

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

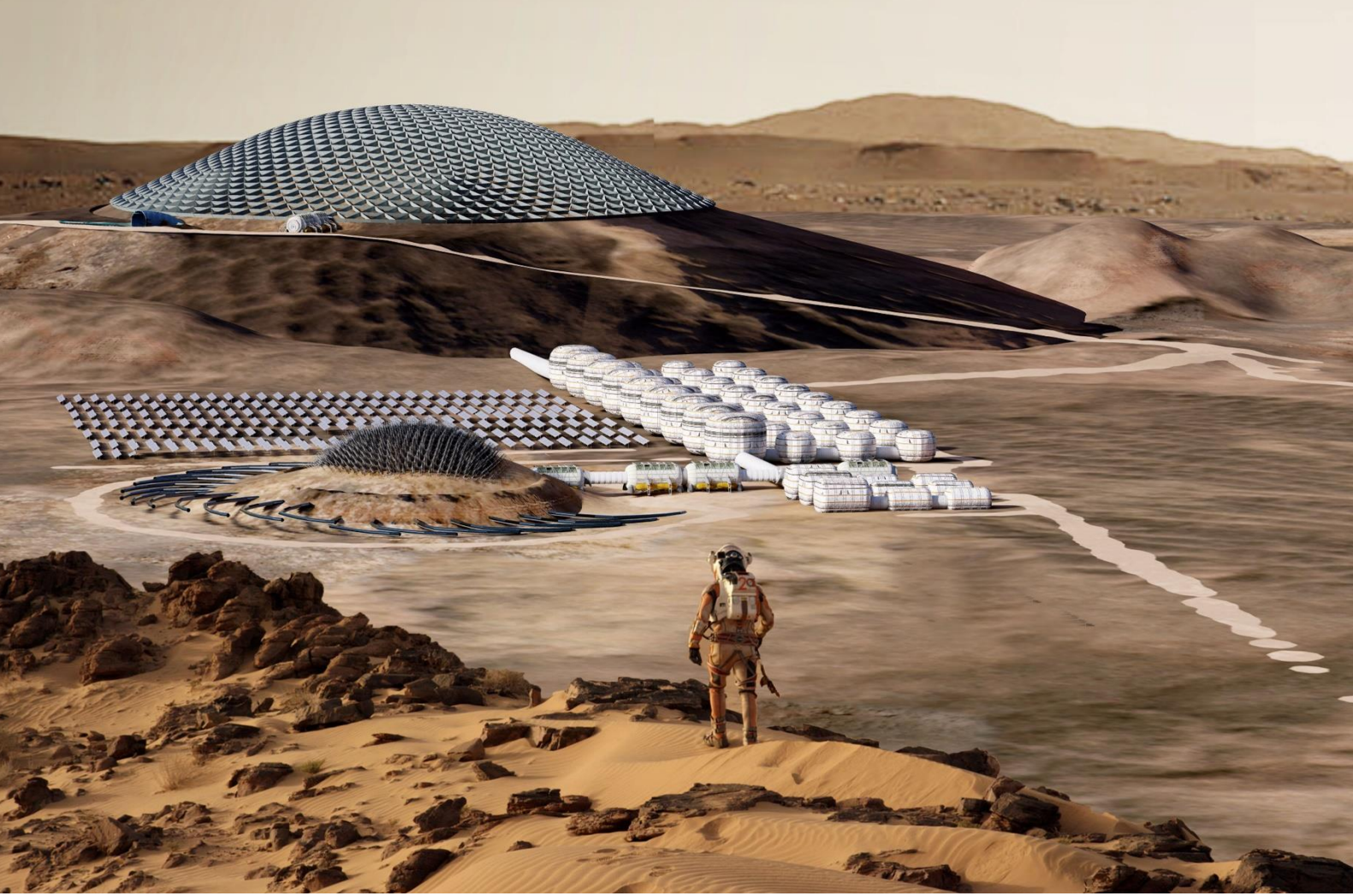
Ερευνητική Εργασία

Ακαδημαϊκό έτος: 2020-2021 εργασία του Διονύση Τέρεχοβ

# Η ανάλυση και η οργάνωση της διαστημικής αρχιτεκτονικής στην περίπτωση του Άρη

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος -Αλκέτας Ουγγρίνης

Χανιά, Ιούνιος 2021



*Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο-Αλκέτα Ουγγρίνη για την καθοδήγηση, το ενδιαφέρον και τις πολύτιμες υποδείξεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της ερευνητικής μου εργασίας. Ακόμη, ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη στήριξη και την βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια και τους φίλους μου για την συνεχή στήριξη τους.*

## Στόχοι της έρευνας

Στόχος της εργασίας είναι η ανάλυση και συλλογή των πληροφοριών μέσα από μελέτες και υπάρχοντα παραδείγματα με σκοπό την τελική οργάνωση για την εύρεση μεθόδων δημιουργίας μιας αποικία στον Άρη. Επιπλέον, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η σύνταξη των προτάσεων που εστιάζουν στα κρίσιμα ζητήματα μεταξύ της διαστημικής και αρχιτεκτονικής, ειδικά στην περίπτωση του Άρη. Τέλος, ο απώτερος σκοπός είναι η κατανόηση και η δημιουργία ολοκληρωμένης οπτικής γωνίας για τον τρόπο κατοίκησης των αστροναυτών στον κόκκινο πλανήτη.

## Αντικείμενο της μελέτης

Αντικείμενο της μελέτης είναι η ανάλυση και η οργάνωση της διαστημικής αρχιτεκτονικής στην περίπτωση του Άρη ως τον καταλληλότερο πλανήτη για την δημιουργία μόνιμης κοινότητας.

Η δομή της εργασίας συνίσταται από πέντε βασικές ενότητες. Η πρώτη αποτελεί την εισαγωγή στο θέμα και αναλύει τα χαρακτηριστικά του Άρη σε σύγκριση με την Γη. Εδώ, θέτονται τα χαρακτηριστικά του πρώτου ως περιορισμοί και τονίζονται οι ιδιαιτερότητες του σε σχέση με τις ανάγκες μιας κοινότητας ατόμων που σκοπεύουν να κατοικήσουν σε αυτόν. Δίνεται έμφαση και στα χαρακτηριστικά του Άρη που έχουν σχέση με την ανθρώπινη αντίληψη στο περιβάλλον του.

Στη δεύτερη ενότητα πραγματοποιείται μια ιστορική ανάδρομη στο θέμα και παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα από την πρακτική έρευνα και τα Mars analog σήμερα.

Η τρίτη ενότητα έχει ως στόχο την οργάνωση του σχεδιασμού σε σχέση με την τεχνολογία και τις κατάλληλες μεθόδους για την περίπτωση του Άρη. Παρουσιάζονται οι βέλτιστες τεχνικές και οι προτάσεις των τεχνολογιών που υπάρχουν.

Η τέταρτη ενότητα εξετάζει τον ανθρώπινο παράγοντα και προσομοιώνει την βιωματική εμπειρία των αστροναυτών που πρόκειται να αποικήσουν τον κόκκινο πλανήτη. Εξετάζει την έννοια και σημασία του τόπου καθώς επίσης τη σχέση του φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος.

Η πέμπτη και τελευταία ενότητα αποτελείται από προτάσεις που βασίζονται στα συμπεράσματα της μελέτης, όπου προτείνονται τεχνικές οργάνωσης και καινοτόμες λύσεις για τη δημιουργία μιας μόνιμης αποικίας στον Άρη. Επίσης, παρατίθενται γενικές προτάσεις για την αρχιτεκτονική μιας αποικίας στον Άρη ξεκινώντας από το πολεοδομικό και προχωρώντας στο χωρικό και χρηστικό μοντέλο.

## Μεθοδολογία

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έρευνα και συγκέντρωση υλικού, για την επιλογή και μετέπειτα την οργάνωση των στοιχείων της εργασίας. Στη συνέχεια, παράλληλα με την συγκέντρωση υλικού διαμορφώθηκε ο σκελετός της εργασίας, ο οποίος κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας δεχόταν συνεχείς αλλαγές. Ο λόγος για τον οποίο η συγγραφή πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την λήψη πληροφοριών ήταν ο αποσπασματικός χαρακτήρας των πηγών που είχε ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση τμημάτων από πολλές διαφορετικές πηγές. Η δυσκολία που υπάρχει στην μελέτη της σχέσης διαστημικής και αρχιτεκτονικής, καθώς το αντικείμενο αυτό δεν το « ακουμπάνε» πολλοί μελετητές είναι έκδηλη στην πορεία τη έρευνας μου. Καθώς επίσης κι η δυσκολία κατανόησης και ορισμού των σχέσεων μεταξύ των τεχνικών και των αρχιτεκτονικών εννοιών πράγμα που μετέπειτα οδήγησε σε τροποποιήσεις του σκελετού και την τελική οργάνωση μιας οριοθετημένης πρότασης.

Η μέθοδος συλλογής στοιχείων είναι βιβλιογραφική και διαδικτυακή. Η βιβλιογραφική έρευνα έγινε κυρίως με ξενόγλωσσα βιβλία κυρίως στον τομέα της διαστημικής .

## Περιεχόμενα

Στόχοι της έρευνας.....	2
Αντικείμενο της μελέτης .....	2
Μεθοδολογία.....	3
Περίληψη.....	6
Εισαγωγή.....	7
1. Γη και Άρης , διαφορές και ομοιότητες.....	«8 – 20»
1.1. Συνθήκες του περιβάλλοντος.....	8
1.2. Υλικά και οι φυσικοί πόροι .....	12
1.3. Ενεργειακές ανάγκες και δυνατότητες παραγωγής στις συνθήκες του Άρη.....	14
1.4. Μορφές που συναντώνται στην επιφάνεια του Κόκκινου πλανήτη και ο ανθρώπινος παράγοντας.....	17
2. Ιστορική εξέλιξη της διαστημικής αρχιτεκτονικής.....	«23 – 44»
2.1. Αρχή του οράματος και βασική ιδέα της διαστημικής αρχιτεκτονικής.....	23
2.2. Οραματιστές της δεκαετίας 1970 και η κληρονομιά τους.....	25
2.3. Οραματιστές της σημερινής εποχής και τα προτεινόμενα σχέδια τους.....	27
2.4. Πρακτική έρευνα της απομονωμένης και αυτόνομης κατοίκησης που προσομοιώνει τις συνθήκες του Άρη «Mars analog habitat» των τελευταίων δεκαετιών.....	29
2.4.1. Το πρόγραμμα BIOS και το πείραμα BIOS-3.....	30
2.4.2. Η πειραματική διάταξη MARS- 500.....	32

2.4.3.	Οι ερευνητικοί σταθμοί προσομοίωση των συνθηκών του Άρη για τους εξερευνητές και επιστημονικές του διαστήματος (FMARS) - (MDRS).....	37
2.4.4.	Η βιόσφαιρα 2 - πείραμα που έχει πραγματοποιηθεί στην Αριζόνα (1991-1993).....	39
3.	Σχεδιάζοντας για το διάστημα.....	«45 - 52»
3.1.	Ανάγκες μιας διαστημικής αποικίας και η οργάνωση των συνθηκών.	45
3.2.	Νέες τεχνικές (3D printing ) στην διαστημική τεχνολογία.....	46
3.3.	Άλλες καινοτόμες λύσεις στην διαστημική τεχνολογία.....	49
4.	Άνθρωπος και διάστημα - η βιωματική του εμπειρία.....	«53 - 61»
4.1.	Εσωτερικεύοντας τον τόπο και οι σχέσεις φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος.....	43
4.2.	Σχέση δημόσιων και ιδιωτικών χώρων.....	56
4.3.	Αισθήσεις και βιωματική εμπειρία σε μια διαστημική αποικία.....	57
4.4.	Ψυχολογικοί παράγοντες.....	61
5.	Προτάσεις των διαστημικών αρχιτεκτονικών συνόλων.....	«62 - 78»
5.1.	Επιλογή της γεωγραφικής θέσης για σχεδιασμό βάσης στον Άρη...	62
5.2.	Σύνολο του συγκροτήματος σε μάκρο επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού και η κατασκευή του κεντρικού θόλου.....	64
5.3.	Οργάνωση των δημόσιων και οι ιδιωτικών χώρων.....	73
5.4.	Δομικά υλικά του περιβάλλοντος.....	76
5.5.	Πράσινο μέσα στο περιβάλλον.....	77
6.	Συμπεράσματα.....	78
7.	Βιβλιογραφία.....	80

## Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία επιχειρεί τη διερεύνηση των δυνατοτήτων του πλανήτη Άρη να φιλοξενήσει μία μόνιμη αποικία με απώτερο σκοπό την εξέλιξή της σε ανεξάρτητη κοινότητα. Το κύριο αντικείμενο της έρευνας είναι μία ρεαλιστική προσέγγιση του σχεδιασμού μιας τέτοιας κοινότητας-αποικίας και το αρχιτεκτονικό σύνολο που θα αρμόζει περισσότερο σε αυτές τις συνθήκες.

Το θέμα προσεγγίζεται ξεκινώντας από την ανάλυση των συνθηκών του περιβάλλοντος και τους φυσικούς πόρους που παρέχονται ή μπορούν να παραχθούν στην επιφάνεια του Άρη. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα ιστορικά δρώμενα που αφορούν το ζήτημα διαστημικής αρχιτεκτονικής γενικώς και στα γεγονότα που επηρέασαν και αποτέλεσαν κομβικά σημεία στην εξέλιξη της .

Θεωρώντας ως βασικό κομμάτι της έρευνας σήμερα, μία διαστημική αποικία, αναλύεται σχολαστικά η πρακτική έρευνα και τα Mars analog που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζοντας μερικά από αυτά που έχουν αξιολογήσει αποτελέσματα.

Τονίζονται οι ανάγκες μιας διαστημικής αποικίας και η στοιχειώδης οργάνωση των συνθηκών. Παρουσιάζονται νέες τεχνικές και καινοτόμες λύσεις στην κατασκευή και τη χρήση νέων υλικών, όπως παραδείγματος χάρι είναι η τεχνολογία εκτύπωσης 3D printing .

Στη συνέχεια εξετάζεται ο ανθρώπινος παράγοντας στο διάστημα και η βιωματική εμπειρία του ατόμου και της κοινότητας σαν σύνολο. Εξετάζονται κι οι σχέσεις τέτοιων εννοιών στο αρχιτεκτονικό σύνολο, όπως η έννοια του τόπου, δημόσιου και ιδιωτικού και οι σχέσεις φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος. Αναλύονται οι ψυχολογικοί παράγοντες και τα συναισθήματα που επηρεάζουν τη βιωματική εμπειρία και εξετάζεται ο χρονικός παράγοντας στην οργάνωση του χώρου.

Στο πρακτικό κομμάτι παρουσιάζονται προτάσεις για διάφορα στάδια οργάνωσης μιας τέτοιας αποικίας σε μακρο και μικρο επίπεδο. Αναλύονται με λεπτομέρεια οι ιδιότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Αρειανού θόλου και σχεδιάζεται σχεδιάγραμμα με τους απαραίτητους χώρους και την διασύνδεση τους. Παρουσιάζονται προτάσεις για την ασφάλεια των συνθηκών και προτείνονται λύσεις για τη χρήση της βλάστησης, ως πηγή τροφής και για την παραγωγή οξυγόνου. Παρουσιάζονται, επίσης, προτάσεις για τη χρήση νέων υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον.

Στο τέλος, γίνεται μία ρεαλιστική προσέγγιση μιας πρόβλεψης - σενάριο εάν αποφασίζαμε ως πολιτισμός να δημιουργήσουμε μόνιμη κοινότητα στον Άρη.

## Εισαγωγή

Γιατί στον Άρη;

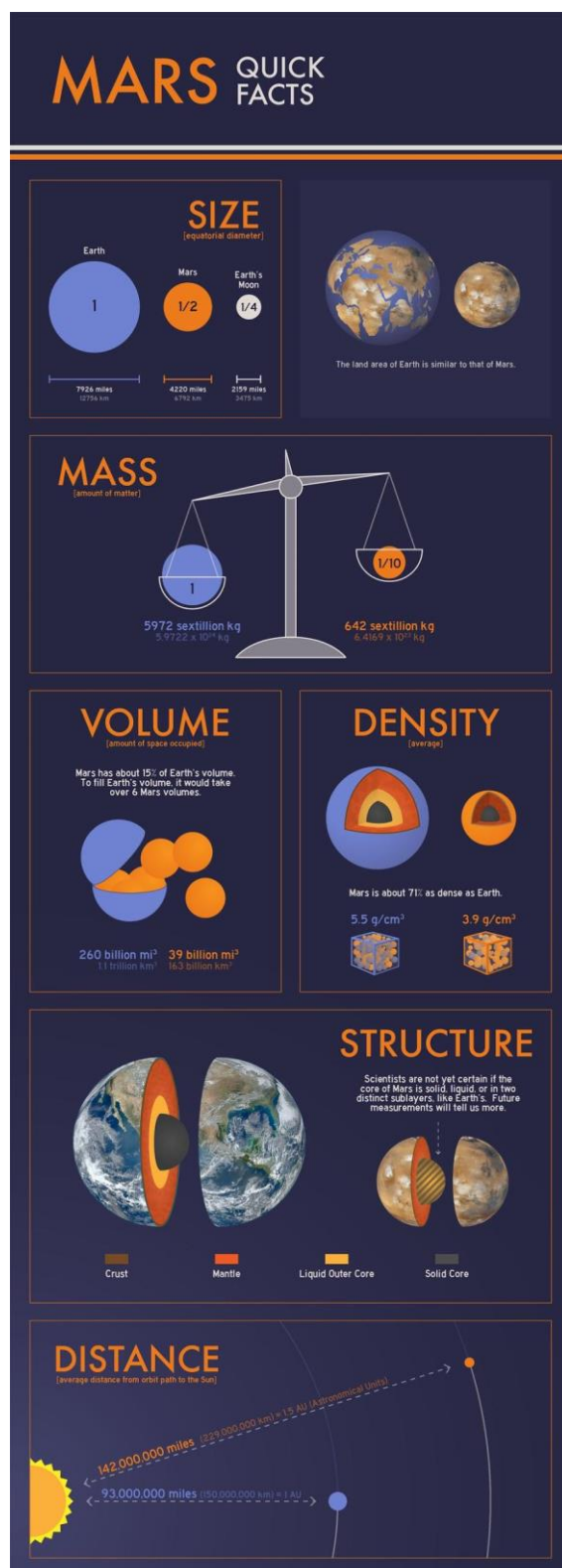
Το ερώτημα «γιατί» να πάμε στον Άρη έχει μία πολύ γενική μορφή και είναι σίγουρο ότι όταν κάποιος θέτει αυτό το ερώτημα στην επιστημονική κοινότητα εννοεί ότι οι άνθρωποι πρέπει να πάνε στον Άρη, αλλά αναρωτιέται για το μέλλον τους σε έναν νέο πλανήτη. Είναι προφανές ότι σαν κοινωνία έχουμε εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό που μπορούμε να πάμε στον Άρη και πιστεύουμε ότι είναι εφικτό και η πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας πλέον δεν αμφισβητεί τη δυνατότητά μας να στείλουμε ανθρώπους στον Άρη. Αυτό που προβληματίζει την κοινότητα είναι το αν η επίσκεψη στον πλανήτη περιοριστεί στην τοποθέτηση απλά μιας σημαίας και στη συλλογή μερικών πετρωμάτων ή αν θα σημαίνει τη δημιουργία μόνιμης αποικίας που μπορεί να είναι η αρχή της εξάπλωσης του ανθρώπινου είδους σε έναν άλλον πλανήτη. Σε αυτό το σημείο οι απόψεις δίστανται. Πολλοί πιστεύουν ότι πρέπει να δημιουργήσουμε μία μικρή βάση για να πάρουμε περισσότερες απαντήσεις σχετικά με τον πλανήτη. Οι υπόλοιποι έχουν τις προσδοκίες ότι θα μπορέσουμε να δημιουργήσουμε ένα περιβάλλον που θα μπορεί να υποστηρίξει τη μόνιμη παρουσία του ανθρώπου σε ανεξάρτητη αποικία από τη Γη. Όπως είπε και ο Stephen Hopkins, είναι πολύ επικίνδυνο να κρατάμε όλα τα αυγά σε ένα καλάθι και βεβαίως κανένας δεν μπορεί να διαφωνήσει ως προς την ορθότητα αυτής της σκέψης. Σαφώς υπάρχουν και ομάδες επιστημόνων που υποστηρίζουν τη θαρραλέα ιδέα για τη μεταμόρφωση ολόκληρου του πλανήτη σε κατοικήσιμο περιβάλλον. Η ιδέα αυτή αφορά το πολύ απώτερο μέλλον και είναι ξεχωριστή συζήτηση που θέτει άλλα ερωτήματα. Αυτό που ενώνει και τις δύο ομάδες είναι το όραμα να βρεθεί ο άνθρωπος πάνω στον Άρη. Είναι προφανές ότι αν κλείσει οποιοσδήποτε τα μάτια και φανταστεί έναν άνθρωπο στον Άρη, θα τον φανταστεί να βρίσκεται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο με τεχνολογίες αιχμής και με διαστημική αρχιτεκτονική αντάξια σε αυτό το όραμα. Έτσι και ο σκοπός της έρευνάς μου είναι να διακρίνω όλες τις δυνατότητες που μας παρέχει η σημερινή εποχή ώστε αυτή η εικόνα να είναι όσο γίνεται πιο ολοκληρωμένη και πιο συνεπής στην πραγματικότητα. Συνοψίζοντας τη σκέψη, μπορούμε να πούμε ότι θα ήταν καλύτερα να προαποφασίσουμε για το τι αναζητάμε σε αυτόν τον πλανήτη πριν πάμε εκεί, για να μην επαναλάβουμε τα λάθη της αποστολής στον Απόλλωνα. Στο τέλος, ότι και να αποφασίσουμε, όποιος σκοπός και να μας φέρει στον Άρη, θα έχει επηρεάσει θετικά την αντίληψή μας και την αρχιτεκτονική, όπως η αποστολή στη Σελήνη στη δεκαετία του '70 και θα είναι ένα ανοδικό βήμα στην ανθρώπινη εξέλιξη.



