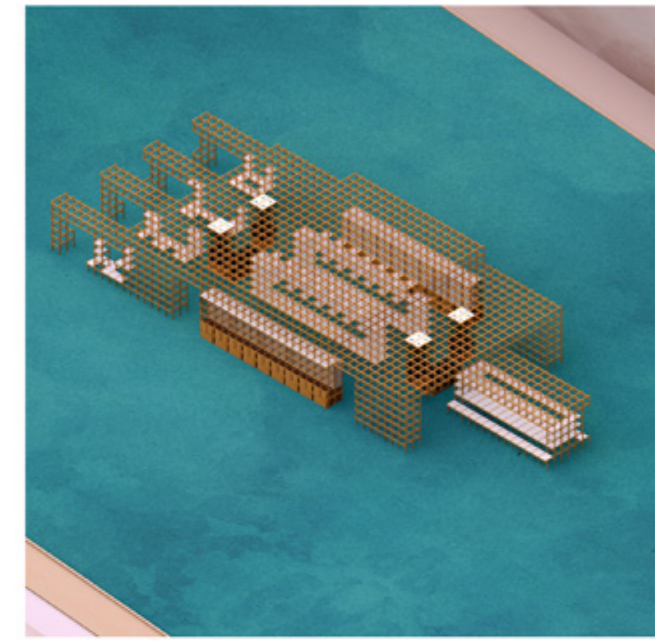
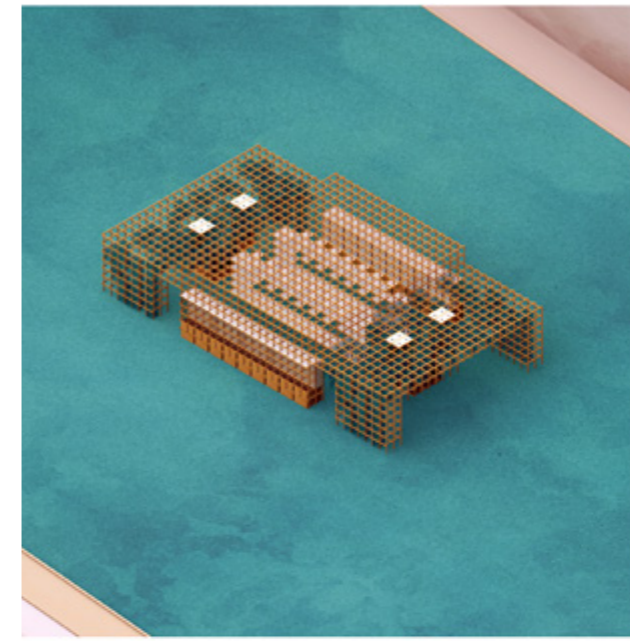


41, 42. Προοπτική απεικόνιση του νότιου τμήματος της δομής, στο οποίο ενσωματώνεται τραπεζαρία για να προάξει συλλογικές κουζίνες.