# 1. Η Γη και ο Άρης, διαφορές και ομοιότητες

## 1.1 Συνθήκες του περιβάλλοντος

Στην πραγματικότητα, αν κοιτάξουμε τον Άρη δε διαφέρει πολύ από τη Γη συγκριτικά με τους άλλους πλανήτες, όπως ο Δίας και η Αφροδίτη και τα άλλα ουράνια σώματα του ηλιακού μας συστήματος. Ο Άρης, αναφέρεται συχνά ως ο "Δίδυμος της Γης", λόγω των ομοιοτήτων που έχει με τον πλανήτη μας. Είναι και οι δύο χερσαίοι πλανήτες, έχουν και οι δύο πολικές κεφαλές πάγου και (κάποτε) και οι δύο είχαν βιώσιμες ατμόσφαιρες και υγρό νερό στις επιφάνειές τους. Αλλά, πέρα από αυτά τα γενικά χαρακτηριστικά είναι αρκετά διαφορετικοί πλανήτες ειδικά όταν τους συγκρίνουμε ως κατάλληλους βιότοπους για ζωντανούς οργανισμούς. Όταν πρόκειται για την ατμόσφαιρα, ο Άρης ξεχωρίζει από τη Γη σε μερικά σημαντικά σημεία. Εκτός από την διαφορετική σύσταση, η ατμόσφαιρα του Άρη είναι πάρα πολύ αραιή και μπορεί να συγκριθεί με την πίεση που επικρατεί στη Γη στο υψόμετρο των 35 χιλιομέτρων. Σε τέτοιο ύψος στη Γη μπορούμε να αγνοήσουμε πλέον την πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα και να θεωρούμε ότι έχουμε κενό. Σε τέτοια χαμηλή πίεση, το νερό βράζει σε



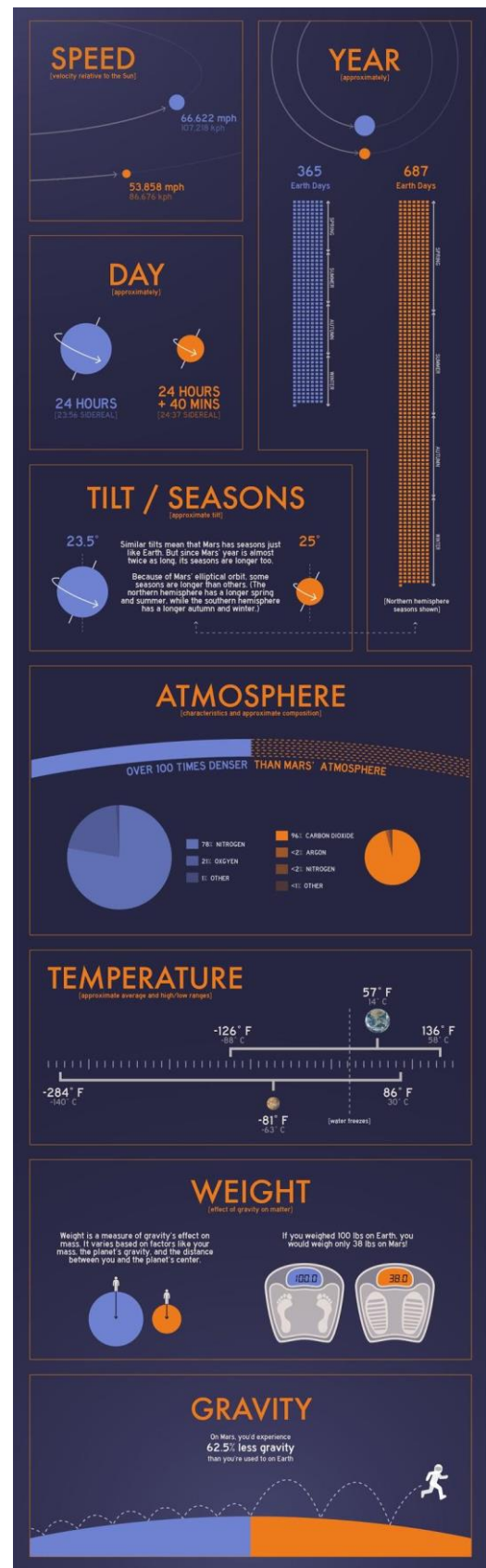
Εικόνα 1. Πίνακας διαφορών και ομοιοτήτων της γης και του Άρη.



οποιαδήποτε θερμοκρασία και συνεπώς οι συνηθισμένοι υδρόβιοι οργανισμοί που ευδοκιμούν στο δικό μας πλανήτη δε μπορούν να επιβιώσουν ελεύθερα στην επιφάνεια του Άρη. Γι' αυτό στην επιφάνεια του, θα πρέπει υποχρεωτικά να δημιουργηθεί τεχνητό περιβάλλον ώστε να συντηρούνται κατάλληλες συνθήκες επιβίωσης.

Γενικώς, ο πλανήτης Άρης βρίσκεται γύρω από τον ήλιο στην ευνοϊκή ζώνη για ζωντανούς οργανισμούς, διαθέτει ατμόσφαιρα, νερό και οι θερμοκρασίες είναι σχετικά κοντά στις θερμοκρασίες της γης. Γι' αυτό θεωρείται ότι κάτω από το έδαφος, όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη μπορεί να υπάρχουν ζωντανοί οργανισμοί. Οι διακυμάνσεις, όμως, της θερμοκρασίας στην επιφάνεια είναι πολύ μεγάλες και από συν 10-20 βαθμούς Κελσίου, την ημέρα, φτάνουν στους μείον 60-80 βαθμούς Κελσίου τη νύχτα, στον Ισημερινό.

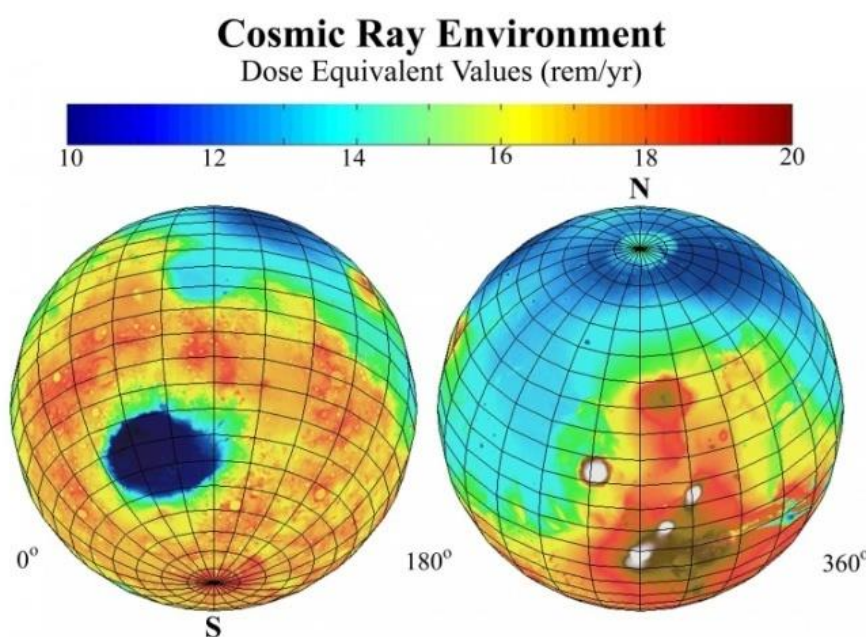
Η βαρύτητα αποτελεί περίπου το 1/3 της γήινης και η ηλιοφάνεια είναι αρκετή για να θρέψει βλάστηση. Ο ουράνιος θόλος έχει πορτοκαλί απόχρωση κατά το ηλιοστάσιο και κατά τη δύση του ηλίου παίρνει γαλάζια απόχρωση, που είναι το αντίθετο ακριβώς με το ηλιοστάσιο και την δύση του ηλίου στη Γη. Παρόλες τις όποιες ευνοϊκές συνθήκες, για έναν ζωντανό οργανισμό που έχει προσαρμοστεί στις γήινες συνθήκες, το περιβάλλον του Άρη είναι ακραίο και μπορεί να σκοτώσει τον άνθρωπο σε μερικά λεπτά.



Εικόνα 2. Πίνακας διαφορών και ομοιοτήτων της γης και του Άρη

Επίσης, πολύ σημαντικός παράγοντας που κάνει τον Άρη να διαφέρει με τη Γη είναι η αυξημένη ραδιενεργή ακτινοβολία. Η απουσία φαινομένων όπως ζώνες Van Allen (απουσία των μαγνητικών πεδίων βάσει των οποίων προστατεύεται η Γη από την ακτινοβολία) σε συνδυασμό με τη λεπτή ατμόσφαιρα του Άρη, επιδρούν αρνητικά στο επίπεδο της ακτινοβολίας στην επιφάνεια του. Υπάρχουν τρεις τύποι ακτινοβολίας που χτυπούν την επιφάνεια του Άρη:

1) Η ιονίζουσα ραδιενεργή ακτινοβολία του σύμπαντος (ionizing).



*Η ιονίζουσα (non-ionizing) και η γαλαξιακή κοσμική ακτινοβολία (Galactic Cosmic Radiation-GCR).*

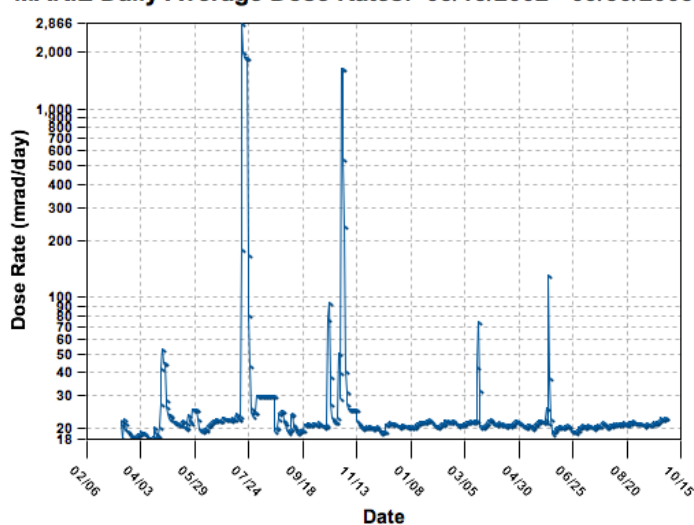
Εικόνα 3. Στην εικόνα αναπαρίσταται ο ετήσιος χάρτης της ποσότητας της ακτινοβολίας

2) Η ηλιακή ακτινοβολία.

Είναι αρκετά έντονη στην επιφάνεια του πλανήτη ειδικά κατά το διάστημα

της Ηλιακής καταιγίδας. Στο πείραμα που έχει πραγματοποιήσει η NASA, φαίνεται η διακύμανση της ακτινοβολίας στη διάρκεια ηλιακής καταιγίδας κατά την οποία η ακτινοβολία λαμβάνει πολύ υψηλές τιμές και όλοι οι σύνθετοι ζωντανοί οργανισμοί χρειάζονται οπωσδήποτε προστασία.

**MARIE Daily Average Dose Rates: 03/13/2002 - 09/30/2003**



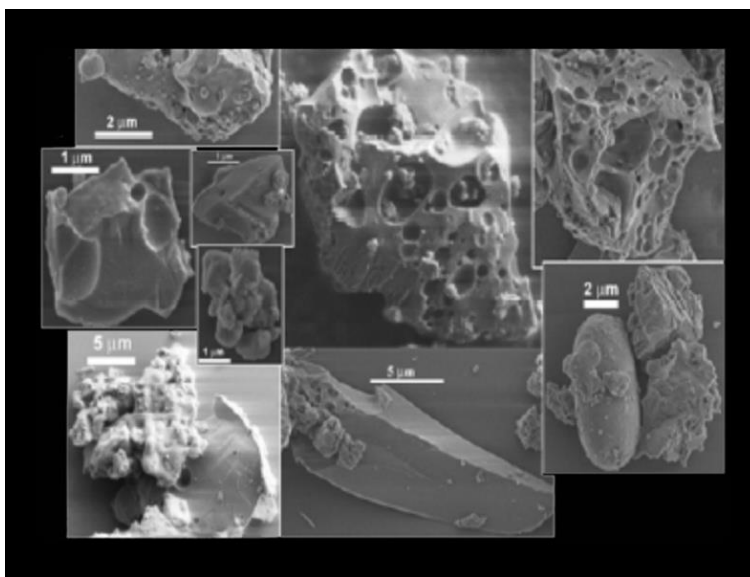
Εικόνα 4. Στην εικόνα αναπαρίσταται ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας για το χρονικό διάστημα 03/13/2002-09/30/2003

### 3) Η ακτινοβολία της επιφάνειας του Άρη

Η τρίτη πηγή ακτινοβολίας είναι η ίδια η επιφάνεια του πλανήτη, που έχει αυξημένο φόντο σε σχέση με την Γη. Θεωρείται, όμως, ότι δεν είναι αρκετά μεγάλη η διαφορά με τη Γη και μπορεί να λυθεί εύκολα με τεχνικούς τρόπους. Το γεγονός αυτό καθιστά το πρόβλημα λιγότερο σημαντικό σε σχέση με αυτό που προκαλούν οι άλλες δυο πηγές της ακτινοβολίας.

Υπάρχουν, επίσης, και μη διακριτές διαφορές μεταξύ των πλανητών όπως για παράδειγμα, η σκόνη. Σε αντίθεση με την γήινη αποτελείται από μικροσωματίδια που έχουν τη μορφή κόκκων ενός γυαλόχαρτου. Αυτοί οι κόκκοι εισχωρούν σε οποιοδήποτε

μηχανισμό προκαλώντας φθορές και δημιουργούν ζημιά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Τα ίδια



Εικόνα 5. Εικόνες στο μικροσκόπιο της σεληνιακής σκόνης.

ζητήματα υπήρχαν κατά τη διάρκεια των αποστολών Apollo της NASA στη Σελήνη. Η σεληνιακή σκόνη έχει την ίδια υφή και ως αποτέλεσμα προκάλεσε πολλά προβλήματα.

Επιπλέον, το έδαφος περιέχει τοξικά όξινα άλατα και δεν καλλιεργείται. Κατά συνέπεια θα πρέπει να φιλτραριστεί πριν από την οποιαδήποτε χρήση του στο εσωτερικό της εγκατάστασης.

Τέλος, οποιαδήποτε κατασκευή που χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία ή οποιοδήποτε παράθυρο ή θόλος, όπως για παράδειγμα το φωτοβολταϊκό πάνελ, θα καλύπτεται από τη σκόνη που περιέχεται στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια της ανεμοθύελλας μειώνοντας γρήγορα την απόδοσή του.

Είναι προφανές πως όλες οι κατασκευές που θα φιλοξενούν ανθρώπους στον Άρη θα πρέπει να είναι ασφαλείς, να είναι ανθεκτικές σε αυτές τις συνθήκες και να είναι φιλόξενες ως προς τη διαβίωση.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι εκτός από τις αρνητικές διαφορές μεταξύ των δύο πλανητών Γη – Άρη, έχουμε και κάποιες θετικές διαφορές που μπορούν να λειτουργήσουν προς όφελος μας. Μία βασική διαφορά που είναι θετική για εμάς είναι η μικρότερη βαρύτητα που μας επιτρέπει να δημιουργούμε με τα ίδια υλικά πολύ πιο μεγάλες και ελαφριές κατασκευές. Επίσης, η μειωμένη βαρύτητα, έχει σημαντικό ρόλο στις μετακινήσεις πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη και συνεπώς στην εκτόξευση των πυραύλων από την επιφάνεια του Άρη. Η ταχύτητα διαφυγής από τον κόκκινο πλανήτη είναι 5,027 km/s και είναι πολύ μικρότερη από αυτή της Γης (11.2 km/s) γεγονός που διευκολύνει το έργο των αστροναυτών να υπερνικήσουν το βαρυτικό πηγάδι και να αναπτύξουν την αναγκαία ταχύτητα διαφυγής.

## 1.2 Υλικά και οι φυσικοί πόροι

Τα υλικά και τα χημικά στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνεια του Άρη μοιάζουν πολύ με τα υλικά που βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης. Υπάρχουν σχετικά μικρές διαφορές στα χημικά

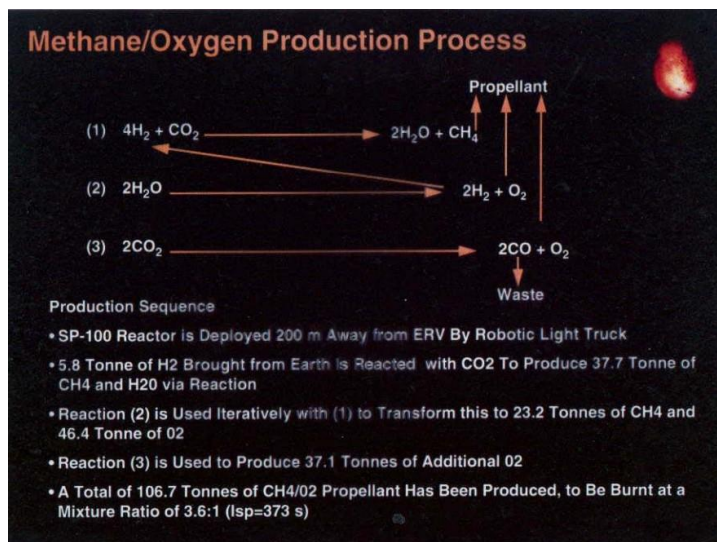
Στοιχείο	Μορφή	Συμβολισμός	% Βασάλτης	% άλατα του Άρη
Silica		sio2	45	49,6
Alumina		Ah03	12	7,1
Calcium	oxide	CaO	11	10,9
Magnesium	oxide	MgO	10	
Iron	oxide	Fe203	13	
Sodium	oxide	NaO	3	
Titanium	oxide	TO	3	
Potassium	peroxide	K202	1,5	
phosphorus		P20	1,5	
Manganese	oxide	Mn05	0,5	

Εικόνα 6. Πίνακας με την περιεκτικότητα σε υλικά για το Βαζάλτη στο έδαφος του Άρη. Βιβλίο 'Turning Dust to Gold' Haym Benaroya, 2010.



στοιχεία που βρίσκονται σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα από ότι στη Γη και μπορούν να προσφέρουν νέες δυνατότητες, όπως για παράδειγμα το Ρήνιο (πάρα πολύ ανθεκτικό μέταλλο), το Βολφράμιο, που μπορεί να αντικαταστήσει το σίδηρο ή το αλουμίνιο σε κράματα.

Η ατμόσφαιρα του Άρη αποτελείται κυρίως από το Διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά για χημικές διεργασίες φωτοσύνθεσης ή να γίνει καύσιμο με



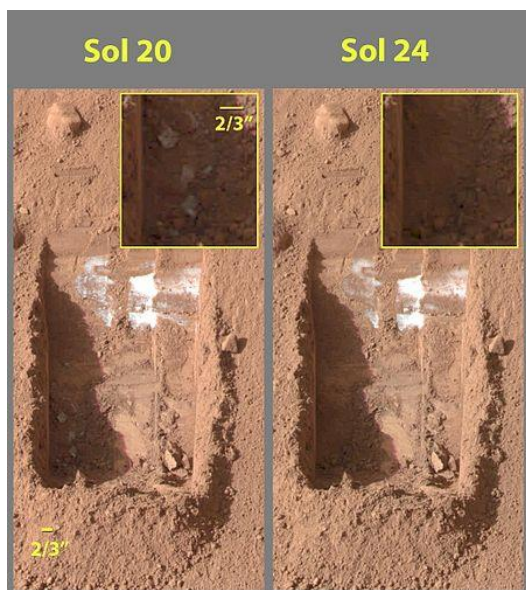
Εικόνα 7. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η διαδικασία και τα στάδια που πρέπει να λάβουν χώρα οι χημικές διεργασίες για να παράγουμε καύσιμο από την Αριανή ατμόσφαιρα. Απόσπασμα από την πρόταση αποστολής στον Άρη. *Mars Direct: Humans to the Red Planet within a Decade* Dr. Robert Zubrin.

χημικές διεργασίες για την παραγωγή ενέργειας ή προώθησης. Αυτές οι διαδικασίες έχουν μελετηθεί σχολαστικά στο πρόγραμμα Mars Direct από τους αστροφυσικούς Robert Zubrin και David Baker, στις αρχές της δεκαετίας του 1990.

Επίσης, από τη στιγμή που μπορούμε να πάρουμε υδρογονάνθρακες, μπορούμε να παράγουμε οποιοδήποτε είδος πλαστικού για να δημιουργήσουμε σύνθετες δομές, υφάσματα, μεμβράνες κ.τ.λ.. Εννοείται πως για να γίνουν όλες

αυτές οι ενέργειες θα πρέπει να διαθέτουμε σε αφθονία νερό, το οποίο από τις τελευταίες μελέτες δείχνει να βρίσκεται κάτω από το έδαφος σε παγωμένη μορφή ή σε λίγο μεγαλύτερο βάθος σε υγρή.