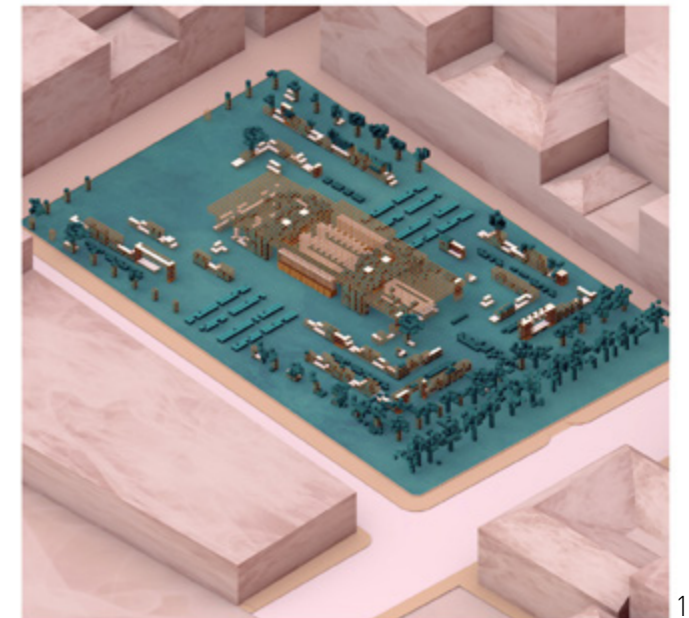
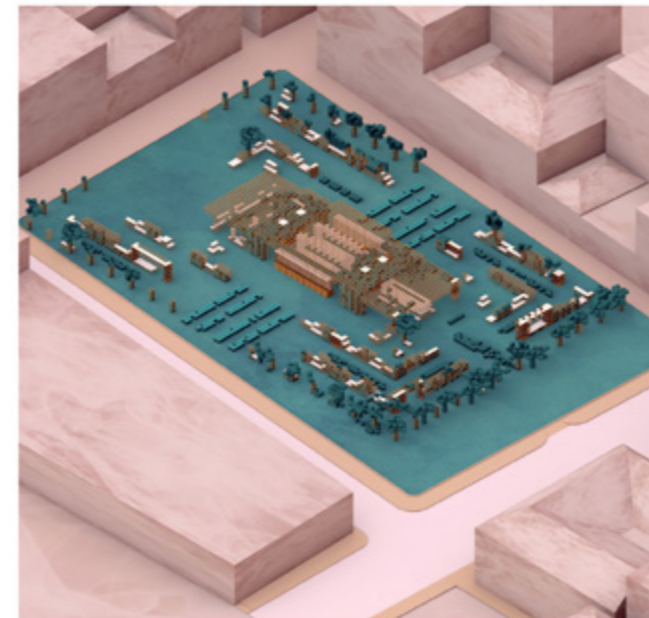
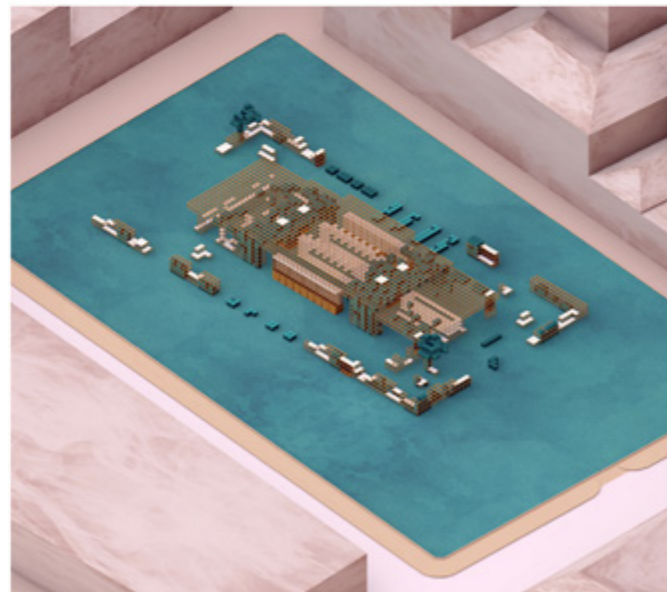
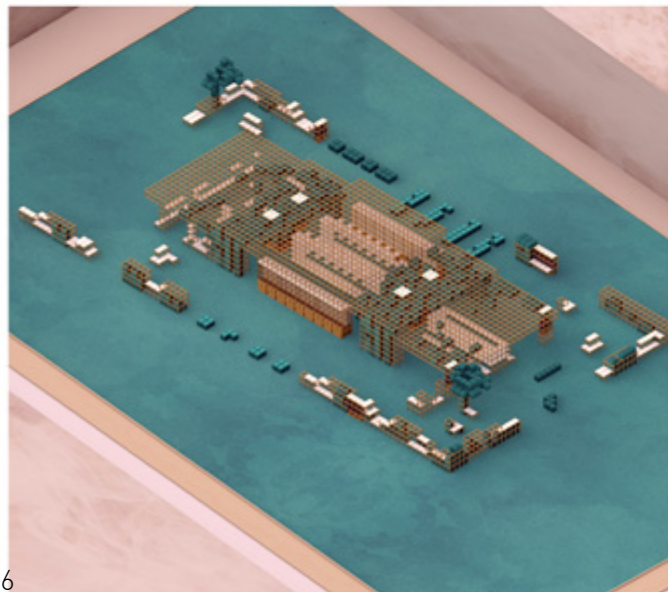
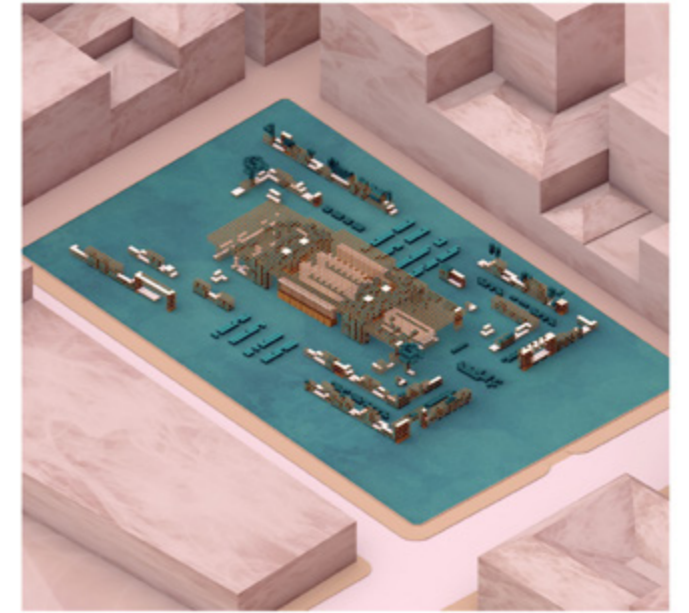
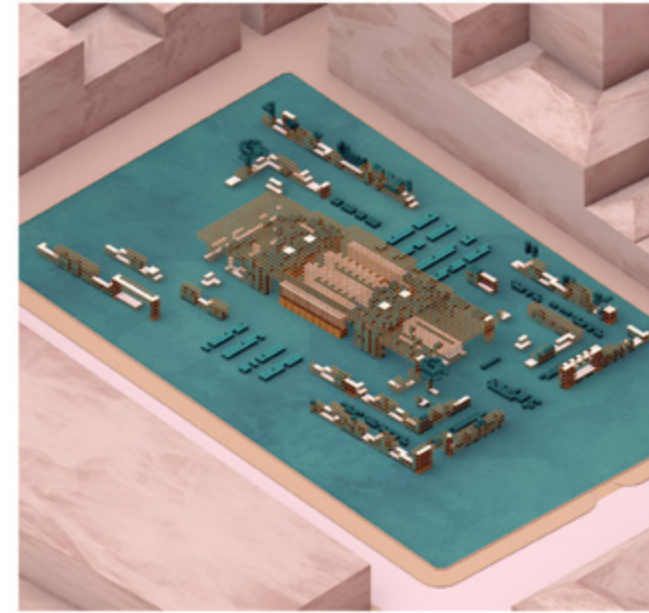
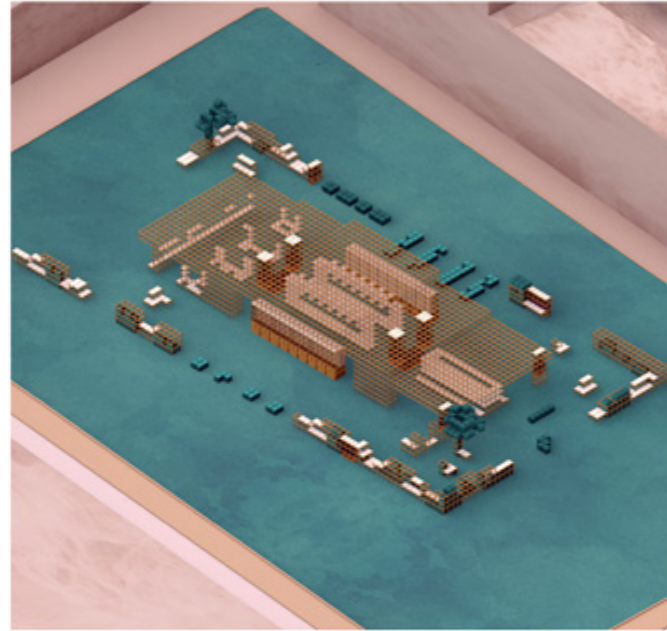
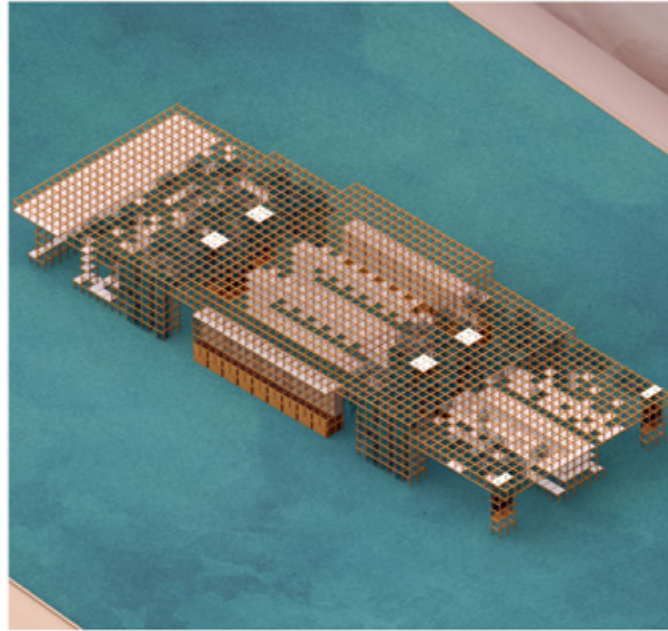


43. Τομή  
Κλ. 1:70



44. Πλήρης ανάπτυξη της βασικής δομής και εποχιακά μεταβαλλόμενες συστάδες πρασίνου στο εσωτερικό της





45. Το τέλος της βασικής δομής, είναι η αρχή μιας νέας ομόκεντρης και αποσπασματικής μετάθεσης του κανάβου της, για να συμπεριληφθούν συστήματα περμακουλτούρας στον υπόλοιπο χώρο της πλατείας.

46. Σταδιακή εξάπλωση των καλλιεργητικών δομών, ανάπτυξη πρασίνου και δημιουργία πράσινου φυσικού ορίου μεταξύ πλατείας και οδού Δημητριάδος. Επιχειρείται η ηχητική και οπτική απομόνωση της πλατείας από την οδική κυκλοφορία.