Τέλος, το έδαφος του Άρη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσουμε λιθοδομές ή

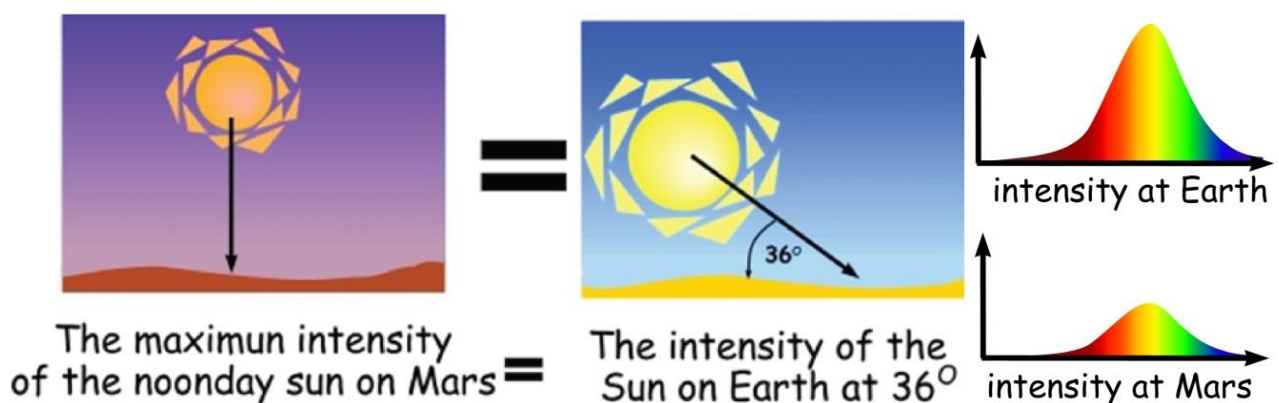


Εικόνα 8. Οι φωτογραφίες που τραβήχτηκαν από το Phoenix Mars Lander την 20η και 24η ημέρα της αποστολής (15 και 19 Ιουνίου 2008), δείχνουν εξάχνωση πάγου σε ένα χαντάκι.

κεραμικές- πήλινες κατασκευές. Πολλά project που αφορούν τις αποστολές στον Άρη βασίζονται σε αυτές τις τεχνικές και υπόσχονται πολλές δυνατότητες. Έτσι, χρησιμοποιώντας όλα αυτά τα υλικά, είτε με χημικές διεργασίες είτε με μηχανικές διεργασίες, μπορούμε να πετύχουμε πολύ καλά αποτελέσματα που αφορούν τη δόμηση. Οι τεχνικές που θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε είναι παρόμοιες με τις τεχνικές που εφαρμόζονται στη Γη. Τα τελευταία 10 χρόνια, διάφορες επιστημονικές ομάδες έχουν πραγματοποιήσει έρευνες σχετικές με τις κατασκευές κτιρίων στον Άρη και στη Σελήνη, απευθείας από την Αρειανή ή Σεληνιακή σκόνη. Ειδικά αυτήν τη διαδικασία θα την αναλύσουμε περισσότερο στα επόμενα κεφάλαια .

### 1.3 Ενεργειακές ανάγκες και δυνατότητες παραγωγής ενέργειας στις συνθήκες του Άρη

Πιθανόν τον πρώτο καιρό η μεγαλύτερη ανάγκη της ανθρώπινης αποικίας, θα είναι η ενέργεια. Αυτό γιατί ο Άρης βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από τη Γη και η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι 6/10 φορές μικρότερη. Έτσι, πιθανόν η πηγή της ενέργειας θα πρέπει να είναι μικτή για να μην κινδυνεύει η αποικία να ξεμείνει από ενέργεια ανά πάσα στιγμή. Αυτό οδηγεί τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, για όλες τις αποικίες στον Άρη, να στρέφεται στην ύπαρξη ενός βιοκλιματικού χαρακτήρα που μπορεί να διαχειριστεί αυτά τα ζητήματα καλύτερα και αποδοτικότερα.



Εικόνα 9. Στις εικόνες φαίνεται η αντιστοιχία της ακτινοβολίας του Ήλιου στον Άρη..

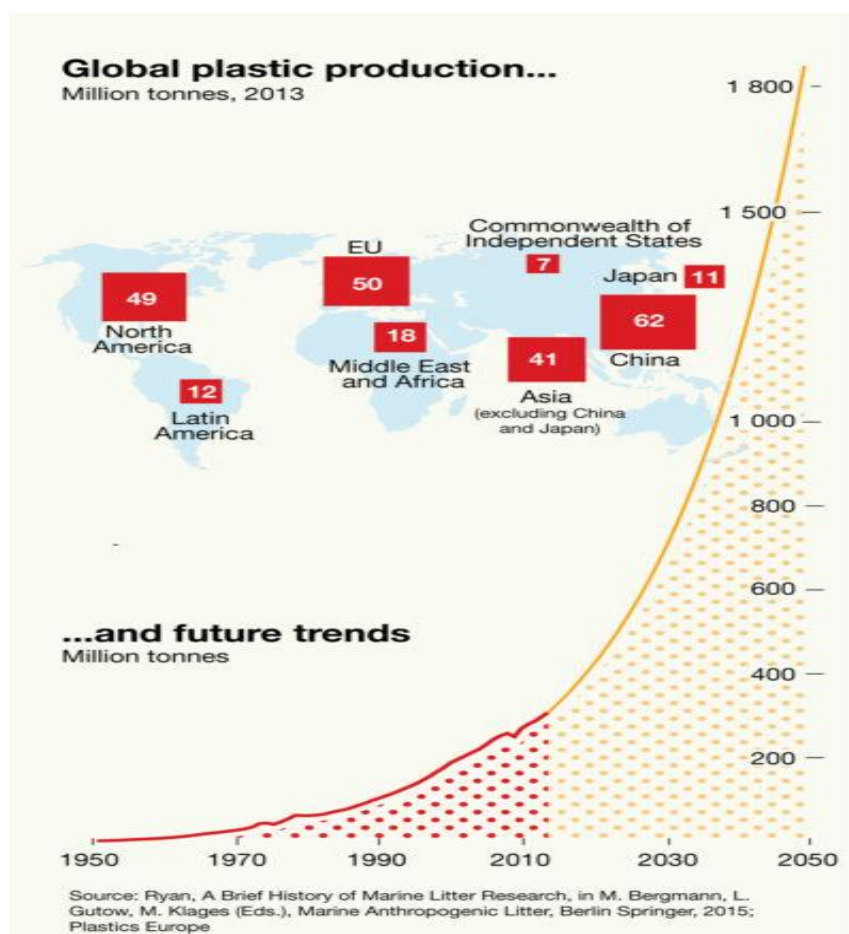
Φαίνεται ξεκάθαρα από τις ποσότητες ακτινοβολίας που πέφτουν στην επιφάνεια του Άρη ότι δεν έχει ιδιαίτερο νόημα η χρήση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας για τις καλλιέργειες ή η

δημιουργία θόλου, ώστε να μεγαλώνουμε φυτά απευθείας από την ακτινοβολία του Ήλιου, παρά μόνο για αισθητικούς λόγους ή λόγους συμπληρωματικού φωτισμού. Συνεπώς, είτε θα πρέπει να συλλέγεται η ακτινοβολία με κάτοπτρα για μεγαλύτερη απόδοση ή να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια από μεγάλη επιφάνεια φωτοβολταϊκών για το φωτισμό και τις καλλιέργειες.

Αργότερα, όταν θα ξεκινήσουμε να εκμεταλλευόμαστε τους πόρους του περιβάλλοντος που μας παρέχει ο Άρης, το πρόβλημα πλέον δεν θα είναι ενεργειακό. Φαίνεται, ότι το πιο σημαντικό ζήτημα που θα προκύψει θα είναι η αυτόνομη παραγωγή σύνθετων υλικών από τα στοιχεία που μας παρέχει η επιφάνεια του Άρη και η απαιτούμενη ενέργεια για την κατασκευή αυτών. Ένα παράδειγμα, αποτελεί το σπίτι μιας μέσης ευρωπαϊκής οικογένειας, στο οποίο βρίσκονται περίπου 200kg -300kg πλαστικού, ενώ περίπου την ίδια ποσότητα έχει ένα αυτοκίνητο στο εσωτερικό του. Παγκοσμίως, από τις μελέτες υπολογίζεται ότι για το 2015 η παραγωγή πλαστικού ήταν 25 κιλά ετησίως για κάθε κάτοικο της Γης. Όλα τα έπιπλα που χρησιμοποιούμε, κατά το μεγαλύτερο μέρος τους είναι ξύλινα και έχουμε περίπου 100 τετραγωνικά μέτρα υφασμάτων για τις διάφορες ανάγκες μας. Έτσι, μία μόνιμη εγκατάσταση θα πρέπει να έχει μία σταθερή πηγή παραγωγής ενέργειας.

Πιθανόν το βιοκλιματικό μοντέλο της αποικίας θα είναι και βιολογικό όπου θα υπάρχει στροφή στις φυσικές ή φυτικές και οικολογικές λύσεις που προϋποθέτουν λιγότερη χρήση ενέργειας και περισσότερα ανακυκλώσιμα υλικά. Σίγουρα, η παραγωγή μετάλλων και η κατασκευή με χρήση αυτών, αν θα είναι εφικτό, αφορά το μακροπρόθεσμο χρονικό διάστημα. Αν φανταστείτε μία μόνιμη αποικία στον Άρη θα μοιάζει μάλλον με ένα βιολογικό και οικολογικό σπίτι με κατά κόρον χρήση πλαστικού και κεραμικών στοιχείων παρά με ένα διαστημόπλοιο.





Εικόνα 10. Χρήση πλαστικού παγκοσμίως και πρόγνωση των αναγκών.

Εν κατακλείδι, ο σκοπός είναι στη μόνιμη κατοικία να υπολογιστούν τα βιωματικά μοντέλα που θα στηρίζονται στο μεγαλύτερο μέρος τους στους πόρους που διαθέτει το περιβάλλον και μερικώς σε προϊόντα τεχνολογίας αιχμής που έρχονται από τη Γη. Με αυτά τα δεδομένα η αποικία θα πρέπει να έχει τεχνολογικές και αρχιτεκτονικές λύσεις που θα μπορούν να αναπτυχθούν κατά πλειοψηφία από τους ίδιους τους κατοίκους, ώστε να υπάρχει ανάπτυξη και σταθερότητα στο περιβάλλον τους.

## 1.4 Μορφές που συναντώνται στην επιφάνεια του Κόκκινου πλανήτη και ο ανθρώπινος παράγοντας

Οι αισθήσεις και οι μορφές στον Άρη σε περίπτωση μόνιμης αποίκησης, θα μπορούσαν να διαχωριστούν σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα, οι άνθρωποι θα επηρεάζονται από τις συνθήκες που χαρακτηρίζουν τον πλανήτη και, στην δεύτερη ενότητα, ο περιβάλλον χώρος που θα διαμορφώνεται από τις ανθρώπινες δημιουργίες και κατασκευές, θα προσδίδει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στο τοπίο.

Παρατηρώντας σχολαστικά το περιβάλλον του Άρη και των συνθηκών που επικρατούν, σίγουρα θα επηρεαστούν και οι αισθήσεις των μόνιμων κατοίκων του πλανήτη. Αυτό το απέραντο του Άρη δεν αποτελείται μόνο από την έρημο όπως συνήθως βλέπουμε στις εικόνες που μας στέλνουν τα ρομπότ μας στην επιφάνεια (τα ρομπότ δεν μπορούν να πάνε παντού), αλλά υπάρχουν και πάρα πολλά βουνά, χαράδρες και διάφοροι άλλοι σχηματισμοί με διάφορες αποχρώσεις και χρώματα.



Εικόνα 11. Δορυφορικές εικόνες του Άρη που δείχνουν διάφορους σχηματισμούς - αποχρώσεις.

Επίσης, πολύ σημαντικό είναι ότι στην επιφάνεια του Άρη δεν υπάρχουν ποτάμια και θάλασσες και δεν υπάρχει αυτή η αντίθεση που διαθέτει η Γη στις παραλίες, όπου ένα στερεό το αγκαλιάζει ένα υγρό στοιχείο. Ο ουρανός στον Άρη είναι πεντακάθαρος και δεν υπάρχουν οι περιέργοι σχηματισμοί από σύννεφα που διεγείρουν τη φαντασία και συμπληρώνουν αρμονικά το γήινο τοπίο, εκτός από τις μέρες που συμβαίνει αμμοθύελλα και όλος ο ουρανός γίνεται κόκκινος. Επιπλέον, δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου πράσινο χρώμα όπως το συναντάμε συχνά στη γη σε μορφή βλάστησης και επιδρά θετικά στον άνθρωπο. Στην επιφάνεια του πλανήτη Άρη, τα ερεθίσματα που θα έχει ο άνθρωπος θα είναι κυρίως οπτικά και είναι λογικό γιατί δεν μπορεί να βρεθεί χωρίς στολή στην επιφάνεια του πλανήτη και να μυρίσει, να ακουμπήσει, αισθανθεί, ενώ η ατμόσφαιρα λόγω της μειωμένης πίεσης δεν μεταδίδει σχεδόν καθόλου ήχο.

Συμπερασματικά, για τους μόνιμους κατοίκους του πλανήτη, ο τόπος και τα χαρακτηριστικά του θα είναι κυρίως οι δημιουργίες του είδους μας, αν το αναλύσουμε με την έννοια του τόπου,



Εικόνα 12. Στην εικόνα απεικονίζεται μία σύγχρονη πρόταση δημιουργίας αποικίας στον Άρη με την τεχνική τρισδιάστατης εκτύπωσης.

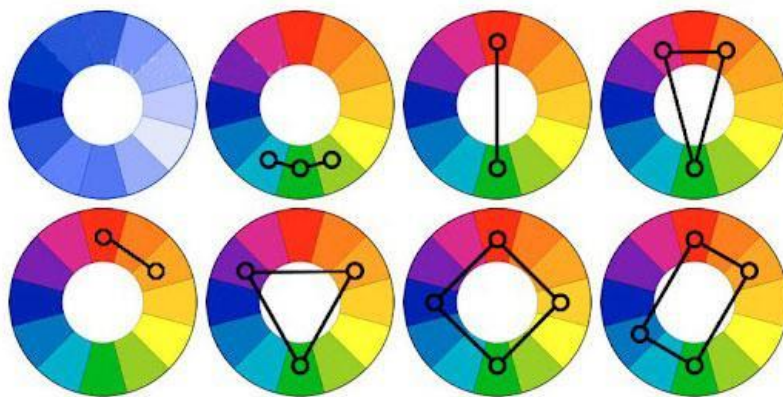
όπως τον περιγράφουν οι Gilles Deleuze και Félix Guattari, στις σχέσεις μεταξύ της φιλοσοφίας και της αρχιτεκτονικής σκέψης. Οι σχέσεις χώρου/τόπου σε μια γενεαλογική εξέταση σε σημεία μοναδικότητας και ιδιομορφίας, στην περίπτωση του Άρη θα εμπεριέχουν όλο και

περισσότερο ανθρώπινο παράγοντα ειδικότερα για τους κατοίκους του κόκκινου πλανήτη. Στον εξωτερικό χώρο, ο ανθρώπινος παράγοντας θα είναι πολύ ευαίσθητος διότι θα είναι και πολύ διακριτός πάνω στο άγονο και μονότονο αρειανό τοπίο.

Πιθανόν για να γίνει σωστή κίνηση πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη θα πρέπει να γίνει η διαμόρφωση της. Πιθανόν μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα παρουσίας του ανθρώπου στον Άρη θα βλέπουμε, όπως και στη Γη, δρόμους, γέφυρες και άλλες διάφορες χρήσιμες κατασκευές που θα χρειαστούν στο μέλλον. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα αντικαταστήσουν τα

δέντρα της Γης και οι εγκαταστάσεις των καλλιεργειών θα αντικατασταθούν από εκτάσεις θερμοκηπίων με πλαγκτόν και όχι μόνο. Παρόλο που όλοι φαντάζονται τα χρώματα του Άρη να έχουν περισσότερο κόκκινη και πορτοκαλί απόχρωση, στην πραγματικότητα υπάρχουν πάρα πολλά διαφορετικά τοπία που μπορεί να εμπνεύσουν τους κατοίκους του πλανήτη και προφανώς λόγω απουσίας της βλάστησης στον Άρη, οι άνθρωποι θα προσπαθούν με κάθε τρόπο να προσθέσουν αυτές τις αποχρώσεις σε κάθε είδους κατασκευή που θα δημιουργήσουν στην επιφάνεια.

Αν κάνουμε μία πρόβλεψη όσον αφορά στις χρωματικές υφές που επιθυμούμε να διακρίνουμε στο εξωτερικό περιβάλλον του Άρη, σύμφωνα με την Θεωρία Χρωμάτων για να μπορούμε να αποδώσουμε όλους τους σύνθετους χρωματικούς σχηματισμούς θα πρέπει να έχουμε όλες τις αποχρώσεις της χρωματικής παλέτας. Σύμφωνα με τον Johannes Itten (Ελβετός ζωγράφος, σχεδιαστής), η χρήση των χρωμάτων σε χρωματικές παλέτες και από αυτούς τους συνδυασμούς σε χρωματικούς κύκλους, δημιουργούν ένα τρίγωνο που απαιτεί την ύπαρξη όλων των Βασικών χρωματικών αποχρώσεων.



Εικόνα 13. Χρωματικές παλέτες του Johannes Itten.

Για να αντιληφθούμε καλύτερα το πώς θα βλέπουν οι μελλοντικοί Αρειανοί την αρχιτεκτονική και αισθητική στο εξωτερικό περιβάλλον, θα πρέπει να δούμε καλύτερα το πώς φαίνεται πραγματικά στο

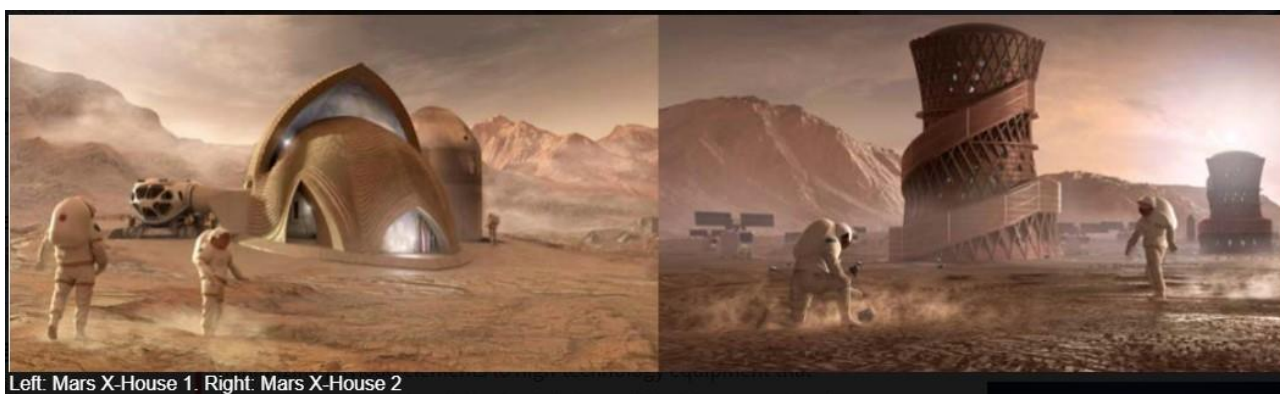
ανθρώπινο μάτι ο Άρης με πρακτικό και αισθητικό τρόπο. Για παράδειγμα, ξεκινώντας απλά από τις στολές μας, σίγουρα δεν θα είναι πορτοκαλί, όπως το συναντάμε συνήθως σε διάφορες φουτουριστικές εικόνες που αφορούν τις αποστολές στον Άρη και σε ταινίες που προβάλλονται με αντίστοιχο θέμα.





Εικόνα 14. Εικόνα δεξιά: Στιγμιότυπο από την ταινία «The Martian», 2015. Φαίνεται ξεκάθαρα η διαφορά των χρωματικών συνδυασμών πριν και μετά την επεξεργασία της εικόνας. Εικόνα αριστερά: ίδια εικόνα κατόπιν επεξεργασίας (δική μου).

Οι κόκκινες και μπεζ αποχρώσεις σε ανθρώπινες κατασκευές και οι στολές θα έχουν την ίδια υφή με την στρατιωτική παραλλαγή στις γήινες συνθήκες μέσα στο δάσος. Για να αισθανθεί ένας άνθρωπος οικειότητα θα θέλει να αντικρίσει κάποιες μορφές της ανθρώπινης παρουσίας σε συμφωνία και αρμονία με το περιβάλλον. Έτσι, πιθανόν οι άνθρωποι να δημιουργούν κάποιες κατασκευές, μέσω των οποίων θα δηλώνεται η ανθρώπινη παρουσία, συνδυάζοντας το χρηστικό με το αισθητικό. Αυτές οι μορφές θα μπορούσαν να είναι γέφυρες, καμάρες, στοές, τεχνητές διαδρομές ή ακόμα και μνημεία.



Left: Mars X-House 1. Right: Mars X-House 2

Εικόνα 15. Παραδείγματα κατοικίας που χρησιμοποιεί την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης για να προστατεύεται το εσωτερικό από την ακτινοβολία του διαστήματος.

Φανταστείτε έναν πολιτισμό, ο οποίος θα περνάει τον περισσότερο χρόνο στο εσωτερικό και οι μετακινήσεις μεταξύ των πόλεων θα πραγματοποιούνται στα μέσα μεταφοράς είτε ατομικά είτε μαζικά. Συνεπώς κατά τη μεταβίβαση από ένα σημείο σε άλλο, δεν θα βλέπουμε πάρκα με παγκάκια και δέντρα ή διαδρομές με πεζοδρόμια, όπως έχουμε συνηθίσει να βλέπουμε κατά τη διάρκεια της μετακίνησης μας στην πόλη. Ο εξωτερικός χώρος θα μοιάζει περισσότερο με μεγάλους εθνικούς δρόμους στην έρημο ή όπως είναι ένας σιδηρόδρομος με τους σταθμούς όπου τα κτιριακά συγκροτήματα διακρίνονται έντονα στον περιβάλλοντα χώρο και επιβάλλονται σε αυτόν. Το περίεργο θα είναι ότι κατά μήκος των διαδρομών, οποιαδήποτε δράση που έχει πραγματοποιήσει ο άνθρωπος θα είναι εμφανής και θα μείνει εκεί για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό είναι λογικό, γιατί στον Άρη δεν υπάρχουν βροχές, δεν υπάρχει



Εικόνα 16. Εικόνα από αποικίες στην Ανταρκτική.

κάποιος παράγοντας της φύσης που να μπορεί να αλλοιώσει και να διαμορφώσει το περιβάλλον. Γενικώς, δεν υπάρχει ιδιαίτερη αλλοίωση στο περιβάλλον μέσα στο χρόνο και έτσι όλες οι δράσεις που θα πραγματοποιήσουμε θα μείνουν εκεί για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Μόνο η ψιλή κόκκινη σκόνη θα καλύπτει σιγά-σιγά τα αντικείμενα ή η αμμοθύελλα μετά από το πέρασμα της. Ωστόσο, έχουμε δει κάποια τέτοια παραδείγματα και στη Γη. Είναι οι αποικίες στην Γροιλανδία ή στον Βόρειο Πόλο.

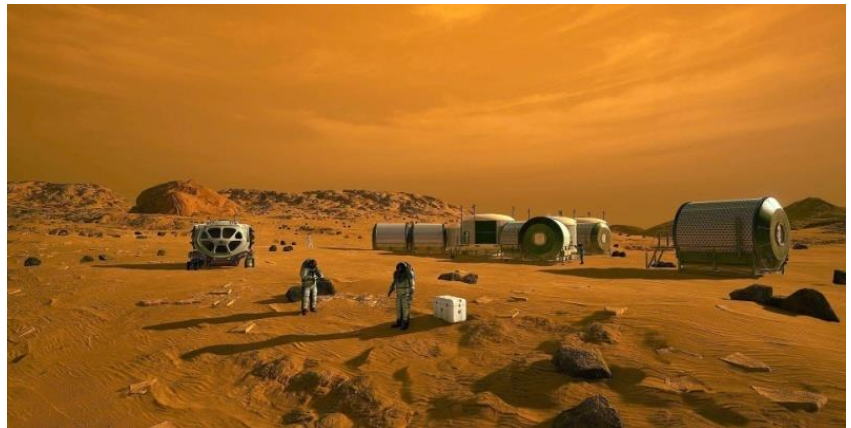


Εικόνα 17. Εικόνες από εγκαταλειμμένη βάση στην Ανταρκτική.

Οι παραπάνω εικόνες έχουν μία πιο τεχνολογική προσέγγιση από την αρχιτεκτονική άποψη. Από τη στιγμή που οι άνθρωποι θα εγκατασταθούν μόνιμα σε αυτό το περιβάλλον, θα

σκέφτονται πιο πολύ τον τρόπο με τον οποίο θα το διαμορφώνουν από αισθητικής άποψης.

Στα επόμενα κεφάλαια, θα αναλυθούν περαιτέρω οι έννοιες του τόπου και της κατοίκησης σε σχέση με την διαμόρφωση του εσωτερικού χώρου διαβίωσης που χρήζει μία ιδιαίτερη προσέγγιση στην περίπτωση του Άρη.



*Εικόνα 18. Μία καλλιτεχνική προσέγγιση της αποικίας στον Άρη.*



*Εικόνα 19. Αρχιτεκτονική πρόταση της αποικίας της SpaceX.*

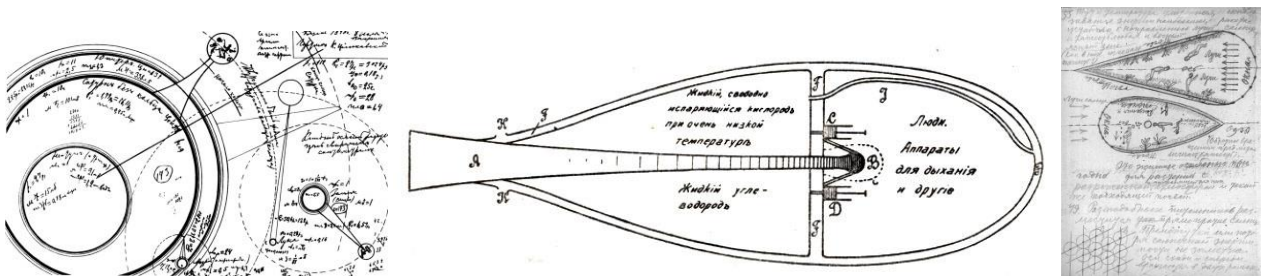


## 2. Ιστορική εξέλιξη της διαστημικής αρχιτεκτονικής

### 2.1 Αρχή του οράματος και βασική ιδέα της διαστημικής αρχιτεκτονικής

Τα πρώτα θεμέλια της διαστημικής αρχιτεκτονικής είχαν τεθεί μετά από τη σχολαστική παρατήρηση του Άρη με τηλεσκόπιο, όπου είχαν παρατηρήσει κάποιου είδους κανάλια πάνω στην επιφάνειά του. Στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, οι συγγραφείς επιστημονικής φαντασίας διεγείρουν τη φαντασία της επιστημονικής κοινότητας εκείνης της εποχής με έργα όπως «Το ξίδι στο φεγγάρι» και «Ο πόλεμος των κόσμων» (Gilbert Wells, 1898).

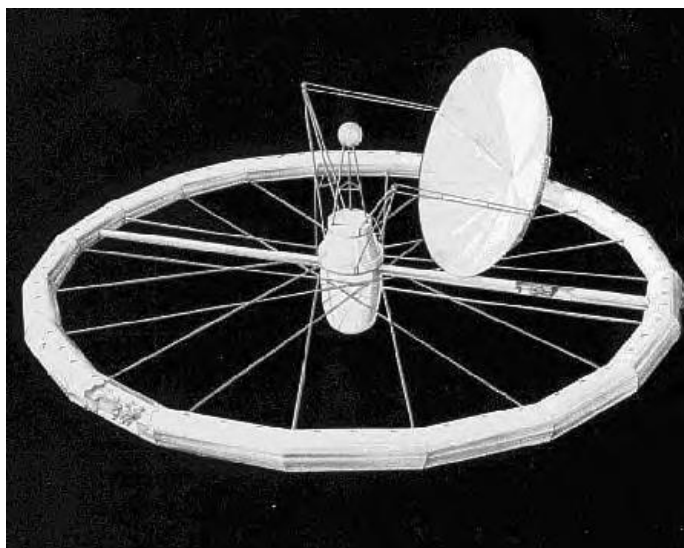
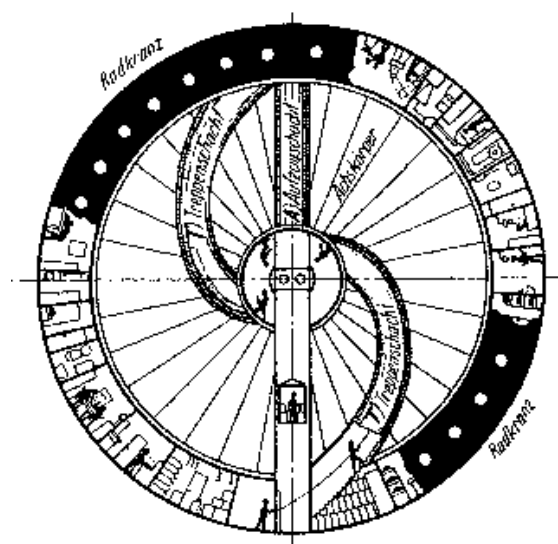
Η επιστημονική κοινότητα προσπάθησε να δώσει απαντήσεις και έκανε ενδιαφέρουσες και ριζοσπαστικές προτάσεις για εκείνη την εποχή, όπως η αποίκηση σε άλλους πλανήτες, το ταξίδι στο διάστημα και οι διαστημικοί σταθμοί που είχαν σηματοδοτήσει την αρχή της διαστημικής εποχής. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο Κωνσταντίνος Τσιολκόβσκι που πρότεινε ριζοσπαστικές ιδέες πάνω σε μια προσπάθεια να βγούμε σε τροχιά διαστημόπλοια, καθώς επίσης και το διαστημικό ανελκυστήρα (παράδειγμα διαστημικής βάσης που με φυγόκεντρο δημιουργεί εσωτερικά βαρύτητα για τη σωστή λειτουργία της ανθρώπινης φυσιολογίας). Ο Κωνσταντίνος Τσιολκόβσκι ήταν ένας δάσκαλος φυσικής, από ένα μικρό χωριό της Ρωσίας, που οραματιζόταν υπερκατασκευές, διαστημόπλοια και κατασκευές στο διάστημα.



Εικόνα 20. Εικόνες από τα σχέδια του ο Κωνσταντίνου Τσιολκόβσκι, 1913.

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ο Κωνσταντίνος Τσιολκόβσκι διατύπωσε τη θεωρία των «αιθερικών οικισμών», δηλαδή τη δημιουργία τεράστιων διαστημικών αποικιών που έχουν τη μορφή κουλουριών που περιστρέφονται αργά γύρω από τον άξονα τους και στα οποία πολλές χιλιάδες άνθρωποι βρίσκουν καταφύγιο.

Την ιδέα του συνέχισαν οι λαμπροί μηχανικοί Nordrung και Freiherr von Braun δίνοντας μία πιο σαφή και συγκεκριμένη μορφή, η οποία εξακολουθεί να σχεδιάζεται μέχρι και σήμερα από μηχανικούς και αρχιτέκτονες .



Εικόνα 21. Εικόνα αριστερά από το διαστημικό πρόγραμμα του Nordrung 1926. Οι οικιστικές μονάδες βρίσκονται στο εξωτερικό του σταθμού. Και δεξιό σχέδιο του Freiherr von Braun μιας αντίστοιχης μελέτης που γράφτηκε 1946.

Αυτή η μορφή του λεγόμενου «ντόνατς» θα είναι για αρκετά χρόνια ο βασικότερος σχεδιασμός των διαστημικών αποικιών στη Σελήνη και τον Άρη και μόνο μετά τα μέσα του εικοστού αιώνα θα εμφανίζεται όλο και πιο πολύ ο θόλος που θα αποτελέσει κεντρικό χαρακτηριστικό μιας διαστημικής αποικίας μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 22. Ένα πρωτότυπο μοντέλο του Geodesic Dome House του Buckminster Fuller - προοριζόταν να έχει διάμετρο 80 πόδια - από το 1952, που εκτίθεται τώρα στο Μουσείο Μοντέρνας Τέχνης στη Νέα Υόρκη.

Ο θόλος έχει τις ρίζες του στα έργα του Buckminster Fuller στα οποία καθιερώθηκε η μορφή του, αλλά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά αντοχής, καθιστώντας το Θολωτό Φούλερ, πρότυπο της διαστημικής αρχιτεκτονικής εκείνης της εποχής .

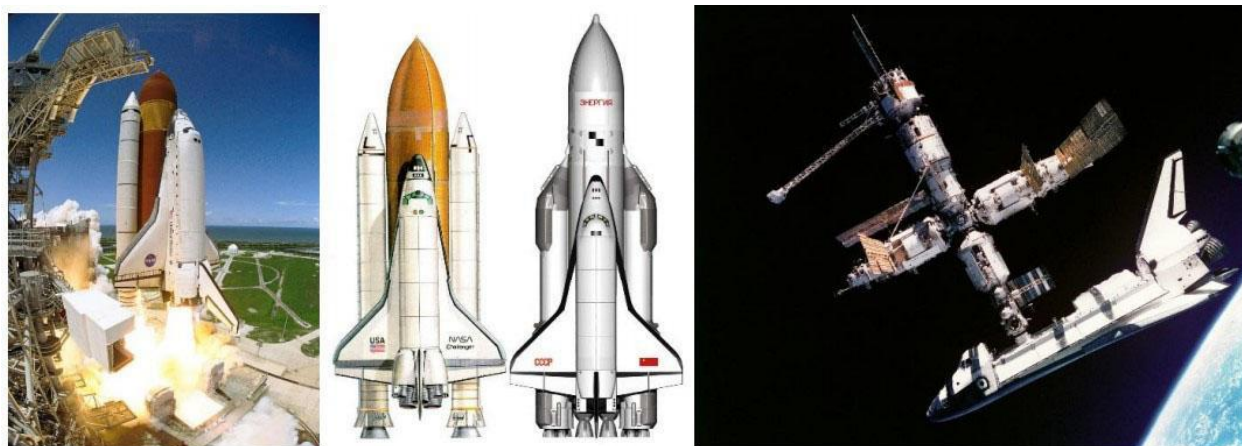
## 2.2 Οραματιστές της δεκαετίας 1970 και η κληρονομιά τους

Το όραμα και οι ελπίδες για την εξέλιξη στη δεκαετία του 1970, ήταν πολύ πιο ισχυρές από ότι σήμερα. Η νεολαία εκείνη την εποχή πίστευε ότι σήμερα θα έχουμε κατακτήσει τα άστρα ή τουλάχιστον θα κάνουμε διακοπές σε άλλους πλανήτες. Αυτό οφείλεται στην ραγδαία ανάπτυξη της διαστημικής τεχνολογίας εκείνη την εποχή. Οφείλεται, επίσης, σε προσωπικότητες, όπως ο Γκαγκάριν που επισκέφτηκε για πρώτη φορά το διάστημα, ο Neil Armstrong που πάτησε πρώτος στη Σελήνη, αλλά και σε άλλους λαμπρούς επιστήμονες, όπως οι Nordung και Freiherr von Braun και ο Σεργκέι Κορολέφ που συνέβαλαν στη ραγδαία ανάπτυξη της διαστημικής τεχνολογίας. Αυτομάτως αυτές οι εξελίξεις επηρέασαν όλες τις τέχνες της εποχής και ιδιαίτερα την αρχιτεκτονική. Μηχανικοί και αρχιτέκτονες δημιούργησαν πληθώρα έργων που έχουν διαμορφώσει τον τρόπο σκέψης μας μέχρι και σήμερα. Τα αεροπλάνα, από την πολεμική μηχανή έγιναν ένα καθημερινό μέσο μεταφοράς από ήπειρο σε ήπειρο. Εφευρέθηκαν πάρα πολλά νέα υλικά που άλλαξαν την καθημερινότητα και τον τρόπο που οργανώνουμε και κατασκευάζουμε τα σπίτια μας. Όλες αυτές οι καινοτομίες είχαν επιρροές από τον τρόπο σχεδιασμού σπιτιών, επίπλων και αυτοκινήτων μέσα σε μία διαστημική ατμόσφαιρα.



Εικόνα 23. Στιγμιότυπα από την ταινία επιστημονικής φαντασίας της εποχής 2001 «*A Space Odyssey*» (Κιούμπρικ).

Τα αυτοκίνητα απέκτησαν καμπύλες και φτερά σαν το αεροπλάνο, ενώ τα έπιπλα και τα φωτιστικά έμοιαζαν με ιπτάμενους δίσκους. Είχαν σχεδιαστεί πάρα πολλές αρειανές κατοικίες και λειτούργησαν πολλά κέντρα μελέτης των συνθηκών, του τρόπου διαβίωσης και των επιδράσεων του διαστήματος πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό. Πολλά από αυτά τα κέντρα είχαν κάνει σοβαρές μελέτες και έδωσαν στοιχεία στις επόμενες δεκαετίες που ήταν πολύ χρήσιμα για την εξέλιξη σε αυτόν τον τομέα. Το αποκορύφωμα αυτής της εξέλιξης ήταν η προσεδάφιση του σελινίσκου στη Σελήνη και όλο το πρόγραμμα «Απόλλων». Βεβαίως, όλα αυτά συνέβησαν μέσα σε μία ατμόσφαιρα μυστικοπάθειας στα πλαίσια του Ψυχρού Πολέμου. Μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 1980 έγινε πρόταση συνεργασίας και ανταλλαγής των τεχνολογιών που απέδωσε ένα πολύ σημαντικό καρπό για τη διαστημική τεχνολογία και τη δημιουργία του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού Μιρ.



**(Αριστερά) Εκτόξευση του Διαστημικού Λεωφορείου Discovery (Μέση) Σύγκριση του Αμερικανικού και Σοβιετικού Λεωφορείου (Δεξιά) Πρόσδεση του STS Atlantis με τον Ρωσικό Διαστημικό Σταθμό MIR το 1995**

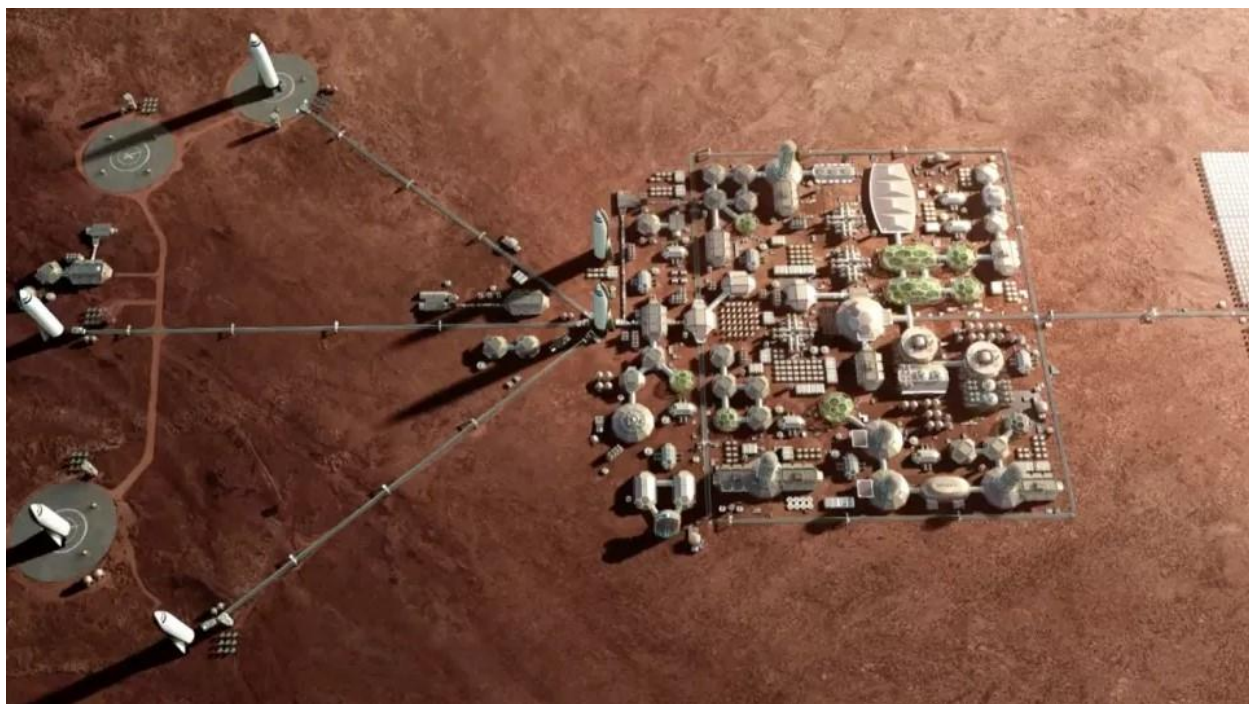
*Εικόνα 24. Από το Βιβλίο «Εισαγωγή στην Αεροδιαστημικής Επιστήμη & Τεχνολογία», Β. Λάππας.*



## 2.3 Οραματιστές της σημερινής εποχής και τα προτεινόμενα σχέδια τους

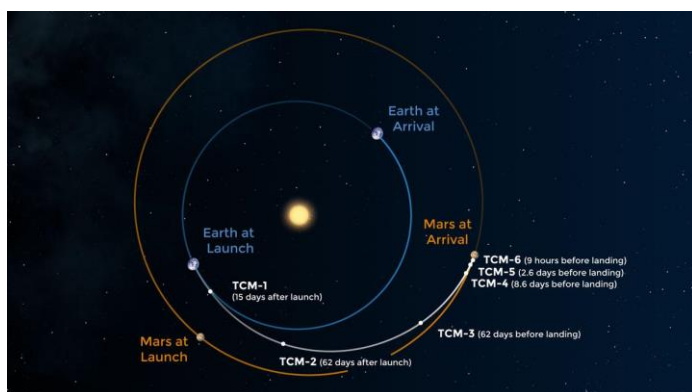
Όπως έχει αναφερθεί στην αρχή, υπάρχουν δύο τάσεις στην επιστημονική κοινότητα όσον αφορά στον Άρη. Η πρώτη αφορά την κατοίκηση για κάποιο χρονικό διάστημα και η δεύτερη την αποίκηση. Κοινό σημείο των δύο επιστημονικών ομάδων είναι ο σχεδιασμός μιας αποστολής εξερεύνησης. Έτσι, υπάρχουν σοβαρές προτάσεις που αντικατοπτρίζουν και τις δύο ομάδες με αντίστοιχους στόχους.

Υπάρχουν εθνικά προγράμματα κάποιων χωρών και ιδιωτικές πρωτοβουλίες που προσπαθούν να υλοποιήσουν αυτόν το σκοπό. Αυτές οι ομάδες από διάφορους επιστήμονες και μηχανικούς σε συνεργασία με αρχιτέκτονες έχουν σχεδιάσει κάποιες προτάσεις. Χώρες όπως η Αμερική, η Ρωσία και η Κίνα, σχεδιάζουν να δημιουργήσουν μία βάση μακροπρόθεσμης διαμονής, ενώ πιο συγκεκριμένα, η Κίνα και κάποιες εταιρείες, όπως η X



Εικόνα 25. Αρχιτεκτονική πρόταση της εταιρίας X space.

space σχεδιάζουν τεχνολογικά μέσα και στατικές που θα επιτρέψουν την δημιουργία μιας μόνιμης βάσης.