## Ομόκεντρος κήπος

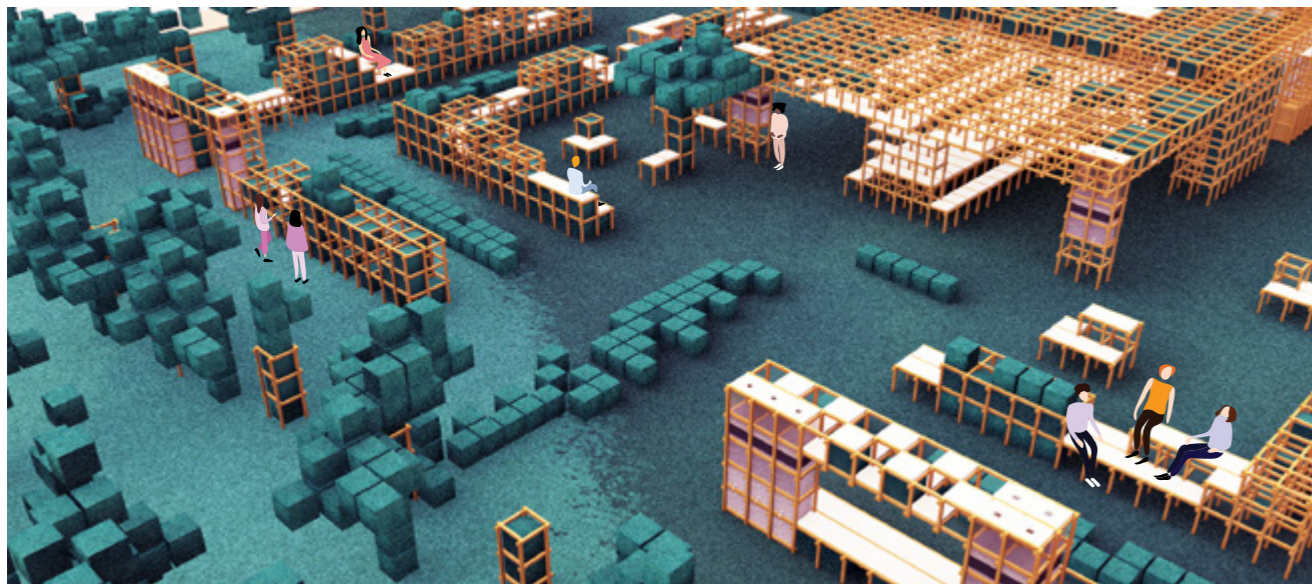
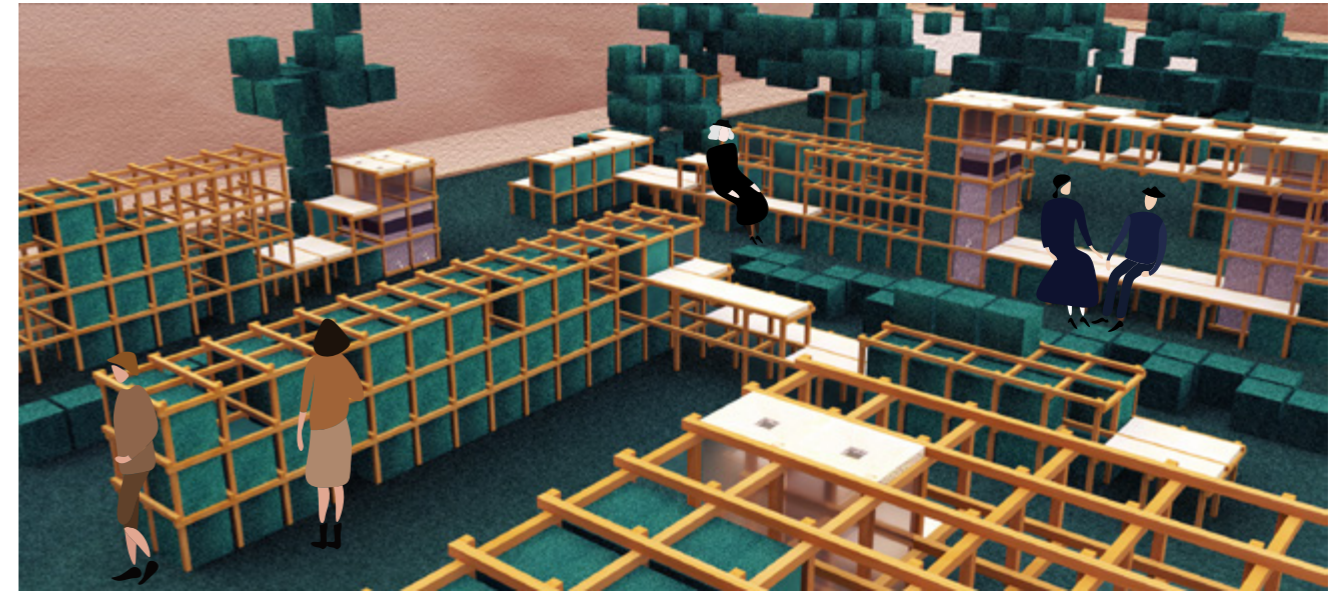
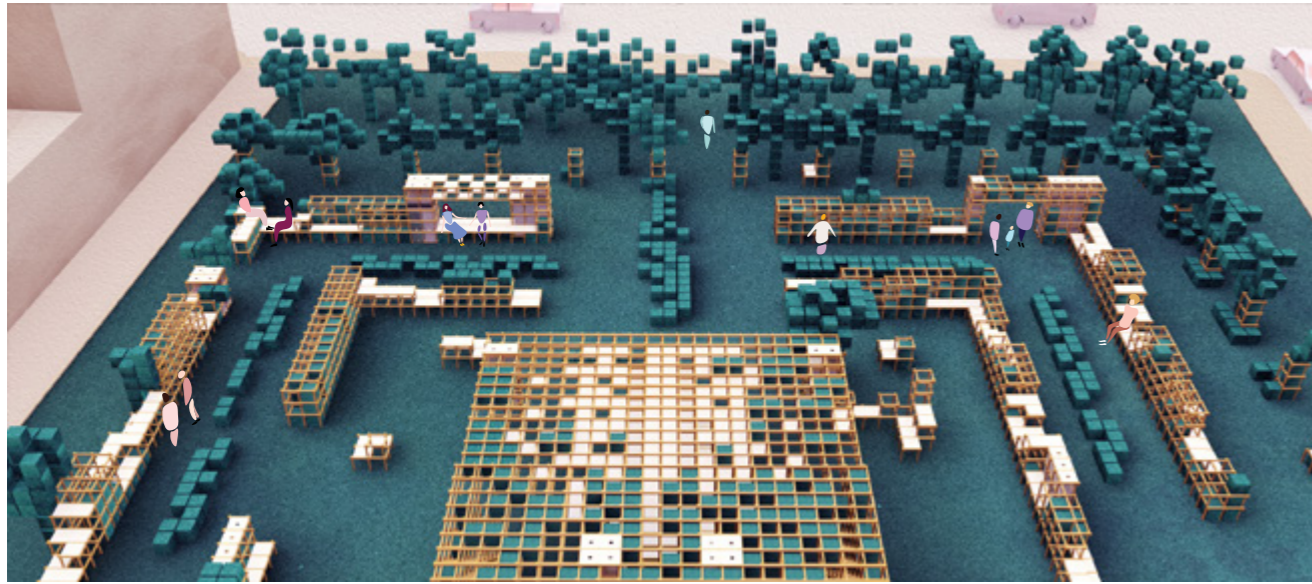
Μετά το τέλος αυτών των κατασκευών και ακολουθώντας την ομόκεντρη ανάπτυξη ζωνών, διαμορφώνεται ο χώρος της καλλιέργειας φυτών. Για την οργάνωση του συστήματος καλλιέργειας τα φυτά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το πιθανό τελικό τους ύψος και το εάν είναι βρώσιμα ή όχι.

Η ομόκεντρη προσθετική μετάθεση του κανάβου λοιπόν, ξεκινά με τα χαμηλότερα βρώσιμα φυτά, και προχωρά προς τα έξω σε πιο ψηλά μη εδώδιμα, ορθώνοντας ένα, διάτρητο και πορώδες φυσικά, «τοιχώμα» πρασίνου προς την κεντρική θορυβώδη οδό της Δημητριάδος. Έτσι, η ομόκεντρη εξάπλωση του ξύλινου κανάβου ξεκινά από τη χαμηλή ζώνη του ενός μέτρου και σταδιακά ψηλώνει για να παραλάβει όλο και πιο ψηλά φυτά και αναπτυσσόμενα δενδρύλλια, έως ότου αντικαθίσταται από αυτά, καθώς καταλήγει σε ψηλά δέντρα. Ένας ακόμη λόγος που τα βρώσιμα φυτά τοποθετούνται προς το κέντρο είναι όπως προαναφέρθηκε και σύμφωνα με τις αρχές σχεδιασμού της περμακουλτούρας, ότι χρήζουν μεγαλύτερης φροντίδας. Επιπλέον, είναι άμεσα προσβάσιμα από το χώρο της κουζίνας – εργαστηρίου και της τραπεζαρίας, ώστε να συλλεχθούν και να μαγειρευτούν και καταναλωθούν (βλ. 47).