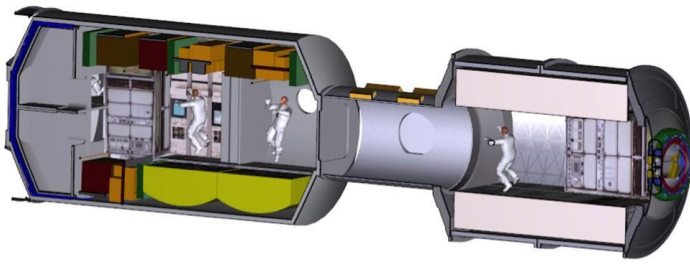
Εικόνα 26. Στην εικόνα φαίνεται ο τρόπος που κινούνται οι δύο πλανήτες γύρω από τον ήλιο και γίνεται εκτόξευση του διαστημόπλοιου από και προς τον πλανήτη Άρη. Η ίδια διαδικασία θα χρειαστεί να επαναληφθεί κατά την επιστροφή .

Όλες οι προτάσεις και όλη η αρχιτεκτονική βασίζονται σε κάποιες αρχές σε σχέση με το χρόνο πραγματοποίησης και υλοποίησης. Ο βασικότερος χρονικός παράγοντας είναι οι αποστάσεις και οι τροχιές των δύο πλανητών. Οι πλανήτες πλησιάζουν μεταξύ τους κάθε δύο χρόνια ώστε να γίνει μία επόμενη πτήση. Εκτός από την μεταβλητή της χρονικής απόστασης δύο

ετών μεταξύ των αποστολών, υπάρχει και ένα κομμάτι σχεδιασμού για μεγάλη παραμονή των αστροναυτών μέσα στο διάστημα κατά τη μεταβίβαση από τη Γη στον Άρη. Αυτό είναι ένα ξεχωριστό και ιδιαίτερο κομμάτι που δεν θα το αναλύσουμε σε αυτή τη μελέτη, όμως κατά τη διάρκεια μιας αποστολής θα πρέπει να είναι αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού.

Ιστορικά, οι περισσότερες αποστολές που σχεδιάστηκαν αφορούσαν ένα πιο απλοποιημένο πρόγραμμα που συμπεριλάμβανε εκτόξευση, προσεδάφιση, παραμονή και επιστροφή. Εκείνη την εποχή τα περισσότερα βλέμματα είχαν στραφεί προς τη Σελήνη και υπήρχε μία πιο έντονη τάση σχεδιασμού σεληνιακών βάσεων και προτάσεων που θα ξαναζωντανέψουν τις αποστολές και τους σκοπούς του προγράμματος «Απόλλων».

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, δύο λαμπροί μηχανικοί-αστροφυσικοί, είχαν δημιουργήσει μία ολοκληρωμένη πρόταση επανδρωμένων αποστολών για το σχέδιο δράσης της NASA. Αυτό το πρόγραμμα είχε ονομαστεί Mars Direct και παρουσιάστηκε το 1990 από τους επιστήμονες Robert Zubrin και David A. που πρότειναν ένα πρόγραμμα με επανδρωμένες αποστολές στον Άρη που θα συμπεριλάμβαναν την παραγωγή καυσίμου επιστροφής και οξυγόνου για αναπνοή στην επιφάνεια του κόκκινου πλανήτη.



Εικόνα 27. Multi-Purpose Logistics Module Ο θάλαμος (MPLM) είναι μέρος του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού (ISS) που είναι σε λειτουργία και δοκιμάστηκε και σχεδιάστηκε με σκοπό μελλοντικών μακροχρόνιων αποστολών.

Η πρόταση αυτή έκανε οικονομία στους απαιτούμενους πόρους μιας αποστολής και έθεσε τα θεμέλια για οποιοδήποτε σχεδιασμό που πραγματοποιείται ως σήμερα και αφορά τις αποστολές στον Άρη. Είναι πλέον αυτονόητο, από κείνη την εποχή και

μετά, ότι η οργάνωση μίας αποστολής μεγάλης διάρκειας που εκμεταλλεύεται τους πόρους από την επιφάνεια του Άρη, έχει περισσότερα θετικά στοιχεία από οποιονδήποτε άλλο σχεδιασμό. Τέλος, ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν έρευνες και μελέτες που αφορούν την προσομοίωση της αποστολής, τα λεγόμενα Mars analog habitat.

2.4 Πρακτική έρευνα της απομονωμένης και αυτόνομης κατοίκησης που προσομοιώνει τις συνθήκες του Άρη «Mars analog habitat» των τελευταίων δεκαετιών.

Οι επίγειες μονάδες προσομοίωσης των διαστημικών αποστολών είτε στο διάστημα είτε σε άλλους πλανήτες έχουν σκοπό να μελετήσουν με λεπτομέρεια όλη τη δράση και τις ανάγκες που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια της αποστολής, ξεκινώντας από τα τεχνικά ζητήματα μέχρι την βιωματική εμπειρία στο χώρο και την ψυχολογία του πληρώματος. Για αυτό, η πρακτική έρευνα προσομοίωσης μπορεί να κατατάσσεται σε μία ξεχωριστή κατηγορία στον τομέα ερευνητικών προγραμμάτων που αφορούν το διάστημα. Αυτός ο τρόπος προσέγγισης των διαστημικών ζητημάτων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαστημικής αρχιτεκτονικής και αποτελεί βασικό εργαλείο στο σχεδιασμό οποιασδήποτε αποστολής στο διάστημα ειδικά εάν η πρόθεση μας είναι να σχεδιάσουμε μια μόνιμη κατοικία στον Άρη. Όσον αφορά στην πρακτική έρευνα μπορούμε να χωρίσουμε όλες τις μελέτες που έχουν υλοποιηθεί σε δύο κατηγορίες:

Η πρώτη κατηγορία αφορά στις μελέτες που βασίζονται στην εμπειρία εγκαταστάσεων μικρής κενότητας ατόμων στον Βόρειο Πόλο ή στην Γροιλανδία. Εδώ η έρευνα δεν αποτελούσε τον σκοπό, αλλά ήταν μια επιπλέον δράση που χρησιμοποιούσε τα δεδομένα. Στη δεύτερη



κατηγορία που αφορά μακροχρόνια διαμονή τεσσάρων έως δέκα ατόμων τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα και η διεξαγωγή του πειράματος ήταν και ο σκοπός της ερευνάς. Συνεπώς, η μακροχρόνια διαμονή μερικών ατόμων έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό από πολλά διαστημικά προγράμματα, και ορισμένες από τις πιο επιτυχημένες μελέτες προσομοίωσης θα τις αναλύσουμε στη συνέχεια.

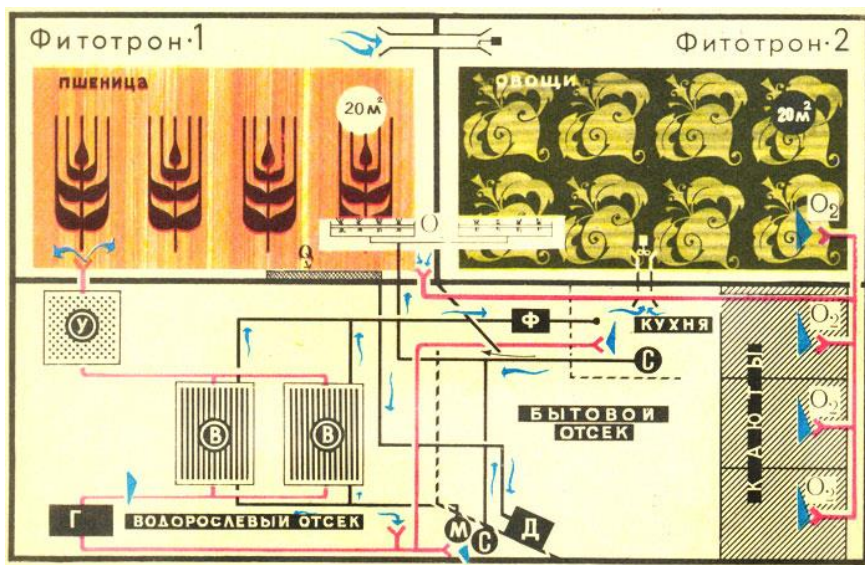
#### 2.4.1 Το πρόγραμμα BIOS και το πείραμα BIOS-3

Οι ιδρυτές του προγράμματος BIOS ήταν οι Korolev και Leonid Kerensky (ιδρυτής και διευθυντής του Ινστιτούτου Φυσικής στο Krasnoyarsk). Στο πλαίσιο της έρευνας μακροχρόνιας



Εικόνα 28. Φωτογραφίες από το πείραμα του προγράμματος BIOS

διαμονής στο διάστημα και αποστολής στον Άρη δημιουργήθηκε ένα πρότυπο βιότοπου, στον οποίο οι άνθρωποι μπορούσαν να ζήσουν για μήνες χωρίς νερό, αέρα ή φαγητό προερχόμενο από έξω. Δημιουργήθηκε ένα σφραγισμένο δωμάτιο με διαστάσεις  $14 \times 9 \times 2,5$  m και όγκο περίπου  $315 \text{ m}^3$ . Σε θερμοκήπιο υπό τεχνητό φωτισμό, καλλιεργήθηκαν σιτάρι, σόγια και πολλά άλλα φυτά μεγάλης θρεπτικής αξίας. Ο μηχανικός Nikolai Bugreev έζησε το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο BIOS-3 (συνολικά 13 μήνες).



Εικόνα 29. Διάταξη των χώρων από το πείραμα στο BIOS-3

Στον πρώτο χώρο μεγαλώνει ειδική καλλιέργεια σιταριού με χαμηλό ύψος, στο δεύτερο χώρο οπωροκηπευτικά και στον τρίτο χώρο φυτοπλαγκτόν για την παραγωγή, κυρίως οξυγόνου και βιομάζας που ως τεχνική προσέγγιση αποτελεί ενδιαφέρουσα λύση, η οποία δυστυχώς

σπάνια λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό. Στον τέταρτο χώρο βρίσκονται τρεις θάλαμοι, κουζίνα και τα όργανα ελέγχου. Όπως φαίνεται από το πείραμα η βασική παραγωγή οξυγόνου δεν γίνεται από τα φυτά, αλλά από το πλαγκτόν όπου από την δεκαετία του 1970 οι βασικότερες μελέτες δείχνουν ότι τον πλαγκτόν είναι πιο αποδοτικό σε αυτή τη διαδικασία από ότι τα φυτά. Αυτό το στοιχείο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού της βάσης στον Άρη, γιατί μπορεί να προσφέρει καινοτόμες λύσεις στα ζητήματα παραγωγής οξυγόνου και όχι μόνο.

Το μακροβιότερο και πιο διάσημο πείραμα χρειάστηκε 180 ημέρες - από τις 24 Δεκεμβρίου 1972 έως τις 22 Ιουνίου 1973. Ήταν δυνατό να επιτευχθεί ένα πλήρες κλείσιμο του συστήματος για οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα και σχεδόν πλήρες (95%) για το νερό. Το πλήρωμα έλαβε το 100% των απαραίτητων φυτικών τροφίμων (αγγούρια, ραπανάκια, κρεμμύδια) που καλλιεργούνται στο BIOS.

## 2.4.2 Η πειραματική διάταξη Mars-500

Το Πρόγραμμα Mars-500 αποτελεί προσομοίωση επανδρωμένης πτήσης στον Κόκκινο Πλανήτη. Το συγκρότημα του Κρατικού Ερευνητικού Κέντρου της Ρωσικής Ομοσπονδίας - IBMP RAS έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τις συνθήκες

διαβίωσης και τις δραστηριότητες του

πληρώματος, όσο το δυνατόν πιο

κοντά στις συνθήκες των

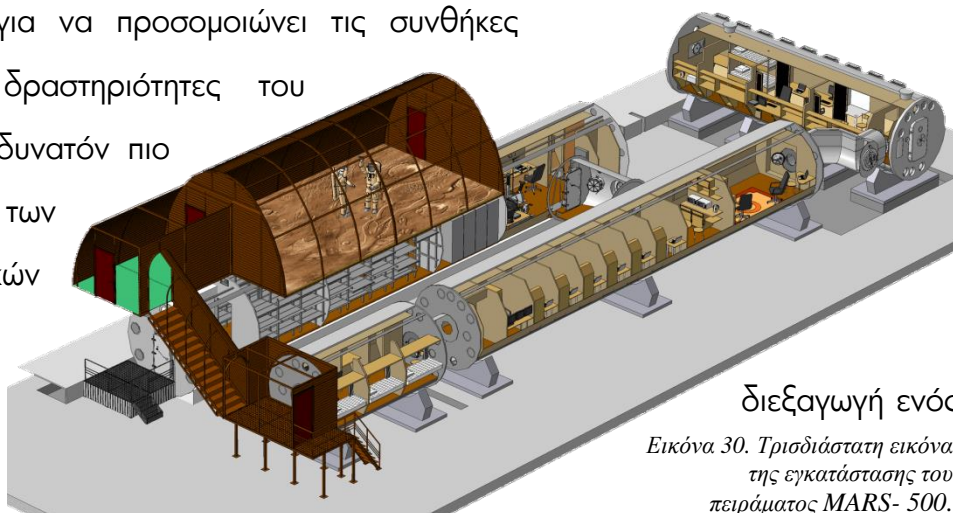
πραγματικών διαστημικών

συνθηκών για να

διασφαλίσει τη

πειράματος που

προσομοιώνει μια



διεξαγωγή ενός

Εικόνα 30. Τρισδιάστατη εικόνα της εγκατάστασης του πειράματος MARS- 500.

διαστημική πτήση συμπεριλαμβανομένης της διαπλανητικής. Η διάρκεια του πειράματος είναι τουλάχιστον 500 ημέρες με πλήρωμα 5 άνδρες διαφόρων εθνικοτήτων. Το πείραμα είχε

πραγματοποιηθεί σε

τρεις φάσεις, η πρώτη

φάση ήταν

προσομοίωση του

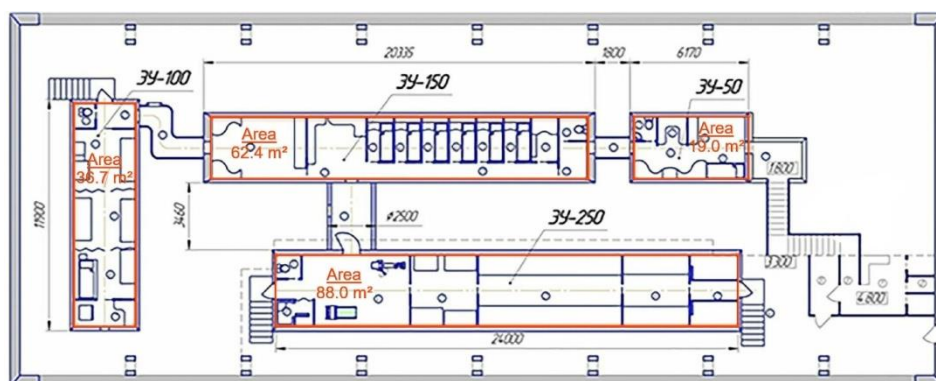
ταξιδιού προς τον

κόκκινο πλανήτη, η

δεύτερη φάση ήταν η

προσεδάφιση στον

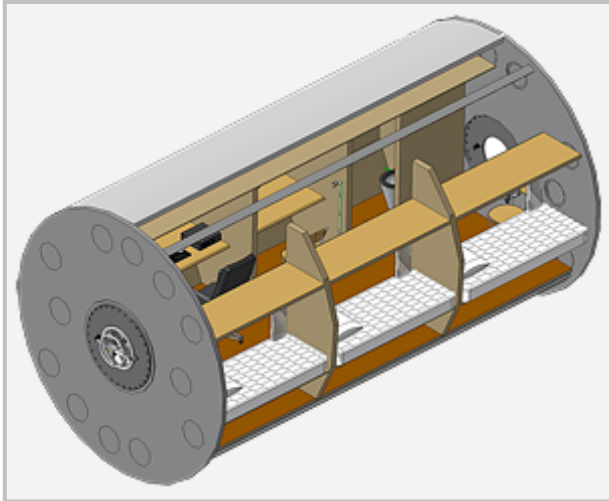
Άρη του μισού



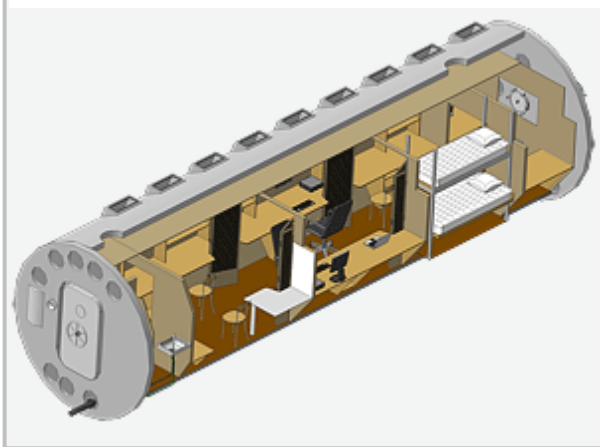
Εικόνα 31. Κάτοψη που έχει δημιουργηθεί για το πρόγραμμα MARS- 500 και στη συνέχεια έχουν προστεθεί τα τετραγωνικά μέτρα.

πληρώματος που αποτελούνταν από τρία άτομα επίγειας έρευνας και τρία άτομα που συντηρούσαν το σταθμό στην τροχαία και η τρίτη και τελευταία φάση ήταν η επανένωση του πληρώματος και επιστροφή του στη Γη. Βασικός στόχος του πειράματος ήταν να διαπιστώσει και να αναγνωρίσει τις δυσκολίες του πληρώματος σε απομόνωση για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά την διάρκεια του ταξιδιού και της προσεδάφισης στον Άρη. Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον είχε

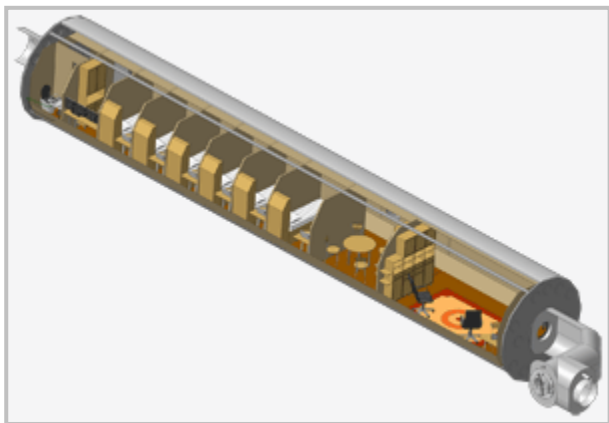
ο σχεδιασμός των απαραίτητων χωρών για την διαβίωση και ο σχεδιασμός της καθημερινής εργασίας του πληρώματος.



Εικόνα 32. MARS- 500 1. Ενότητα EU -50



Εικόνα 33. MARS-500 2. Ενότητα EU -100

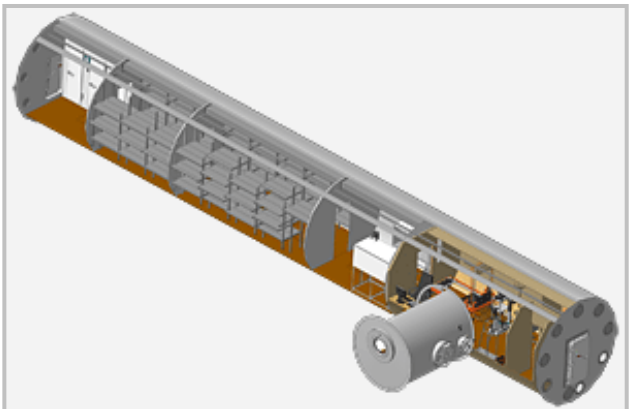


Εικόνα 35. MARS-500 3. Ενότητα EU -150

Το συγκρότημα αποτελείται από διάφορες πειραματικές εγκαταστάσεις όπως:

Η μονάδα EU-50 με συνολικό όγκο  $50\text{m}^3$ , έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει τη μονάδα προσγείωσης στον Άρη με τον υπολογισμό της παραμονής 3 μελών πληρώματος σε αυτό για 2-3 μήνες και περιλαμβάνει: σαλόνι, συμπεριλαμβανομένων 3 κουκετών και χώρου εργασίας, κουζίνα, μπάνιο, συστήματα υποστήριξης . (Να παρατηρήσουμε ότι το μέγεθος αυτής της μονάδας επιλέχθηκε επίτηδες για να μελετηθεί η δυσκολία της παραμονής σε τόσο μικρό χώρο).

Η ενότητα EU-100 με συνολικό όγκο  $100\text{m}^3$  προορίζεται για ιατρικά και ψυχολογικά πειράματα και περιλαμβάνει: σαλόνι, συμπεριλαμβανομένων 2 κουκετών και χώρου



Εικόνα 34. MARS-500 4. Ενότητα EU -250



εργασίας, κουζίνα, τραπεζαρία, μπάνιο, χώρους εργασίας με ιατρικό εξοπλισμό. Η μονάδα EU-150 με συνολικό όγκο 150 m<sup>3</sup>, έχει σχεδιαστεί για να φιλοξενήσει 6 μέλη του πληρώματος και περιλαμβάνει: 6 ατομικές καμπίνες, αίθουσα για ξεκούραση και γενικές συγκεντρώσεις, κουζίνα, μπάνιο, πίνακα ελέγχου, καταπακτές .