Ο ξύλινος κανάβος λοιπόν, πλέκεται κατά βούληση και διαμορφώνει κατασκευές που μιμούνται τις κρεβατίνες των κήπων καλλιέργειας, που είναι τα μέσα στήριξης ή και αναρρίχησης των αναπτυσσόμενων φυτών. Στο κέντρο τοποθετούνται οπωροκηπευτικά, ξεκινώντας από το ύψος του ενός μέτρου στη πρώτη ομόκεντρη μετάθεση, και συνεχίζοντας με τη δεύτερη μετάθεση που υψώνεται κατά προσέγγιση στο ενάμισι μέτρο. Οι επόμενες μεταθέσεις συνεχίζουν με τον κανάβο να πλέκει στηρίγματα μικρών αναπτυσσόμενων δενδρυλλίων, ξεκινώντας από αυτά που μπορούν να τοποθετηθούν πιο κοντά το ένα στο άλλο και συνεχίζοντας στις τελικές μεταθέσεις με τα πιο μεγάλα, που τοποθετούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις (βλ. 48)

Ο ξύλινος κανάβος όμως που πλέκεται για να υποστηρίξει τα φυτά των καλλιεργειών, διαμορφώνει μια κατασκευή η οποία ενσωματώνει ταυτόχρονα πολλαπλές λειτουργίες και όχι μόνο αυτή της στήριξης των φυτών. Με την τοποθέτηση μυκοπάνελ σε διάφορα κατά βούληση σημεία, μπορούν να δημιουργηθούν καθίσματα ανάμεσα στις φυτεύσεις, καθώς και μικρά υπόστεγα σκιάσης για τα καθίσματα του καλοκαιριού. Επιπλέον, ο ξύλινος κανάβος μπορεί να υποδεχτεί κολώνες υδροδιαχείρισης, τροποποιημένες στο εκάστοτε ύψος του, εξυπηρετώντας τις ανάγκες ποτίσματος του κήπου.

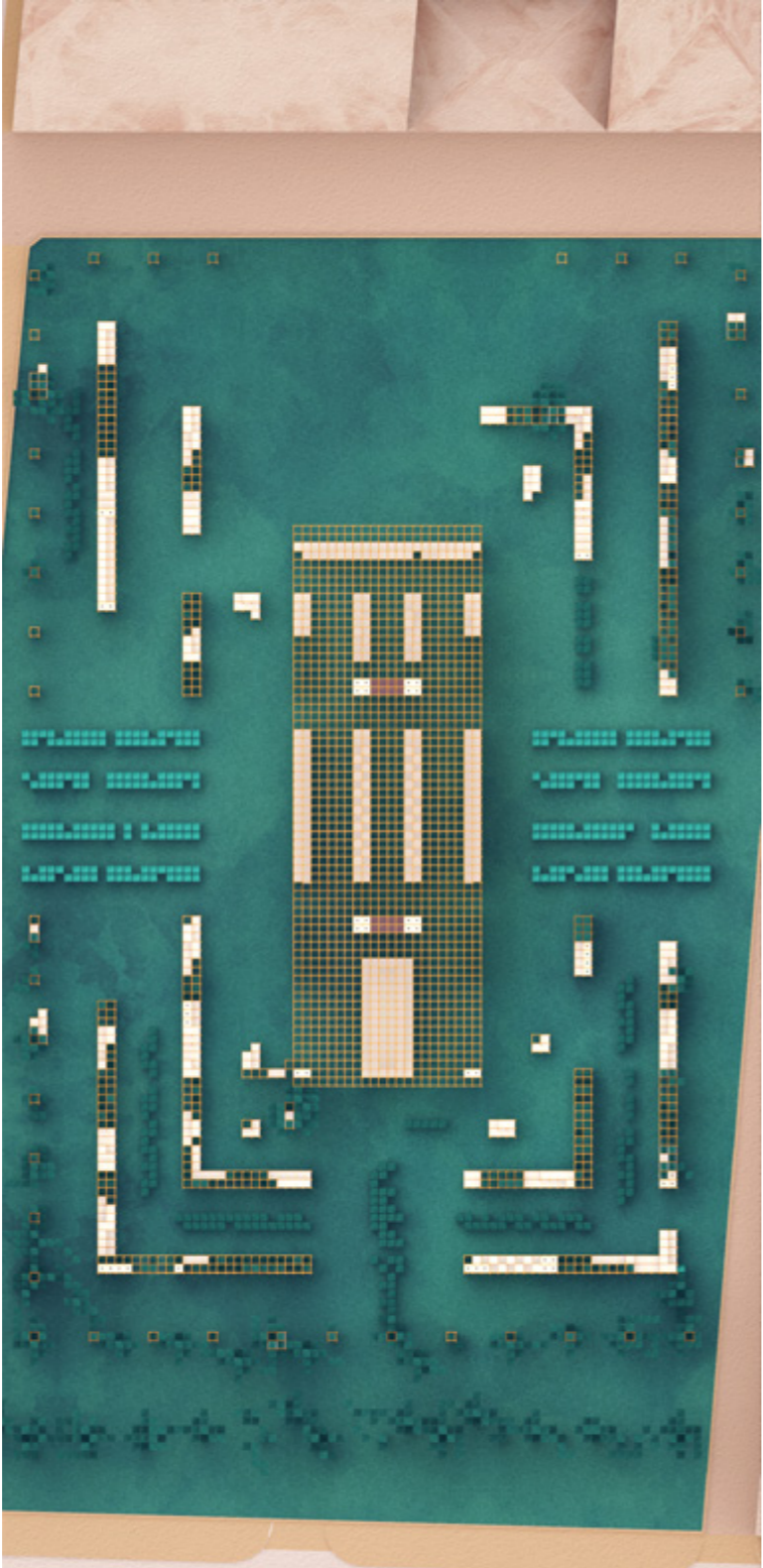




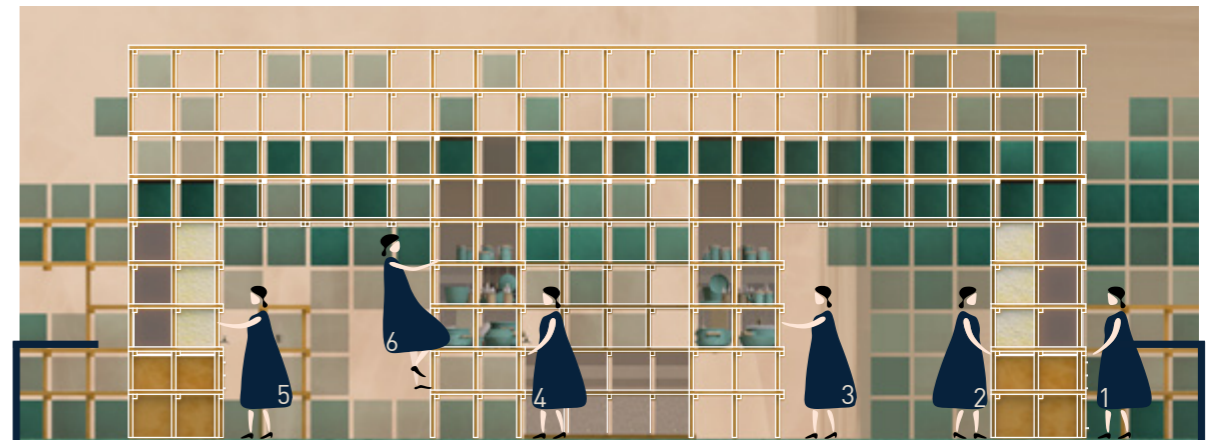
47. Προοπτική απεικόνιση του κήπου

48. Προοπτική απεικόνιση του κήπου

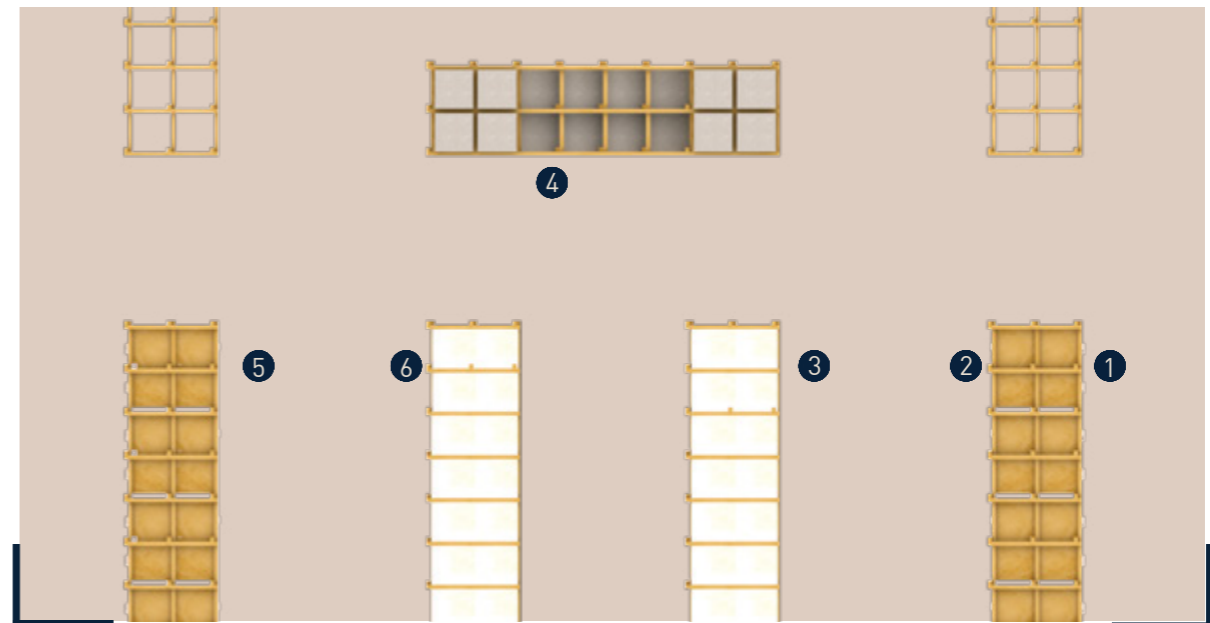




49. Κάτοψη πλατείας  
Κλ. 1: 340



κοπή  
κάτοψης



κοπή  
τομής

50. Βήματα παραγωγής μικροπροϊόντων στο εργαστήριο- κουζίνα  
1 απόρριψη οργανικών υλών στο κιβώτιο. 2 παραλαβή οργανικών υλών από το κιβώτιο. 3 μεταφορά υλών και προετοιμασία μίγματος στον πάγκο εργασίας. 4 παραλαβή νερού για διαδικασίες μαγειρέματος. 5.1 τοποθέτηση έτοιμου μίγματος στη μικροθήκη για το 1ο στάδιο παραγωγής. 5.2 τροποποίηση μικροθήκης για το 2ο στάδιο παραγωγής. 6. μεταφορά μικροπροϊόντος στην υποδοχή μικροξήρανσης για το 3ο στάδιο παραγωγής.

## Το Myco360 ως οικολογικό-κοινωνικό σύστημα

### Υλικές και ενεργειακές ροές

Η λειτουργία της δομής αποσκοπεί στη μέγιστη και βέλτιστη αξιοποίηση υλικών και ενέργειας, λαμβάνοντας το ρόλο ενός κόμβου ανεφοδιασμού, μεταβολισμού και παραγωγής.

Η παραγωγή των βιοσύνθετων μυκηλιακών προϊόντων, μέρος των οποίων είναι και τα μυκοπάνελ που αποτελούν συστατικά στοιχεία της ίδιας της δομής, επιτυγχάνεται μέσω της διαχείρισης απορριφθέντων οργανικών ουσιών και προϊόντων, εισάγοντας τα σε ένα νέο κύκλο ζωής, έναντι μιας τελικής άκαρπης και επιβαρυντικής προς το περιβάλλον απόρριψής τους. Αυτή η εκ νέου εισαγωγή τους σε ένα κύκλο ζωής με τη μορφή ενός βιοσύνθετου προϊόντος μυκηλίου, προγραμματίζει την απόρριψη τους, εφόσον ολοκληρωθεί η χρήση τους, όχι σε έναν κάδο απορριμμάτων, αποφεύγοντας και για δεύτερη φορά την άκαρπη απόρριψή τους. Προβλέπεται ο θρυμματισμός του προϊόντος και ο διασκορπισμός του στο έδαφος, όπου όπως αναλύθηκε και σύμφωνα με τον Stamets, θα βιοδιασπαστεί προσφέροντας εξυγίανση του εδάφους. Εκτιμάται, σύμφωνα με τους Sandak, Sandak, Brzezicki και Kutnar, ότι τέτοιου τύπου τοπικά καλλιεργημένα υλικά μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση έως και 50% της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας του κτιρίου σε όλο τον κύκλο ζωής του.<sup>57</sup>

Στο σημείο αυτό να προστεθεί ότι τα αρχικά μυκοπάνελ που παράγονται, δύνανται να χρησιμοποιήσουν ως οργανικό υπόστρωμα ανάπτυξης τα ξυλώδη υπολείμματα κοπής, τρυπήματος και επεξεργασίας των ξύλινων δοκαριών (ροκανίδι και πριονίδι), από τα οποία κατασκευάζεται η δομή, αξιοποιώντας όλη την ποσότητα του υλικού.

Οργανικά απορρίμματα τα οποία δεν ενδείκνυνται ως υπόστρωμα για τον αποικισμό μυκηλίου, αξιοποιούνται μέσω της κομποστοποίησης με γαιοσκώληκες, παράγοντας θρεπτικό εδαφοβελτιωτικό και ανακτώντας την ενέργειά τους, αξιοποιώντας την στη διαδικασία της παραγωγής μυκηλίου.

Οι παροχές θερμότητας και νερού των λειτουργιών της δομής λοιπόν, καλύπτονται από ανανεώσιμους πόρους. Η ανάκτηση θερμότητας μέσω της κομποστοποίησης προσφέρει θερμότητα για κάποιες διαδικασίες, ενώ για άλλες αξιοποιείται η ηλιακή θερμότητα. Η παροχή νερού προσφέρεται και αυτή μέσω της συλλογής βρόχινου νερού, αλλά και της ανακύκλωσης του εντός του εργαστηρίου – κουζίνας για δεύτερη χρήση στον κήπο. Οι ενέργειες αυτές αφορούν τους βιολογικούς κύκλους, οι οποίοι σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανατροφοδοτούν το σύστημα όπου εγγράφονται. Όσον αφορά τον τεχνικό κύκλο, η χρήση μη βιοϋλικών περιορίζεται στο ελάχιστο, προγραμματίζοντας τη δυναμική αξιοποίηση ανακυκλωμένων ή επαναχρησιμοποιούμενων κομματιών, όπως των χαλκοσωλήνων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κομποστοποιητών και της ενεργειακής ανάκτησης, καθώς η δομή ζητείται να επιβαρύνει στο ελάχιστο οικολογικά, οικονομικά και υλικά.

Σε ένα περιβάλλον που συνεχώς μεταβάλλεται, η ικανότητα μιας ολότητας να διατηρεί και να εξελίσσει τη βιωσιμότητά της, σύμφωνα με τις Benne και Mang, εξαρτάται από τη λειτουργία των συστατικών ολότητων της.<sup>58</sup> Αντίστοιχα, η δομή καλείται να ιδωθεί ως ένα σύστημα, του οποίου η λειτουργία εξαρτάται από την εκτέλεση των συστημικών ρόλων των συστατικών του στοιχείων,

καθώς όλα αλληλοεξυπηρετούνται και αλληλοτροφοδοτούνται σε πολλαπλούς συνεργαζόμενους κύκλους. Η διαδικασία του σχεδιασμού μεταβάλλεται, παραθέτοντας τα λόγια του Ben Haggard, «από το να βλέπουμε ένα τοπίο ή ένα έργο ως μια συλλογή πραγμάτων (πλαγιές, αποχετεύσεις, δρόμοι κ.λπ.)» στο να το αντιμετωπίσουμε ως ένα ενεργειακό σύστημα, «ιστούς διασυνδεδεμένων δυναμικών διεργασιών που συνεχώς διαρθρώνονται και αναδιαρθρώνονται».<sup>59</sup> Έτσι η κατασκευή, παρά το γεγονός ότι πλέκεται βάση ενός μοτίβου τρισδιάστατου κανάβου, δημιουργείται ως ένα σύνολο, και όχι με τη συναρμολόγηση πανομοιότυπων μονάδων (modular), καθώς ο σχεδιασμός γίνεται βάσει του συγκεκριμένου τοπίου. Το μοτίβο αυτό της κατασκευής δύναται όμως να επανασχεδιάσει, ένα νέο σύστημα, εντός ενός νέου παρόμοιου οικοσυστήματος, σε άλλα μέρη της πόλης αλλά και της υπαίθρου, προσφέροντας και εκεί έναν αντίστοιχο αναγεννητικό ρόλο, ανάλογα με τις ανάγκες τις εκάστοτε περιοχής όπου τοποθετείται.