Η μονάδα EU-250 με συνολικό όγκο 250 m<sup>3</sup>, προορίζεται για αποθήκευση προμηθειών τροφίμων, τοποθέτηση πειραματικού θερμοκηπίου, πιάτων μίας χρήσης, ρούχων κ.λπ 5. Ενότητα . Η μονάδα IMP με συνολικό όγκο 1200 m<sup>3</sup>, έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει την επιφάνεια του Άρη.



Εικόνα 37. Φωτογραφίες από το πείραμα MARS- 500

Κατά την διεξαγωγή του πειράματος MARS-500 ο στόχος ήταν να διαπιστώσουν πως λειτουργεί η ομάδα σε κοινόχρηστος χώρους, ξεκινώντας από το χώρο του ύπνου μέχρι τους χώρους υγιεινής. Κατά τη διάρκεια των 500 ημερών προσομοιώθηκαν καταστάσεις κινδύνου και διαφόρων τεχνικών ζητημάτων, όπως για παράδειγμα μείωση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και διάφορες βλάβες στα ηλεκτρονικά συστήματα το σκάφος. Πραγματοποιήθηκε, επίσης, ψυχολογική ανάλυση σε πολλά θέματα που αφορούν στην καθημερινή δράση και



Εικόνα 36. Εικόνες από το πείραμα MARS- 500.

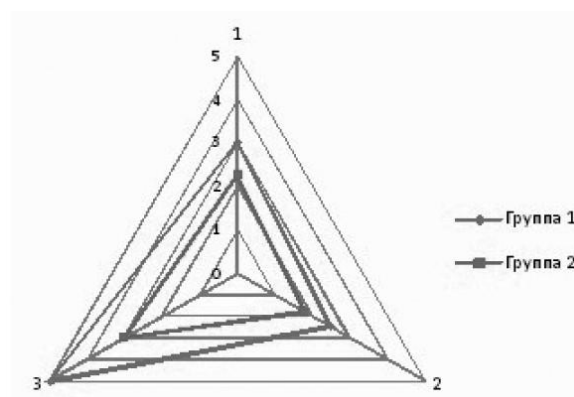
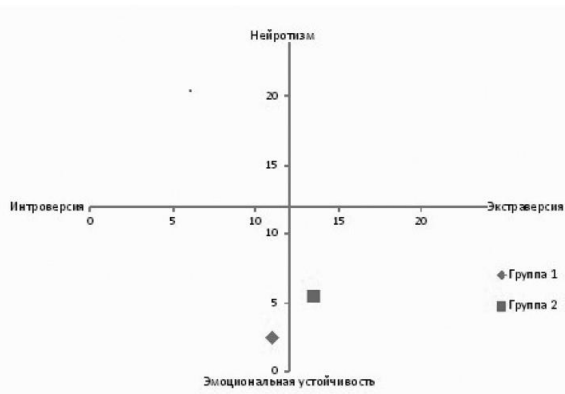
επικοινωνία του πληρώματος, ένα από τα οποία ήταν και το πόσο σημαντική είναι η επαφή του ατόμου με τα φυτά. Στο τέλος, στα μέλη του πληρώματος είχαν θέσει κάποια ερωτήματα που έπρεπε να απαντήσουν μεταξύ των οποίων η βαθμολόγηση της σημαντικότητας των φυτών στην καθημερινότητά τους.

Αρχικά το πλήρωμα είχε χωριστεί σε δύο ομάδες, στην πρώτη που εργαζόταν στο θερμοκήπιο και στη δεύτερη που απλά το παρακολουθούσε, ενώ στο τέλος του πειράματος έπρεπε να δώσουν τις βαθμολογίες τους.

1) Η πρώτη ερώτηση αφορούσε την σημαντικότητα του θερμοκηπίου ως πηγή τροφίμων.

2) Η δεύτερη ερώτηση αφορούσε τη σημαντικότητα και την παρουσία των λουλουδιών και των φυτών στο χώρο χαλάρωσης και αναψυχής για ψυχολογική στήριξη.

3) Η τρίτη ερώτηση αφορούσε το πόσο ήταν εμφανής η αλλαγή στην ανάπτυξη των φυτών.



Εικόνα 38. Διαγράμματα Α, Β από τη μελέτη ψυχολογικών επιδράσεων οικισμού διάρκειας 520 ημερών από το Ινστιτούτο Βιοϊατρικών Προβλημάτων της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών, Μόσχα. Στον Σταυρό ιδέες διάγραμμα Α φαίνονται τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας των μέλλον από τις ομάδες που ασχολήθηκαν και δεν ασχολήθηκαν με τα φυτά. Το παραπάνω διάγραμμα Β τριγωνικό δείχνει την βαθμολογία με άριστα το πέντε σε τρεις ερωτήσεις των μελών από τις δύο ομάδες. Η ομάδα 1 είναι που ασχολήθηκε με τα φυτά και η δεύτερη 2 που δεν είχε ασχοληθεί

Από τα αποτελέσματα της βαθμολογίας βλέπουμε ότι η ομάδα που εργαζόταν στο θερμοκήπιο και είχε επαφή με τα φυτά έχει ψυχολογική σταθερότητα και καλή διάθεση, ενώ τα φυτά

παίρνουν μεγαλύτερη βαθμολογία στην καθημερινότητά τους. Η δεύτερη ομάδα, ως παρατηρητές, χαρακτηρίζει τα φυτά πολύ μικρά και περιέγραψε τη διαδικασία της ασχολίας ως ανιαρή που δεν τους προκαλεί ενδιαφέρον.

Συμπερασματικά, για τη σωστή αντίληψη και την κατανόηση από όλη την ομάδα του φυσικού περιβάλλοντος, είναι απαραίτητη τουλάχιστον η περιστασιακή ενασχόληση με τη φύτευση, του συνόλου των αστροναυτών, ώστε να υπάρχει σωστή κατανόηση της σημαντικότητας των φυτών στις συνθήκες εγκλεισμού. Έτσι, κατά την διάρκεια οποιασδήποτε αποστολής μεγάλης χρονικής διάρκειας ή σε περίπτωση μόνιμης κατοίκησης στον Άρη, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας της επαφής με τη φύση και της προσωπικής εργασίας στο φυσικό περιβάλλον. Τέλος, συμπεραίνουμε ότι η εκτίμηση της σημαντικότητας μιας εργασίας εξαρτάται από το χρόνο ασχολίας με αυτήν.



### 2.4.3 Οι ερευνητικοί σταθμοί προσομοίωση των συνθηκών του Άρη για τους εξερευνητές και επιστήμονες του διαστήματος (FMARS) - (MDRS).

Οι (FMARS) - (MDRS) είναι σταθμοί προσομοίωσης του τρόπου ζωής στο διάστημα και τη διεξαγωγή των μικρών πειραμάτων, συνήθως η παραμονή σε αυτές τις εγκαταστάσεις διαρκεί δυο-τρεις εβδομάδες, ώστε το πλήρωμα να αποκτήσει μία πρακτική εμπειρία και επαφή με τη διαδικασία. Αυτοί οι σταθμοί προσομοίωσης παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της απλής καθημερινότητας των αστροναυτών, στον τρόπο δράσης και στην οργάνωση του πειράματος που έχει σχεδιαστεί για κάθε αποστολή. Πολλές φορές τα πληρώματα



Εικόνα 39. Εγκατάσταση προσομοίωσης αποστολής στον Άρη Flashline Mars Arctic Research Station

πραγματοποιούν πειράματα όπως η λήψη δειγμάτων ή κάποια ανάλυση των χημικών στοιχείων στο υπέδαφος, μέσα σε συνθήκες εγκλεισμού, χρησιμοποιώντας στολές προσομοίωσης. Αυτή η διαδικασία έχει πολύ ενδιαφέρον για οποιαδήποτε ομάδα που καλείται να σχεδιάσει μία αποστολή και θέλει να μελετήσει τον ανθρώπινο παράγοντα ως βασικό στοιχείο σε αυτήν.

Ο Σταθμός Έρευνας Αρκτικής του Flashline Mars (FMARS) ιδρύθηκε το 2000 στην

επικράτεια του Nunavut του Καναδά. Αυτός ο σταθμός είναι το πρώτο ανάλογο του Άρη που δημιουργήθηκε

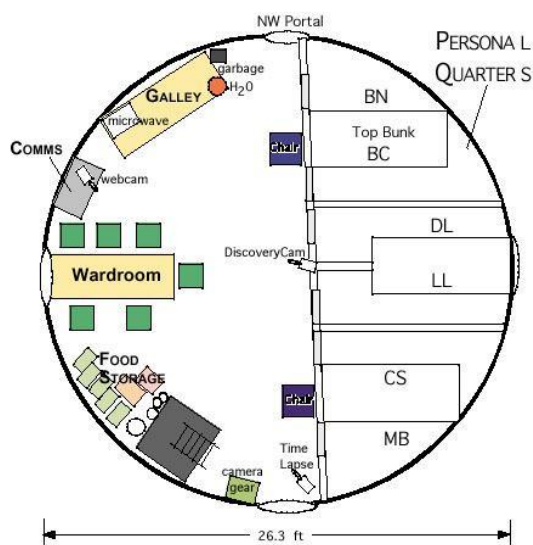


Figure 1. Flashline Mars Arctic Research Station, Upper deck as built July 2000 (to scale, accurate within 2 inches)

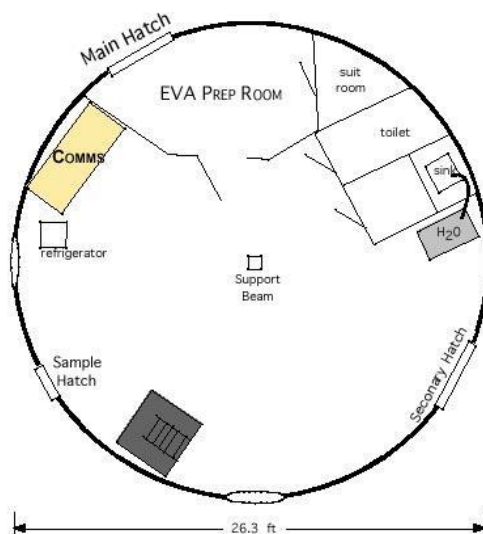


Figure 2. Lower deck as of July 2000

Εικόνα 40. Κατόψεις της εγκατάστασης FMARS.

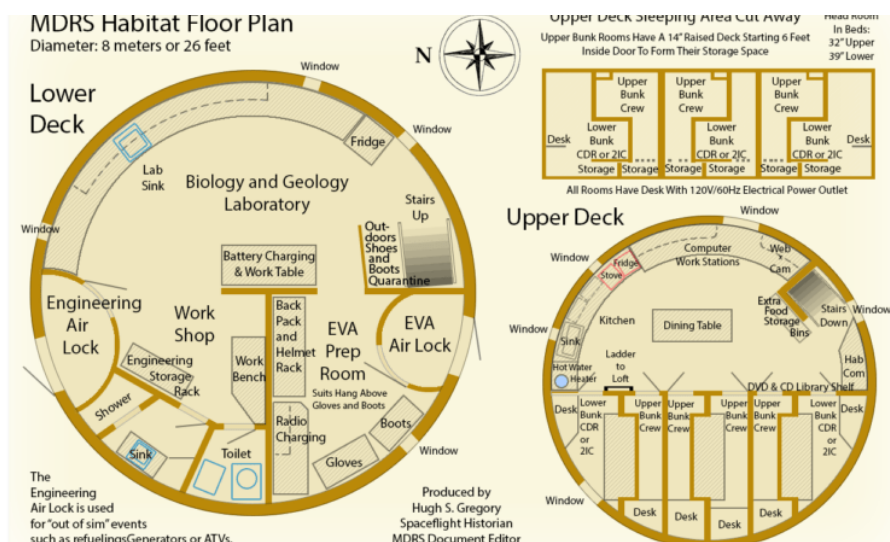
από την ομάδα διαστημικής υπεράσπισης Mars Society, που ιδρύθηκε τον Αύγουστο του 1998. Ο οικίσκος αποτελείται στρογγυλή κατασκευή που διαθέτει δύο ορόφους.

## Ερευνητικός Σταθμός Mars Desert

Ο (MDRS) είναι ο δεύτερος αναλογικός βιότοπος του Άρη που ιδρύθηκε από τη Mars Society. Βρίσκεται στο San Rafael Swell στη Γιούτα. Το MDRS έχει κατοικηθεί από 130 μεμονωμένα πληρώματα (περίπου 6 μέλη το καθένα) μεταξύ της πρώτης σεζόν του Δεκεμβρίου 2001 και της δωδέκατης που έληξε τον Μάιο του 2013. Κάθε πλήρωμα συνήθως παρέμενε στον οικότοπο για μία ή δύο εβδομάδες. Το MDRS είχε τους ίδιους στόχους με το (FMARS). Να αποκτήσουν εμπειρία οι ομάδες που προγραμματίζουν αποστολές.

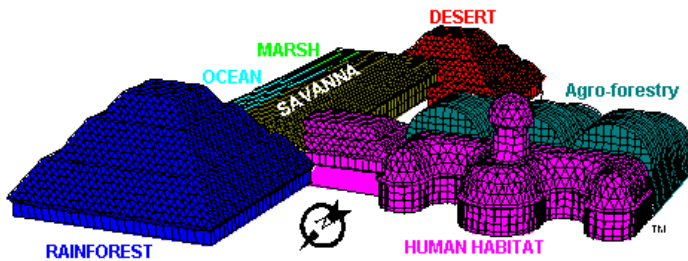


*Εικόνα 41. Ερευνητικός σταθμός Mars Society's Mars Desert.*



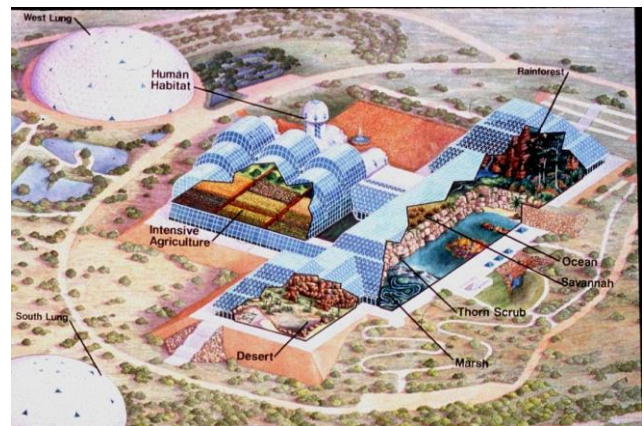
*Εικόνα 42. Κατόψεις της εγκατάστασης Mars Society's Mars Desert*

#### 2.4.4 Η βιόσφαιρα 2- πείραμα που είχε πραγματοποιηθεί στην Αριζόνα (1991-1993)



Εικόνα 44. Σχεδιάγραμμα της εγκατάστασης με προσανατολισμό.

Η διάταξη στην Αριζόνα στο πείραμα βιόσφαιρα 2 δεν χρησιμοποιείται μόνο για προσομοίωση μιας αποικίας σε έναν άλλο πλανήτη, αλλά γενικότερα μιας αυτόνομης αποικίας σε οποιοδήποτε περιβάλλον, όπως για παράδειγμα σε ένα καταφύγιο κάτω από το έδαφος στην περίπτωση μιας μεγάλης φυσικής καταστροφής. Σκοπός της έρευνας είναι η συμβίωση και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος της βιοποικιλότητας μαζί με τον άνθρωπο, σε συνθήκες πλήρους απομόνωσης των 8 απόμων κατά την διάρκεια του πειράματος. Σε αυτό το πείραμα μελετούνταν η ελαστικότητα και η δυνατότητα προσαρμογής του φυσικού περιβάλλοντος ως προς τις ενεργειακές ανάγκες σε ένα κλειστό σύστημα. Βασική ιδέα ήταν η συντήρηση και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς ανεφοδιασμό πόρων και επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας μόνο την ηλιακή ακτινοβολία. Μία τέτοια συνθήκη θα μπορούσε να αποτελέσει το ιδανικό σενάριο για μία αποικία σε νέο περιβάλλον, όμως όπως αποδείχθηκε η αυτοσυντήρηση του περιβάλλοντος και η διαβίωση του ανθρώπου σε αυτές τις συνθήκες δεν είναι τόσο απλά ζητήματα. Στην παραπάνω εικόνα, οι βασικοί χώροι που έχουν δημιουργήσει, αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες πτυχές της Γης, όπως το



Εικόνα 43 Αξονομετρική τομή της εγκατάστασης.



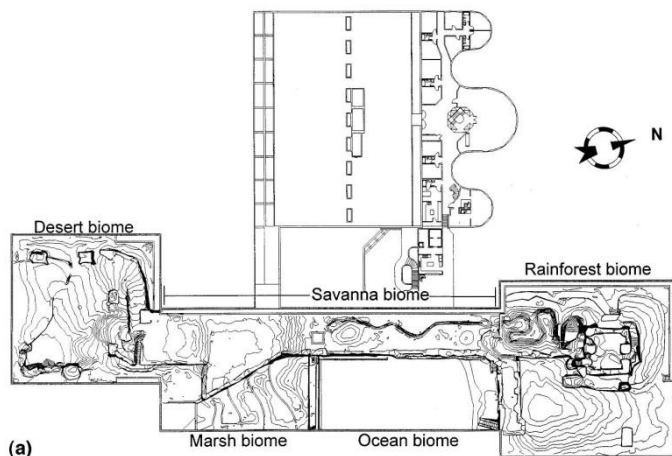
Εικόνα 45. Φωτογραφία της εγκατάστασης βιόσφαιρα 2 στην Αριζόνα

Η διάταξη στην Αριζόνα στο πείραμα βιόσφαιρα 2 δεν χρησιμοποιείται μόνο για προσομοίωση μιας αποικίας σε έναν άλλο πλανήτη, αλλά γενικότερα μιας αυτόνομης αποικίας σε οποιοδήποτε περιβάλλον, όπως για παράδειγμα σε

περιβάλλον, όμως όπως αποδείχθηκε η αυτοσυντήρηση του περιβάλλοντος και η διαβίωση του ανθρώπου σε αυτές τις συνθήκες δεν είναι τόσο απλά ζητήματα. Στην παραπάνω εικόνα, οι βασικοί χώροι που έχουν δημιουργήσει, αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες πτυχές της Γης, όπως το



δάσος, ο ωκεανός, η έρημος κ.τ.λ.. Υπάρχει ένας ξεχωριστός χώρος, ο οποίος απεικονίζεται στην εικόνα με ροζ χρώμα και ονομάζεται Human Habitat, που σχεδιάστηκε ειδικά για τη διαβίωση πληρώματος στην εποχή της δεκαετίας του 1980 που δεν υπήρχαν τόσο αναλυτικές μελέτες που αφορούν τη διαβίωση του πληρώματος σε κλειστό χώρο. Υπάρχουν, επίσης,

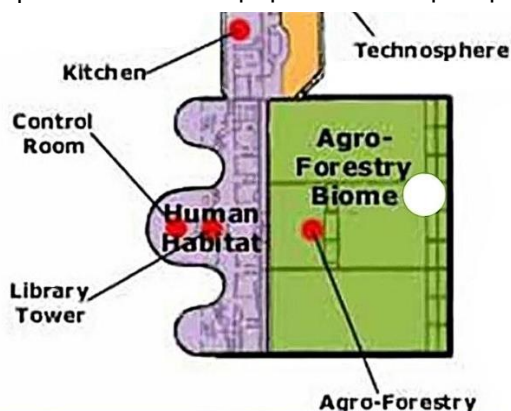


(a)

Εικόνα 46. Κάτοψη διάταξης και η διαμόρφωση του περιβάλλοντος διαβίωσης του πληρώματος. Εικόνες από την εργασία (Tropical rainforest biome of Biosphere 2) Linda S. Leigh b,\*, Tony Burgess a, Bruno D.V. Marino a,c, Yong Dan Wei a).

κοινόχρηστοι χώροι για επικοινωνία και μαγείρεμα, ενώ κατασκευάστηκαν ξεχωριστά δωμάτια για ξεκούραση και ύπνο. Στη συνέχεια, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος και μετά από αρκετές τριβές αποδείχτηκε υψηλής σημαντικότητας ο σχεδιασμός χώρων απομόνωσης των μελών του πληρώματος εφόσον το επιθυμούν. Επίσης, φαίνεται η τοποθέτηση του κύριου χώρου εργασιών κοντά στο χώρο διαβίωσης, γεγονός που συνέβαλε στην

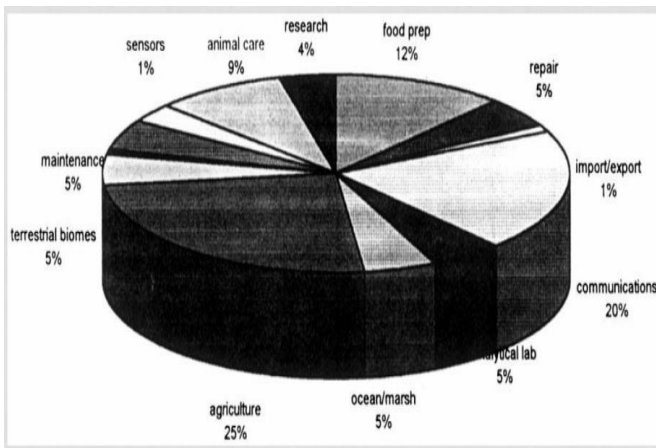
εκτόνωση και πληρώματος κατά τον ελεύθερο χρόνο και αποτέλεσε θετικό παράγοντα στη μετακίνηση. Αποδείχτηκε ότι είναι σημαντικός ο χώρος της σωματικής εργασίας, ιδιαίτερα στο φυσικό περιβάλλον να βρίσκεται κοντά στο χώρο διαβίωσης δίνοντας τη δυνατότητα να εργάζεσαι πολλές φορές, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανά τακτικά χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 47. Κάτοψη χώρου διημέρευσης και οι καλλιέργειες. Εικόνες από την εργασία (Tropical rainforest biome of Biosphere 2) Linda S. Leigh b,\*, Tony Burgess a, Bruno D.V. Marino a,c, Yong Dan Wei a).