Η ενσωμάτωση και προσαρμογή βέβαια σε ένα τοπίο – οικοσύστημα, συνεπάγεται και την προσαρμογή στο χρόνο. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα ο χρόνος ως συστατικό της ζωής αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στη σχεδιαστική διαδικασία με έμβιους οργανισμούς αλλά και όχι μόνο, και όπως αναλύει ο Chiambaretta, «δεν πρέπει να γίνεται όριο στο σχεδιασμό, αλλά να διαμορφώνει συνέργειες από κοινού παραγωγής»<sup>60</sup>. Στη δομή, οι καβίλιες που χρησιμοποιούνται στη συναρμογή των ξύλινων δοκών μπορούν να είναι αποικισμένες με μυκήλιο, δίνοντας στο μύκητα τη δυνατότητα να απλωθεί και να αναπτυχθεί στο μονοπάτι του τρισδιάστατου ξυλώδη κανάβου, καταναλώνοντάς τον και σταδιακά αποικίζοντας όλη την κατασκευή. Αφού λοιπόν το νέο αυτό βιοσύνθετο οργανικό σώμα της δομής έχει αποικοδομηθεί από το μυκήλιο, και έχει παράξει μανιτάρια τα οποία μπορούν να συλλεχθούν και καταναλωθούν, τα κομμάτια της κατασκευής δύναται να θρυμματιστούν, επιταχύνοντας τη

59. ό.π., 2015.

60. Chiambaretta Philippe, 2017.

βιοδιάσπασής τους και να εξυγιάνουν το έδαφος, με αποτέλεσμα να μην είναι απλά μηδενικό, αλλά αρνητικό το οικολογικό αποτύπωμα που αφήνουν, αφού παράγουν από τα απορρίμματα θρεπτικές και βελτιωτικές ουσίες για το τοπίο όπου τοποθετήθηκαν (βλ. 51).

## Χωρικές και κοινωνικές ροές

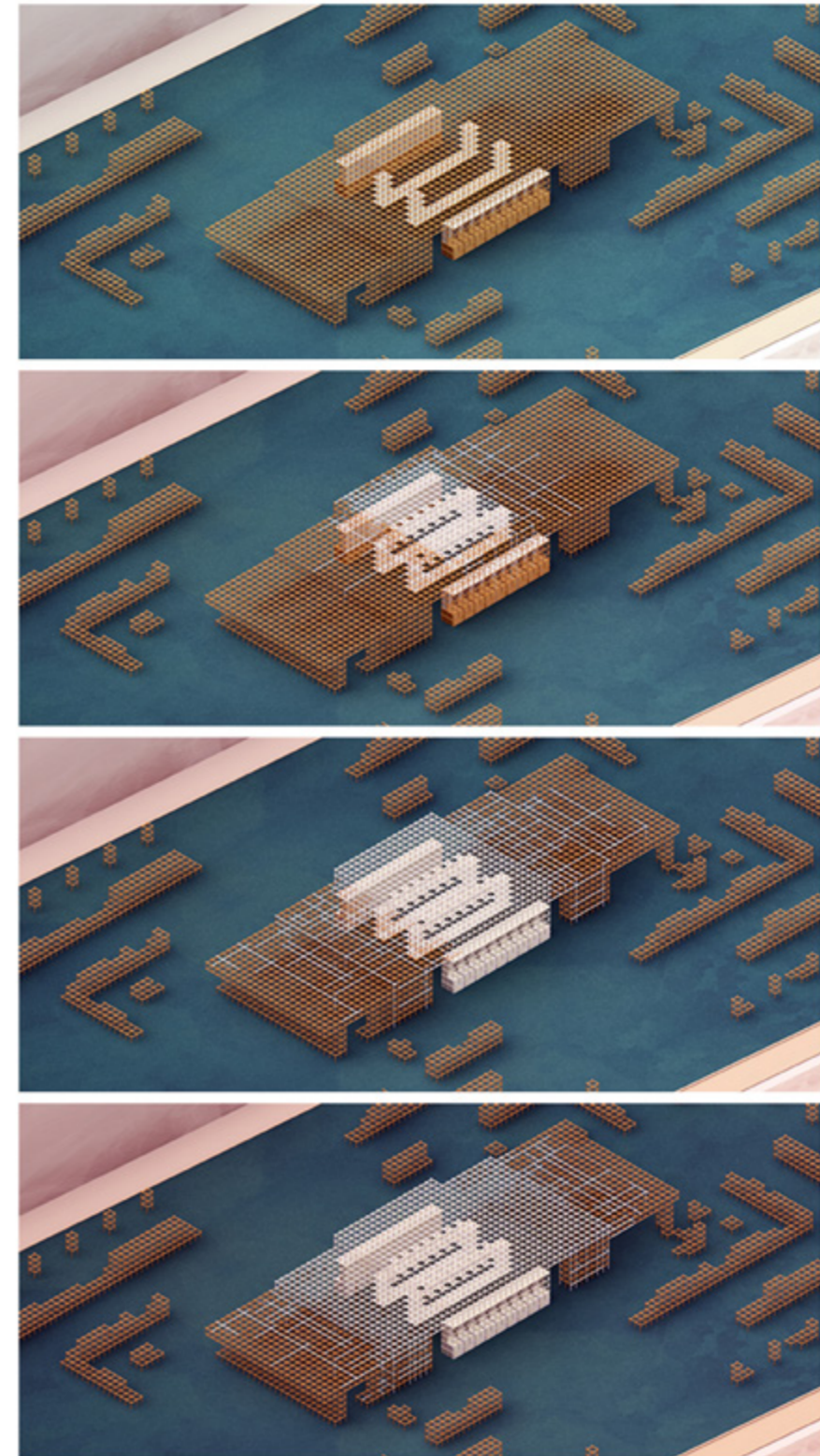
Το τοπίο που επιλέχθηκε, λοιπόν, η πλατεία Πανεπιστημίου Βόλου, είναι ένα από τα λίγα «λευκά σημεία» στο χάρτη της πόλης, είναι μια μορφή παύσης του ορθοκανονικού πολεοδομικού ρυθμού της. Ο αυστηρός κανάβος διελεύσεων, που περιχαρακώνει τα οικοδομικά τετράγωνα στην πόλη του Βόλου, αλλά ταυτόχρονα τα συρράπτει σαν οργανικά και συνομιλούντα μέρη ενός χωρίς παύση αστικού δικτύου, διακόπτεται από μια πλατεία, ένα κενό, μια αραίωση δομικής και κοινωνικής μορφής. Η πλατεία σχηματίζεται από τα όρια της πυκνώσης και έχει τον απροσδιόριστο χαρακτήρα, ενός χώρου που δε γεννάται ο ίδιος από πρόθεση, αλλά προκύπτει ως υπόλειμμα προθέσεων. Επομένως, παίρνει το ύφος των γειτονικών γεωμετριών του και αποκτά έτσι, μια σχεδόν ορθογωνική οριοθέτηση, σχετικά αμετάβλητη, αλλά πάντα προσπελάσιμη. Η πυκνή κυκλοφορία της Ερμού και της Δημητριάδος, βρίσκει εκτόνωση στον πράσινο χώρο της πλατείας. Είναι ένας χώρος περιήγησης, συνάθροισης, επικοινωνίας, ψυχαγωγίας, αντιπαράθεσης, διαμαρτυρίας, ένας χώρος ανοιχτός, πολυχρηστικός, εφήμερα οικειοποιήσιμος, μεταβαλλόμενος και απρόβλεπτος. Η πλατεία έχει όλα τα κοινωνικά χαρακτηριστικά ενός χώρου έτοιμου να υποδεχτεί εγχειρήματα αυτονομίας και αυτάρκειας, που ξεκινούν από τα κάτω, και έχουν ως στόχο τη διαμόρφωση μιας ανθεκτικής τοπικής οικονομίας, υλικών και κοινωνικών πόρων.

Το μυκήλιο είναι ένας οργανισμός, που όσο εξαπλώνεται στο χώρο, παρουσιάζει όλο και μεγαλύτερη πυκνώση στη μάζα του, προκειμένου να ανταποκριθεί στις ανάγκες του οικοσυστήματός του. Με τη βιομημητική μελέτη αυτού του



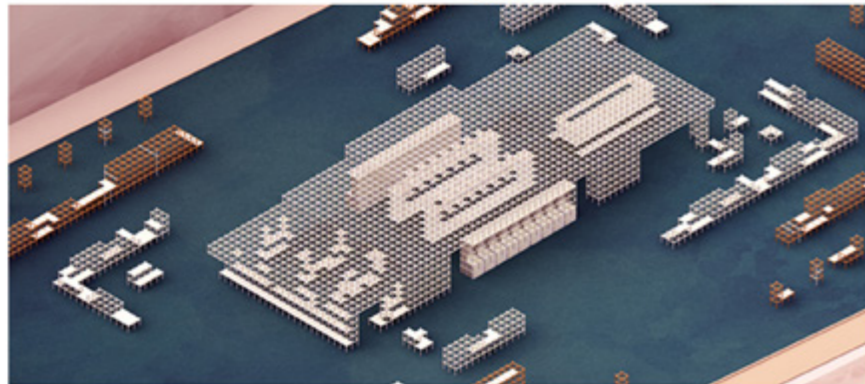
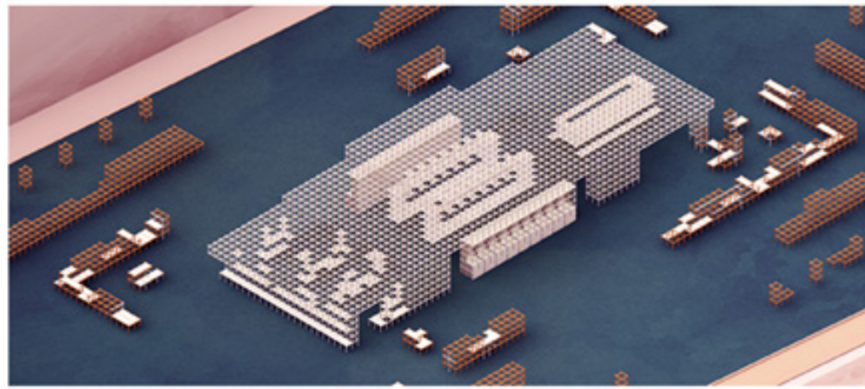
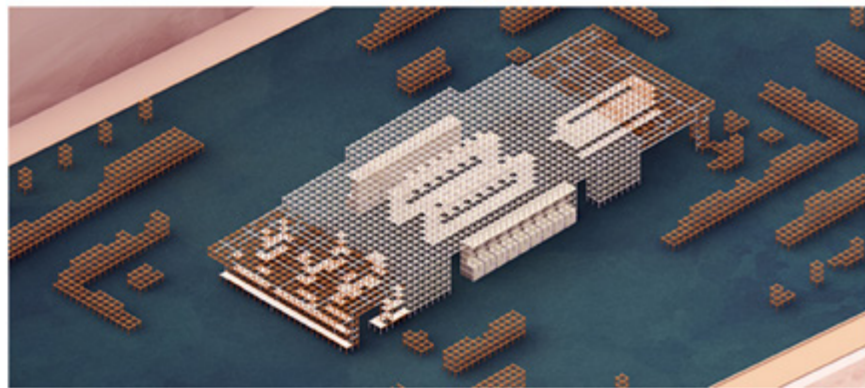
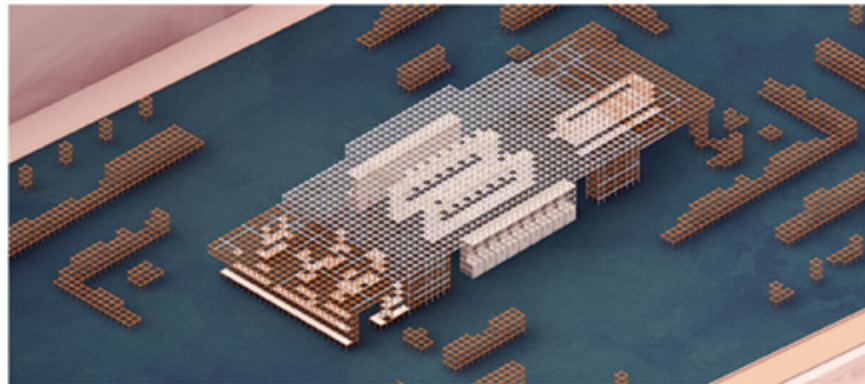
ιδιαίτερου οργανισμού, προέκυψε μια επιθυμία μεταφοράς των μορφολογικών γνωρισμάτων του, στη σχεδιαστική προσέγγιση του προαναφερθέντος εγχειρήματος. Ο ξύλινος κánaβος που αναπτύσσεται στον τρισδιάστατο χώρο, για να υποδεχτεί σε ποικίλες διατάξεις τις επιφάνειες ή και οργανικές μάζες του μυκηλίου, δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα να παράξουν με απεριόριστη ελευθερία τα κενά και τα πλήρη της δομής. Το μέγιστο κενό στη δομή μπορεί να αναφέρεται σε μια ολοκληρωτική κατάργησή της, κάτι απόλυτα εφικτό μέσω διαδικασιών βιοδιάσπασης ή επανάχρησης των υλικών της σε άλλα σημεία της πόλης. Επομένως, η πλατεία δε χάνει το μεταβαλλόμενο χαρακτήρα της, δεν υπόκειται, σε καμία περίπτωση, σε βεβιασμένα ενεργήματα υλικής πλήρωσής της, τα οποία θα την μετέτρεπαν σίγουρα, σε ένα λιγότερο δυναμικό χώρο.

Το Myco360, σχεδιάζεται λοιπόν, ως ένας χώρος πειραματισμού και δημιουργίας με βάση την κοινότητα, εντός ενός αναδυόμενου παγκόσμιου δικτύου τέτοιων χώρων και εγχειρημάτων, αναζητώντας και εξερευνώντας τρόπους και τόπους «αναγέννησης» και «καλλιέργειας» μιας κουλούρας φροντίδας και συνύπαρξης με το έμβιο οικοσύστημα, ανακτώντας τοπικές κυκλικές οικονομίες, τροφική αυτάρκεια και δράσεις από κοινού συμπαράγωγής.

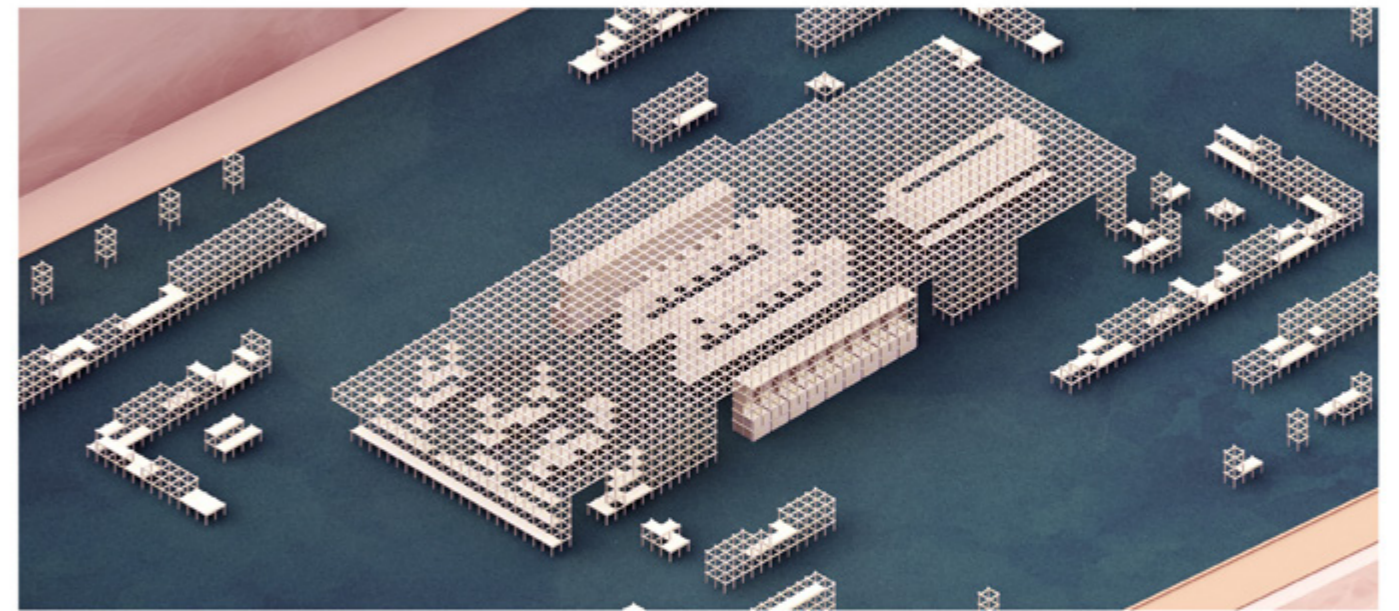


51. Μια υποθετική εξάπλωση του μυκηλιακού ιστού στη δομή, από τον πυρήνα προς την περιφέρειά της.