Στην εν λόγω μελέτη δόθηκε μεγάλη βάση στην εργασία και τον τρόπο λειτουργίας του πληρώματος κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου και μελετήθηκε σε μεγάλο βαθμό η σωματική υγεία και η εργασιακή ικανότητα κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά το σχεδιασμό οποιασδήποτε κοινότητας ατόμων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε μεγάλο βαθμό οι χρόνοι και η διάρκεια των εργασιών που

πραγματοποιεί η ομάδα. Ένα αξιοσημείωτο αποτέλεσμα του πειράματος είναι ότι χρειάστηκε λιγότερο από ένα άτομο του πληρώματος των 8 ατόμων να ασχολείται με την επισκευή και συντήρηση των μηχανικών μερών της εγκατάστασης, η οποία διέθετε σύνθετο κύκλωμα ανακύκλωσης αέρα-νερού, τεχνητή βροχή και άλλα απαραίτητα συστήματα. Και χρειάστηκαν σχεδόν εργατοώρες 2 ατόμων του πληρώματος (communications 20%) , για επικοινωνία ώστε να λυθούν τα ζητήματα διαβίωσης. Αυτό μας φανερώνει τη σημαντικότητα της επικοινωνίας στα ζητήματα που προκύπτουν.



Εικόνα 48. Στο παραπάνω διάγραμμα από την μελέτη του DR. GREG STANLEY (BIOSPHERE 2 AND CLOSED ECOLOGICAL SYSTEMS) φαίνεται η εβδομαδιαία απασχόληση κατά τη διάρκεια διεξαγωγής όλου του πειράματος σε ποσοστά εργασίας, ανά 66 ώρες την εβδομάδα σε κάθε μέλος του πληρώματος. Οι εργασίες που πραγματοποιούσαν στο εσωτερικό της εγκατάστασης αφορούν όλες τις ενέργειες που χρειάστηκαν για να συντηρηθεί το περιβάλλον.

Πίνακας ημερήσιων δράσεων του πληρώματος κατά την διάρκεια του πειράματος.

Ποσοστό χρόνου	Κατανομή της βιοσφαιρικής δραστηριότητας, Σεπτέμβριος 1992 - Μάιος 1993
9	Κατοικίδια ζώα
10	Προετοιμασία φαγητού, σερβίρισμα, καθαρισμός κουζίνας
25	Όλες οι άλλες σχετικές με τη γεωργία και τα τρόφιμα
4	Δείγμα και συλλογή δεδομένων
2	Ερευνητικές επικοινωνίες
2	Μέσα και εκπαιδευτικές επικοινωνίες
16	Όλες οι άλλες επικοινωνίες
3	Ιατρική
5	Αναλυτικός
5	Συντήρηση θαλάσσιων συστημάτων
6	Επίγεια βιολογική συντήρηση
5	Συντήρηση υποδομής
5	Επισκευές
1	Εισαγωγή: Λειτουργίες εξαγωγής, κλειδώματος αέρα
2	Νευρικό σύστημα, τεχνικό
100	* Μέση εβδομάδα εργασίας 66 ωρών ανά άτομο ανά εβδομάδα/100%

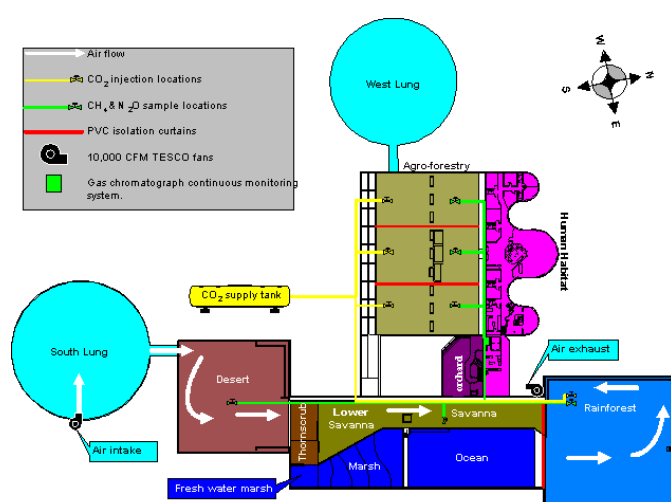
Πίνακας από την εργασία *Biospherics and Biosphere 2, mission one(1991-1993)* John Allena, \*, Mark Nelson



Ένας σημαντικός ακόμα παράγοντας που μελετήθηκε σε αυτή την εργασία είναι η δυνατότητα παραγωγής από το ίδιο το πλήρωμα της απαραίτητης τροφής για τις ανάγκες τους. Αποδείχτηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος ότι αυτή η τεράστια έκταση των 10.550 τετραγωνικών μέτρων για να μπορέσει να παράγει αρκετή τροφή και ταυτόχρονα να συντηρήσει την βιοποικιλότητα που έχει δεν ήταν αρκετή. Επομένως, το συμπέρασμα είναι ότι χωρίς τα συστήματα υποστήριξης ζωής και χωρίς τις εξειδικευμένες ενεργειακές διαδικασίες δεν μπορούμε να πραγματοποιήσουμε εύκολα ανακύκλωση της ύλης, ώστε να συντηρούμε ταυτόχρονα και κάποιο πληθυσμό σε ένα αποκλεισμένο περιβάλλον. Το ίδιο το κτίριο είναι ένα σημαντικό τεχνολογικό και αρχιτεκτονικό επίτευγμα, με πολλά καινοτόμα χαρακτηριστικά. Η συνολική του εσωτερική έκταση καλύπτει 1,28 εκτάρια (3,15 στρέμματα) και τα διάφορα διαμερίσματα φιλοξενούν διαφορετικές βιομάδες (μεσόκοσμοι): τροπικό δάσος, αγροδασική, σαβάνα, έρημος, δάσος, ωκεανός με κοραλλιογενή ύφαλο και ζώνη ανθρώπινου οικότοπου με όλες τις ανέσεις όπως, κουζίνα, βιβλιοθήκη, κοιτώνες κ.λπ..

Mesocosm	Air volumes (m <sup>3</sup> )	Areas (m <sup>2</sup> )
Agroforestry	35222	2000
Rainforest	26700	2000
Savanna/ocean	41500	2500
Desert	18000	1400

Εικόνα 49. Συγκεντρωτικός πίνακας επιφάνεια και όγκου..



Εικόνα 50 κάτοψη του συνόλου των εγκαταστάσεων..

Ολόκληρη η δομή αποτελείται συνολικά από 10.550 m<sup>2</sup> και περίπου 170.000 m<sup>3</sup> ατμόσφαιρας που αντιστοιχούν περίπου στους 180 τόνους ατμόσφαιρας, 1.500.000 λίτρα γλυκού νερού, 3.800.000 λίτρα αλμυρού νερού και 17.000 m<sup>3</sup> εδάφους.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες από τη δεκαετία του 1960 σχετικά με τον αναγκαίο χώρο ενός ανθρώπου για να

θρέψει τον εαυτό του. Αυτές οι μελέτες που έχει πραγματοποιήσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων έχουν (<http://www.fao.org/home/en/>), *The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* έχουν δείξει έναν αριθμό περίπου 4.300 τετραγωνικά μέτρα, ενώ σύμφωνα με τι μελέτες στις αρχές 2.000 ο αριθμός ήταν περίπου 2.300 τετραγωνικά μέτρα. Σήμερα αυτός ο αριθμός έχει μειωθεί στα 1.850 τετραγωνικά μέτρα και προβλέπεται με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας να μειωθεί στα 1.500 ως το 2.030.

Υπολογίζοντας την αναλογία της επιφάνειας του βιότοπου στο πείραμα που είχε πραγματοποιηθεί στην Αριζόνα (βιόσφαιρα 2), ένα άτομο του πληρώματος αντιστοιχούσε σε



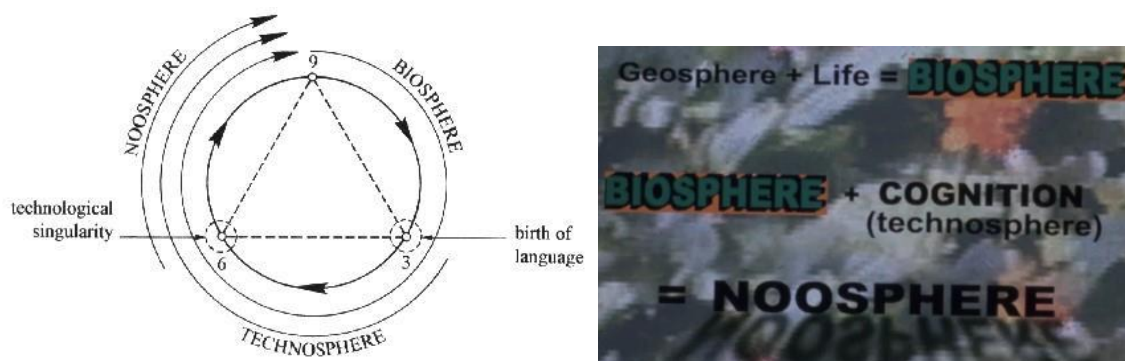
Εικόνα 51 Φωτογραφία του πληρώματος κατά την διάρκεια του γεύματος.

925 τετραγωνικά μέτρα που ήταν κατά πολύ μικρότερη έκταση από το παγκόσμιο στάνταρ των 4.000 τετραγωνικών μέτρων ανά άτομο που υπολόγιζαν την περίοδο της δεκαετίας του 1980. Αυτό φάνηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος από τις ελλείψεις σε θερμίδες και τις ανάγκες σε τροφή που παρουσιάστηκαν στο

πλήρωμα, οι οποίες είχαν μειωθεί σε 1.800 θερμίδες ανά άτομο. Να αναφέρουμε ότι ένας μέσος όρος θερμίδων για ένα άτομο, ικανό να εργάζεται, είναι 3.500 θερμίδες. Όπως βλέπουμε από αυτή τη μελέτη και το πείραμα, είναι πολύ δύσκολο να βασιστούμε στις φυσικές πηγές και στην εσωτερική ανακύκλωση για να επιβιώσουμε στο ακραίο περιβάλλον με απλούς συμβατικούς τρόπους καλλιέργειας και εκμετάλλευσης της γης. Συνεπώς, θα πρέπει να προβούμε σε τεχνολογικές λύσεις που εκμεταλλεύονται το χώρο και την ενέργεια σε τρισδιάστατη κλίμακα και να χρησιμοποιούμε κάποιες τεχνικές όπως υδροπονία ή αεροπορική, τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω στις αρχιτεκτονικές προτάσεις.

Κάνοντας μία μικρή αναφορά στην ιστορία και στις έννοιες όπως βιόσφαιρα (Biosphere, "Noösphere" και technosphere) μπορούμε να πούμε μερικά πράγματα για την προέλευση και το νόημα της.

Η λέξη "Noösphere" εμφανίστηκε στο Παρίσι, το 1924, από συνομιλίες μεταξύ του Vernadsky και δύο Γάλλων μελετητών, Teilhard de Chardin και Édouard Le Roy. Σε μια διάλεξη που έδωσε στο Παρίσι το 1925, ο Vernadsky, είχε ήδη περιγράψει την ανθρωπότητα και το συλλογικό ανθρώπινο μυαλό ως μια νέα «γεωλογική δύναμη», η οποία φαίνεται να σήμαινε μια δύναμη συγκρίσιμη σε κλίμακα με το ορεινό κτίριο ή το κίνημα των ηπείρων.



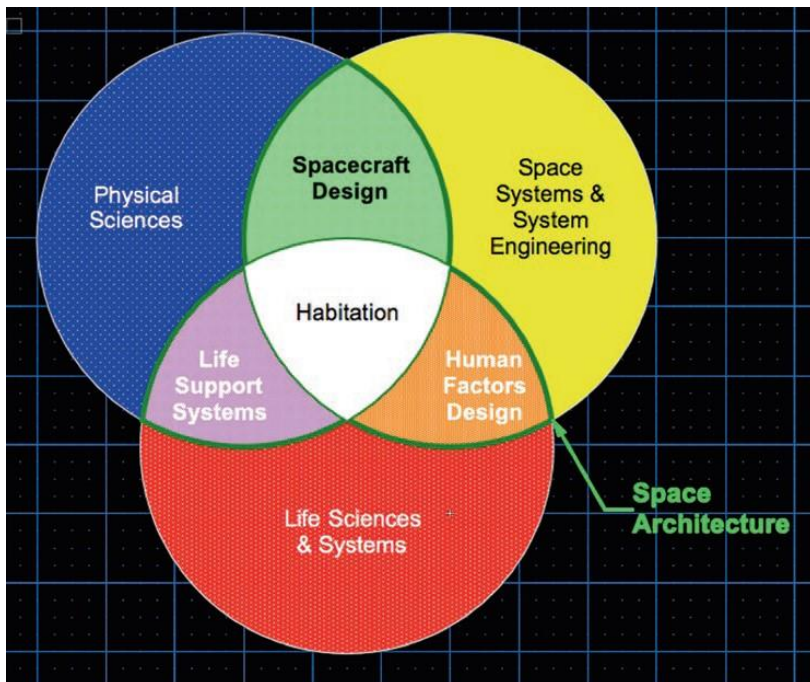
Εικόνα 52. Διάγραμμα και εικόνα από το δοκίμιο του 1945, ο Vernadsky

Σε ένα δοκίμιο του 1945, ο Vernadsky περιέγραψε το Noösphere ως: «ένα νέο γεωλογικό φαινόμενο στον πλανήτη μας. Σε αυτό για πρώτη φορά, ο άνθρωπος γίνεται μια μεγάλης κλίμακας γεωλογική δύναμη.» Ως ένα από τα πολλά σημάδια αυτής της βαθιάς αλλαγής, ήταν η ξαφνική εμφάνιση στη γη νέων ορυκτών και καθαρισμένων μετάλλων: «ότι η ορυκτολογική σπανιότητα, ο εγγενής σίδηρος, παράγεται τώρα σε δισεκατομμύρια τόνους. Το φυσικό αλουμίνιο, το οποίο δεν υπήρχε ποτέ πριν στον πλανήτη μας, παράγεται τώρα σε οποιαδήποτε ποσότητα». Ο Vernadsky είναι πιο γνωστός για την ανάπτυξη της ιδέας μιας «βιόσφαιρας», μιας σφαίρας ζωής που έχει διαχωρίσει τον πλανήτη Γη σε γεωλογικές χρονικές κλίμακες. Το πιο γνωστό έργο του πάνω στο θέμα είναι το Biosphere που επηρέασε άμεσα το Biosphere 2 του John Allen.

### 3 Σχεδιάζοντας για το διάστημα

#### 3.1 Ανάγκες μιας διαστημικής αποικίας και η οργάνωση των συνθηκών

Σχεδιάζοντας για το διάστημα σημαίνει να σχεδιάζεις για έναν χώρο αυξημένου κινδύνου και αυξημένης ευθύνης. Κάθε αντικείμενο και κάθε κίνηση και κάθε δράση μελετάται και προϋπολογίζεται πολλές φορές. Όλα τα συστήματα λειτουργούν σε διπλά και τριπλά αντίγραφα. Έτσι, ο αρχιτέκτονας μπορούμε να πούμε ότι παρομοιάζεται με έναν πλαστικό χειρουργό, ο οποίος πραγματοποιεί πλαστικές αισθητικές επεμβάσεις, αλλά έχει και την ευθύνη της ζωής του υποκειμένου της δουλειάς του. Για αυτό, δεν πρέπει να ξεχνάμε, ειδικά όταν σχεδιάζουμε σε ένα τέτοιο περιβάλλον, ότι ο αρχιτέκτονας είναι και μηχανικός. Ο σχεδιασμός



Εικόνα 53. Η σχέση των επιστημονικών τομέων κατά το σχεδιασμό μιας αποστολής στο διάστημα. Σχεδιάγραμμα από το βιβλίο *Building Habitats on the Moon*. Haym Benaroya

του πάντα θα πρέπει να είναι ρεαλιστικός και να βασίζεται στα μοντέλα που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, να έχει κατασκευαστική ειλικρίνεια και να μην τελεί αυτοσκοπό. Κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό θα πρέπει να συνυπολογίζονται οι συνιστώσες που έχουν άμεση σχέση με τον άνθρωπο. Έτσι, οργανώνοντας αυτές τις ανάγκες, διακρίνουμε κάποιες κατηγορίες που χαρακτηρίζουν αυτά τα ζητήματα:

Φυσιολογία (είναι ζήτημα της υποστήριξης και σωστής λειτουργίας του οργανισμού).

Παραγωγή τροφίμων, παραγωγή οξυγόνου, παραγωγή νερού, μηχανήματα υποστήριξης ζωής, διατήρηση της κατάλληλης φυσιολογίας, ανθρώπινη υγιεινή. Ψυχολογία (είναι η ορθότητα του λογισμού και το ποιοτικό αντίκτυπο στον ψυχισμό του ατόμου). Μόνιμη κατοίκηση

στο διάστημα σημαίνει να βρίσκεσαι σε έναν περιορισμένο χώρο κοντά στους συναδέλφους ή μέλη του πληρώματος χωρίς τη δυνατότητα ελεύθερης και εύκολης μετακίνησης μεταξύ των χώρων και τμημάτων του συγκροτήματος. Μεγαλύτερη αίσθηση ευθύνης προς τον συνάνθρωπο και μεγαλύτερη αίσθηση φόβου ως προς τις απρόοπτες καταστάσεις. Σε όλο το σύνολο ζητημάτων προστίθενται φαινόμενα όπως η νοσταλγία και η έλλειψη της δυνατότητας διαφυγής από οποιαδήποτε κατάσταση.

Κοινωνιολογία (είναι ζητήματα της ομαδικής κοινωνικής συνείδησης και ενότητας).

Συνεργασία και μόνιμη μάθηση και εξειδίκευση. Ιεραρχία και μεθοδικότητα. Διαφάνεια και ομαδική αποφασιστικότητα. Πειθαρχία και κατανόηση. Φυλετικές διαφορές και σχέσεις.

Τεχνολογία (είναι τα τεχνικά ζητήματα που πρέπει να προβλεφθούν και να λυθούν από τις υπάρχοντες δυνατότητες του περιβάλλοντος και το δυναμικό της ομάδας). Τα τεχνολογικά ζητήματα θα πρέπει να είναι οργανωμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε τα περισσότερα να μπορούν να λυθούν στο ίδιο περιβάλλον και να παραχθούν αντικείμενα που χρησιμοποιούνται εύκολα με απλές τεχνικές και μεθόδους. Η ακολουθία όλων των εργασιών και διαδικασιών που πραγματοποιούνται πρέπει να μη βασίζεται σε εξειδικευμένες τεχνικές που μπορεί να διακόψουν ή να καθυστερήσουν το έργο. Αυτό συνεπάγεται ότι στις περισσότερες διαδικασίες θα πρέπει να βασιζόμαστε σε κάποιες απλές λύσεις, γιατί η εξειδίκευση αποτρέπει τη δυνατότητα προσαρμογής σε απρόοπτες μεταβλητές που μπορεί να προκύψουν στη συνέχεια. Για παράδειγμα, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε στη σύνδεση απλή κοχλίωση ή απλή ηλεκτροσυγκόλληση παρά ένα εξειδικευμένο εργαλείο σύνδεσης με laser που είναι ευαίσθητο με απαιτητική συντήρηση.

Περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όταν αναφερόμαστε στις περιβαλλοντικές συνθήκες, αναφερόμαστε κυρίως στις ατμοσφαιρικές συνθήκες στο έδαφος και στον περιβάλλοντα χώρο διαβίωσης της κοινότητας που αφορά άμεσα τα υλικά, τις οπτικές υφές, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τα οπτικά ερεθίσματα.



Χωροταξία.

Σχεδιάζοντας το διάστημα λαμβάνεται πολύ υπόψη το χωροταξικό μοντέλο των απαραίτητων χώρων και εγκαταστάσεων σε αναλογία με τον πληθυσμό για να υπάρχει μία σωστή αντιστοιχία.

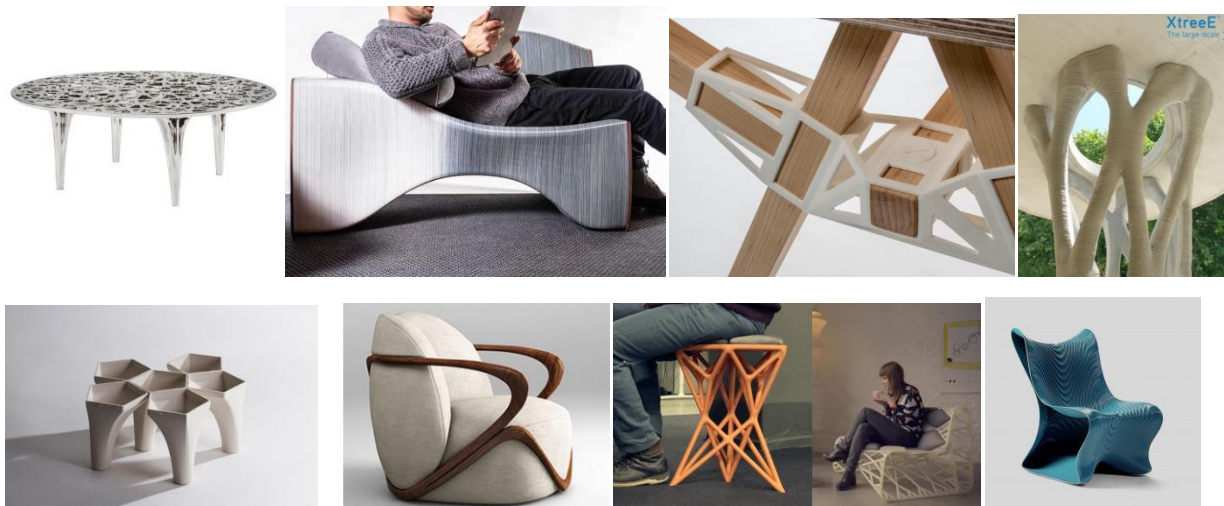
Ύπνος, εργασία, επικοινωνία - δημόσιο, ψυχαγωγία, άθληση, εστίαση, περίθαλψη, απομόνωση.