51. Μια υποθετική εξάπλωση του μικηλακού ιστού στη δομή, από τον πυρήνα προς την περιφέρεια της.



51. Πλήρης αποικισμός και σταδιακή βιοδιάσπαση. Πλέον υπάρχει η πιθανότητα μετάβασης από το ορθοκανονικό στο οργανικό.





## Βιβλιογραφία

Ali Ghazvinian, Paniz Farrokhsiar, Fabricio Vieira, John Pecchia, Benay Gursoy. (2019) "Mycelium-Based Bio-Composites For Architecture: Assessing the Effects of Cultivation Factors on Compressive Strength". *Matter - MATERIAL STUDIES AND INNOVATION*. Volume 2, pp. 505 – 514.

Althouse, Keni. (2016) "An Instructional Module on Permaculture Design Theory for Landscape Architecture Students". *All Graduate Plan B and other Reports*. 793. <https://digitalcommons.usu.edu/gradreports/793>

Anna Sandak, Jakub Sandak, Marcin Brzezicki, Andreja Kutnar. (2019) *Bio-based Building Skin*. Springer Open: Singapore.

Benne Beatrice, Mang Pamela. (2015) "Working regeneratively across scales - Insights from nature applied to the built environment", *Journal of Cleaner Production*, pp. 4 – 7. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.037

Bill Mollison. (1988) *Permaculture: A Designers' Manual*. Tagari Publications: Tyalgum Australia.

Camere Serena, Karana Elvin. (2018) "Fabricating materials from living organisms: an emerging design practice". *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.081

Carolina Girometta, Anna Maria Picco, Rebecca Michela Baiguera, Daniele Dondi, Stefano Babbini, Marco Cartabia, Mirko Pellegrini, Elena Savino. (2019) "Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review". *Sustainability*. DOI: 10.3390/su11010281

Chiambaretta Philippe. (2017) "Urban Metabolisms: Combining Complex Approaches", *PCA - Stream 04 - The Paradoxes of the living*. <https://www.pca-stream.com/en/articles/urban-metabolisms-combining-complex-approaches-99>

Ellen Macarthur Foundation. (2017) "Cities in the circular economy: An initial exploration". *Ellen Macarthur Foundation*. url: [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)

Gazit Merav. (2016) *Living Matter: Biomaterials for design and architecture*. Massachusetts Institute of Technology.

Gerber, A Molefo O, Van der Merwe, A. (2010) "Documenting open-source migration processes for re-use". SAICSIT 2010 Conference - *Fountains of Computing Research*, edited by Paula Kotze, Aurna Gerber, Alta van der Merwe, and Nicola Bidwell. *ACM Press*, pp: 75 - 85,978-1-60558-950-3

Guido Ruivenkamp, Andy Hilton, Massimo De Angelis. (2017) *Perspectives on Commoning: Autonomist Principles and Practices*. Zed Books: London.

Kshitij Joshi, Mukesh Kumar Meher, Krishna Mohan Poluri. (2020) "Fabrication and Characterization of Bioblocks from Agricultural Waste Using Fungal Mycelium for Renewable and Sustainable Applications". *ACS Applied Bio Materials*. 3, pp. 1884-1892.

Lakhani, K. R., & von Hippel, E. (2003). "How Open Source Software Works: Free User to User Assistance". *Research Policy*, 32, pp: 923-943.

Lilian Ricaud. (2015) "Permaculture Patterning, a design framework for systemic transformation". *Spanda Journal VI, Systemic Change*.

Maria Elena Antinori, Luca Ceseracciu, Giorgio Mancini, José A. Heredia-Guerrero, Athanassia Athanassiou. (2020) "Fine-Tuning of Physicochemical Properties and Growth Dynamics of

Mycelium-Based Materials". *ACS Applied Bio Materials*. DOI: 10.1021/acsabm.9b01031

Mitchell Jones, Tanmay Bhat, Everson Kandare, Ananya Thomas, Paul Joseph, Chaitali Dekiwadia, Richard Yuen, Sabu John, Jun Ma, Chun-Hui Wang. (2018) "Thermal Degradation and Fire Properties of Fungal Mycelium and Mycelium - Biomass Composite Materials". *Scientific Reports*. 8:17583. DOI:10.1038/s41598-018-36032-9

Myers William, Antonelli Paola. (2012) "Bio Design: Nature + Science + Creativity", *Thames Hudson*.

Naheeda Begum, Cheng Qin, Muhammad Abass Ahanger Sajjad Raza, Muhammad Ishfaq Khan, Muhammad Ashraf, Nadeem Ahmed, Lixin Zhang. (2019) "Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance". *Plant Sci*. doi.org/10.3389/fpls.2019.01068

Noam Attias, Ofer Danai, Nirit Ezov, Ezri Tarazi, Yasha J. Grobman. (2017) "Developing novel applications of mycelium based biocomposite materials for design and architecture". Conference: *Building with bio-based materials: Best practice and performance specification*. At: Zagreb.

Plant Chicago. (2020) "Circular Economy". *Plant Chicago*. url: [plantchicago.org/circular-economy](http://plantchicago.org/circular-economy)

Stamets Paul. (2005) *Mycelium Running: How Mushrooms Can Help Save the World*. Ten Speed Press: Berkeley.

U. de Bertoldi-Schnappinger. (2007) "Chapter 6 Design of composting plants". *Waste Management Series*. Volume 8. pp: 89-117. DOI:10.1016/S1478-7482(07)80009-1

Valentina Rognoli, Massimo Bianchini, Stefano Maffei, Elvin Karana. (2015) "DIY materials". *Materials and Design*. 86. pp: 692 – 702.

Vera Meyer, Evelina Y. Basenko, J. Philipp Benz, Gerhard H. Braus, Mark X. Caddick, Michael Csukai, Ronald P. de Vries, Drew Endy, Jens C. Frisvad, Nina Gunde-Cimerman, Thomas Haarmann, Yitzhak Hadar, Kim Hansen, Robert I. Johnson, Nancy P. Keller, Nada Kračevac, Uffe H. Mortensen, Rolando Perez, Arthur F. J. Ram, Eric Record, Phil Ross, Volha Shapaval, Charlotte Steiniger, Hans van den Brink, Jolanda van Munster, Oded Yarden, Han A. B. Wösten. (2020) "Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper". *Fungal Biology and Biotechnology*. DOI: 10.1186/s40694-020-00095-z

Viktor Karl'a (2018) "Transparent Wood". *Theoretical and experimental analysis of architectural-structural shapes and fragments of building envelope structures designed for harsh conditions*.

Wikipedia<sup>1</sup>, Free Encyclopedia. (last edited: 2021) "Regenerative design". url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_design) [20 February 2021]

Wikipedia<sup>2</sup>, Free Encyclopedia. (last edited: 2021) "Systems theory". url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Systems\\_theory#Systems\\_ecology](https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_theory#Systems_ecology) [20 February 2021]

Yellow Elanor. (2015) "Mushroom Life Cycle". *Yellow Elanor: Identification 101*. <http://www.yellowelanor.com/mushroom-life-cycle>

Λαζαρίδη, Κουλουμπής, Σκουλάξινου, Κανακόπουλος, Λώλος. (2002) Προδιαγραφές ποιότητας και διάθεση κομπόστ: Η ελληνική και διεθνής εμπειρία. *1<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο για την διαχείριση Στερών Αποβλήτων*. Αθήνα.

Μανιός Θ. (2016) *Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων*. Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Ηράκλειο.

Ζαχαριάδου Ακατερίνη. (2018) *Κυκλική Οικονομία , Είναι η λύση για βιώσιμη τοπική ανάπτυξη*; Διπλωματική Εργασία, Διαπανεπιστημιακό Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Τοπική και Περιφερειακή Ανάπτυξη και Αυτοδιοίκηση».