### 3.2 Νέες τεχνικές (3D printing ) στη διαστημική τεχνολογία

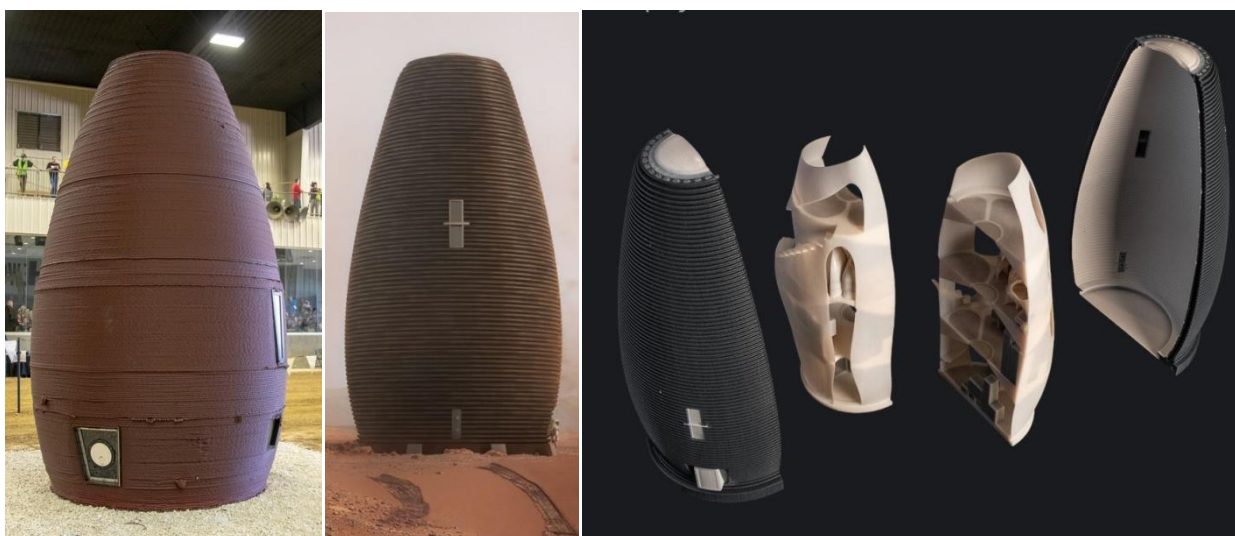
Η σημαντικότερη νέα τεχνική που συζητείται την τελευταία δεκαετία είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση. Αυτήν τη μέθοδο την εφαρμόζουν σχεδόν σε όλους τους τομείς και αναθέτουν μεγάλες ελπίδες στην εξέλιξή της. Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται για διάφορα υλικά και σε διάφορα μεγέθη ξεκινώντας από κτιριολογικές διατάξεις μέχρι Ιατρική και μικρό- εργαλεία. Συνήθη υλικά που προτείνονται για να χρησιμοποιηθούν σε διαστημικά προγράμματα είναι μείγματα μπετόν ή κονιάματος regalit σε μείγμα με πλαστικό. Επίσης, προτείνονται κράματα μετάλλων ή εποξειδικά συστήματα. Ο βασικός στόχος όμως της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η χρήση των υπαρχόντων υλικών που διαθέτει το γύρω περιβάλλον.

Θεωρητικά η εκτύπωση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε υλικό και μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε μέγεθος. Στην πραγματικότητα όμως στη σημερινή εποχή, όσον αφορά στη διαστημική τεχνολογία, η εκτύπωση έχει επικεντρωθεί στην έρευνα εκτύπωσης μικροαντικειμένων για καθημερινή χρήση, όπως εργαλεία, έπιπλα, γενικά κάποια χρηστικά αντικείμενα και το δεύτερο κομμάτι που έχει λάβει χώρα είναι η εκτύπωση σε Macro επίπεδο διαστημικών κατοικιών ολοκληρωμένης μονάδας συνήθως για να παρέχει προστασία από την ακτινοβολία που υπάρχει στον Άρη και στη Σελήνη.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση και ειδικά μικροαντικειμένων δίνει τη δυνατότητα βέλτιστης χρήσης υλικού, ενώ όσον αφορά στην ποιότητα και την ποσότητα, προσφέρει τη μέγιστη ανακύκλωση του υλικού. Ειδικότερα, αν υπολογίσουμε ότι στις συνθήκες του διαστήματος τυπώνουμε αντικείμενα είτε σε κενό αέρος είτε σε έλλειψη βαρύτητας, οι δυνατότητες είναι υψηλές. Για παράδειγμα, στην παρακάτω εικόνα φαίνονται κάποια χρηστικά αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί με τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέροντας έτσι ποικιλία μορφών και υφών.



Όσον αφορά στην τρισδιάστατη εκτύπωση σε Μακρο κλίμακα, υπάρχουν πολλές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια με χαρακτηριστικό παράδειγμα το διαγωνισμό της NASA που αφορούσε δημιουργία μιας πολυδιάστατης κατοικίας με τεχνολογία 3D εκτύπωσης.

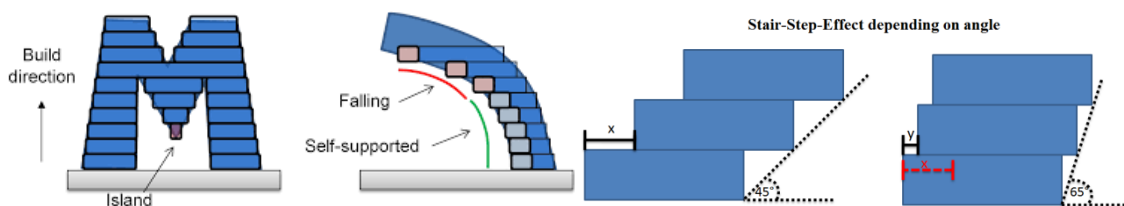


Εικόνα 54. Αρχιτεκτονική στον Άρη MARSHA

Για να καταλάβουμε την κλίμακα και τις δυνατότητες της τρισδιάστατης εκτύπωσης κτιρίων πρέπει να δούμε κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και τον τρόπο που πραγματοποιείται η διαδικασία. Ο βασικός περιορισμός της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η αυτόματη διαδικασία χωρίς ανθρώπινη επέμβαση.

1) Ο πρώτος περιορισμός. Θα πρέπει να έχουμε μία επίστρωση από όλο το υλικό από κάτω, ώστε να μπορεί στη συνέχεια η τρισδιάστατη εκτύπωση να γίνει χωρίς επέμβαση του ανθρώπου.

Οι στρώσεις μπορούν να τοποθετηθούν μόνο κάθετα ή μία μετά την άλλη με μία ή μικρή απόκλιση 30-40 μοίρες το πολύ.

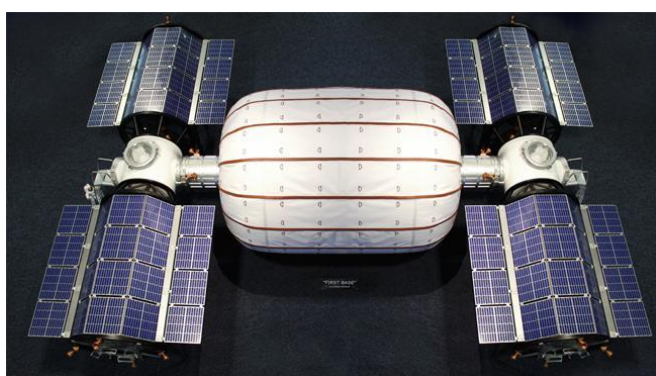


Αυτό συνεπάγεται ότι όταν υπάρχει ανάγκη να δημιουργήσουμε ανοίγματα θα πρέπει να δημιουργούνται υποστυλώματα ανά τακτικά χρονικά διαστήματα που στη συνέχεια θα πρέπει να αφαιρούνται. Σε περίπτωση που η κλίση της εκτύπωσης είναι αρκετά μεγάλη, δημιουργείται ασυνέχεια του υλικού και κατάρρευση της στρώσης.

2) Ένα άλλο αρνητικό που διαθέτει αυτή η τεχνική είναι η ανάγκη για ένα σταθερό περιβάλλον με σταθερές συνθήκες, ιδιαίτερα θερμοκρασίας, που σε ένα φυσικό περιβάλλον και χωρίς παρουσία ανθρώπου είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

3) Τρίτο και βασικότερο αρνητικό στοιχείο της τεχνικής τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η ανατροφοδότηση του υλικού, που πολλές φορές παρουσιάζει προβλήματα αυτοματοποιημένων λύσεων και χρειάζεται τακτική παρακολούθηση και επέμβαση του ανθρώπου.

### 3.3 Άλλες καινοτόμες λύσεις στη διαστημική τεχνολογία



Εικόνα 55. Στην φωτογραφία φαίνεται η βάση που σχεδιάστηκε από την εταιρεία Bigelow Aerospace και μπορεί να φιλοξενήσει τέσσερα ή έξι άτομα για μεγάλη διάρκεια. Σχεδιάστηκε για ένα πρόγραμμα προσελήνωσης διάρκειας 120 ημέρων στην επιφάνεια του φεγγαριού. Ο εσωτερικός όγκος των οικοτόπων είναι 330m.<sup>3</sup>

Άλλη μία τεχνική στη διαστημική τεχνολογία που έχει εξελιχθεί αφορά στα σύνθετα ανθεκτικά υφάσματα και τις μεμβράνες, οι οποίες έχουν αντικαταστήσει σε κάποιες εφαρμογές τις σκληρές άκαμπτες κατασκευές, όπως για παράδειγμα, η ιδιωτική εταιρεία Bigelow Aerospace κατασκευάζει τμήματα και χώρους που προορίζονται για το διάστημα δημιουργώντας φουσκωτούς κυλίνδρους

που να αντέχουν εσωτερικά την απαραίτητη ατμοσφαιρική πίεση που χρειάζονται οι αστροναύτες. Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων χώρων που μπορούν να μεταφερθούν σε πιο μικρούς και συμπαγείς όγκους κατά την διάρκεια της αποστολής.

Υπάρχει μια σημαντική πρόοδος όσον αφορά στα σύνθετα υλικά τα οποία έχουν βελτιωμένες ιδιότητες και μικρότερο βάρος σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής. Ένα παράδειγμα τέτοιου υλικού είναι το πολυκαρβονικό πλαστικό με υφάσματα από ανθρακονήματα, το οποίο αποτελεί μία ξεχωριστή κατηγορία από μόνο του. Τα αντικείμενα που κατασκευάζονται με αυτή την μέθοδο δε χρειάζονται μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις και βαριά βιομηχανία αλλά ένα μικρό εργαστήριο μπορεί να είναι αρκετό. Επιπλέον, η πρώτη ύλη δηλαδή τα υφάσματα και τα εποξειδικά συστήματα μεταφέρονται εύκολα και δεν πιάνουν χώρο, γεγονός που καθιστά ιδανική λύση για το διάστημα.



Εικόνα 56. Η χρήση των ανθρακονημάτων κατά την παραγωγή σύνθετων δομών για τον πύραυλο Atlas V στις ΗΠΑ και στην τομή η λεπτομέρεια της κατασκευής.

Σημαντικές είναι και οι εφαρμογές με το γραφένιο, λόγω της πολύ μεγάλης αντοχής, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και διαφόρων άλλων χρήσιμων χαρακτηριστικών που μπορεί να συμβάλλουν στην εξέλιξη της διαστημικής τεχνολογίας, ώστε να



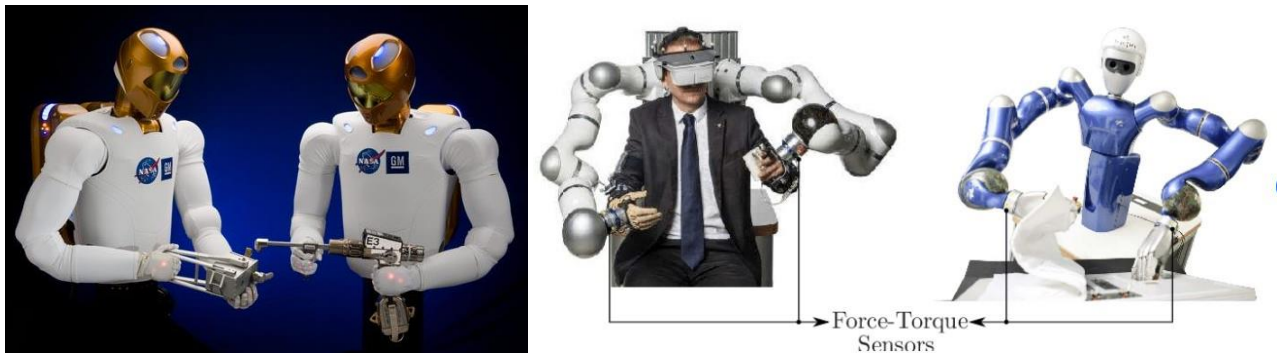
Εικόνα 57. Η χρήση γραφένιου που προβλέπεται στο μέλλον.

αποδίδει εύκολα σε δύσκολα περιβάλλοντα. Όσο και να αναλογιστεί κάποιος τη δυσκολία της εφαρμογής μιας νανοτεχνολογίας σε δύσκολα περιβάλλοντα, σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται με απλές διαδικασίες. Έτσι, για παράδειγμα οι προσμίξεις του αφρώδους γκράφιτι στο φελιζόλ προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή και καλύτερη θερμομόνωση. Παρομοίως, με πολύ εύκολους τρόπους μπορούμε να βελτιώσουμε και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά με την πρόσμιξη του γραφενίου στα υλικά που έχουν εφευρεθεί.

Σημαντική αλλαγή επικρατεί στο χώρο των προωθητικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια που εξελίσσονται τα επανδρωμένα μοντέλα που μειώνουν πολύ το κόστος της εκτόξευσης στο διάστημα. Ο βασικός παράγοντας που επηρέασε προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η εταιρεία X space που δημιούργησε μια σειρά πυραυλικών συστημάτων που εξελίσσονται στον τομέα επανδρωμένων αποστολών τα τελευταία χρόνια.

Άλλη μία τεχνολογική εξέλιξη, η οποία θα επηρεάσει τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και την οργάνωση του χώρου είναι η τεχνητή νοημοσύνη και η ρομποτική. Το περιβάλλον θα αλληλοεπιδρά όλο και πιο περισσότερο με τον άνθρωπο δημιουργώντας νέες εμπειρίες και νέους τρόπους δράσης οι οποίοι θα είναι πολύ χρήσιμοι σε περιβάλλοντα όπως το διάστημα. Η παραμονή σε έναν άλλον πλανήτη με διαφορετικές συνθήκες από τη γη και σε συνθήκες εγκλεισμού με δυσκολίες μετακίνησης, επιβάλλουν τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών. Η χρήση των τεχνικών του virtual reality και η χρήση των έξυπνων ρομποτικών συστημάτων, όπως για παράδειγμα του χειρισμού ενός Άβαταρ ρομπότ, θα παρέχει στον άνθρωπο τη δυνατότητα της άμεσης μεταβίβασης από έναν σημείο σε άλλο. Έτσι, λοιπόν ο σχεδιασμός διαστημικών αρχιτεκτονικών συστημάτων θα συμπεριλαμβάνει έξυπνα περιβάλλοντα που θα παρέχουν νέους τρόπους επικοινωνίας, εργασίας και ξεκούρασης όπως το περιγράφει ο Konrad Szocik στο βιβλίο «The Human Factor in a Mission to Mars», πιθανόν θα είναι διαδικασία ρουτίνας να έχουν ένα ρομπότ avatar στην χρήση τους οι αστροναύτες που θα μένουν στο προσεχές μέλλον στον Άρη.





Εικόνα 58. Στην εικόνα αριστερά φαίνεται πρωτότυπο ρομπότ Robonaut. Είναι ένα κοινό πρόγραμμα της NASA και της General Motors που προορίζεται για εργασία στο διάστημα στην επιφάνεια της Σελήνης και του Άρη. Επιπλέον, τα ρομποτικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα όχι μόνο να χειριστούν αντικείμενα και καταστάσεις από μακριά, αλλά και να μεταφέρουν την αίσθηση των δράσεων στο χειριστή η εικόνα δεξιά .

## 4. Ο άνθρωπος, το διάστημα και η βιωματική του εμπειρία

### 4.1 Εσωτερικεύοντας τον τόπο και οι σχέσεις φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος

Σχεδιάζοντας ένα μόνιμο τόπο διαβίωσης σε έναν άλλον πλανήτη είναι σημαντικό να κατανοηθεί η διαφορά του νοήματος της έννοιας του τόπου σε σχέση με το σχεδιασμό ενός απλού κτιριακού συγκροτήματος. Είναι σημαντικό, επίσης, να μελετηθεί η σχέση της έννοιας του τόπου με το φυσικό και το αστικό τοπίο ιδιαίτερα στο σχεδιασμό του εσωτερικού ενός μεγάλου χώρου.

Η έννοια του τόπου δεν αποτελεί την οριοθέτηση μιας περιοχής, αλλά αποτελεί έναν όρο νοητικής διασύνδεσης της κοινωνικής και ατομικής αντίληψης των χαρακτηριστικών, μορφολογικών, κτιριακών και διαχρονικών εμπειριών που συνδέονται άμεσα με ένα τοπίο. Έτσι, η έννοια του τόπου συνδέεται άμεσα με την βιωματική εμπειρία και τη γνώση η οποία υφίσταται για ένα τοπίο. Όπως το αναφέρει στη διατριβή της (Η έννοια του τόπου στις αρχιτεκτονικές θεωρίες και πράξεις 2009) η Χατζησάββα Δήμητρα και το περιγράφουν ο Gilles Deleuze και ο Félix Guattari «ο τόπος είναι ένας τόπος μοριακός που αφήνει να περνούν μέσα του συμβάντα, καταστάσεις, εγκαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο σχέσεις όσο τον δυνατόν εγγύτερες προς αυτό που πάει να γίνει, και μέσω των οποίων γίνεται, την ιδιομορφία του».

Σχεδιάζοντας το εσωτερικό ενός μεγάλου χώρου είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη αυτή η διάσταση της έννοιας, ώστε να μπορεί να αποδοθεί σωστά το αστικό τοπίο και τα χαρακτηριστικά του. Σίγουρα για να υφίστανται αυτές οι έννοιες ο εσωτερικός χώρος θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλων διαστάσεων ώστε να μπορούν να γίνουν ευδιάκριτοι οι μορφολογικοί διαχωρισμοί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μορφών είναι το Central Park στη Νέα Υόρκη, όπου φαίνεται η σχέση του πάρκου με την ευρύτερη περιοχή της πόλης δίνοντας μια ξεχωριστή έννοια στον τόπο.



*Εικόνα 59. Αεροφωτογραφία του Central Park στη Νέα Υόρκη.*

Η αρχιτεκτονική διαμόρφωση μιας μικρής κοινότητας στον Άρη θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί ως σχεδιασμός μιας μικρής πόλης, όπου υπάρχει η ανάγκη της διαμόρφωσης του αστικού τοπίου και του φυσικού περιβάλλοντος. Ο αρχιτέκτονας Victor Gruen σύστησε τον όρο “Cityscape” ή «αστικό τοπίο», τον οποίο όρισε ως το αντίθετο του όρου “landscape” ή «τοπίο». Με τον τρόπο αυτό σημειώνει ότι ως φύση δεν νοείται το φυσικό περιβάλλον της άγριας φύσης, αλλά αναφέρεται σε εκείνες τις περιοχές όπου ο άνθρωπος έχει επέμβει στη Γη με έναν οικείο και πιο φιλικό τρόπο. Το αστικό τοπίο σε σχέση με την θεωρία του Victor Gruen αφορά στο δομημένο κτιριακό περιβάλλον με τις διαμορφωμένες υποδομές του, ενώ αντίθετα το τοπίο αναφέρεται σε ένα περιβάλλον όπου η φύση αποτελεί το κυρίαρχο στοιχείο.

Άρα, σχεδιάζοντας μία μικρή κοινότητα που πρέπει να αποδοθεί ουσιαστικά σε ένα μεγάλο εσωτερικό χώρο ή χώρους, όπως είναι ένας μεγάλος θόλος ή σύμπλεγμα θόλων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αυτές οι συνιστώσες και να διαχωρίζονται με σαφήνεια οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, ώστε να είναι ευδιάκριτο και κατανοητό το τοπίο και να είναι ξεκάθαρες οι προθέσεις του.

Συνοψίζοντας όλα τα προαναφερόμενα, θα ήταν ορθότερο ήταν να δημιουργείται ένα φυσικό περιβάλλον που θα εμπεριέχει το τεχνητό και όχι το αντίθετο. Δηλαδή αυτό μεταφράζεται ως δημιουργία πρώτα του φυσικού περιβάλλοντος στο εσωτερικό ενός μεγάλου χώρου και έπειτα διαμόρφωση του τεχνητού, ενώ στους περισσότερους σχεδιασμούς των προσωρινών κατοικιών για άλλους πλανήτες υφίσταται το αντίθετο.

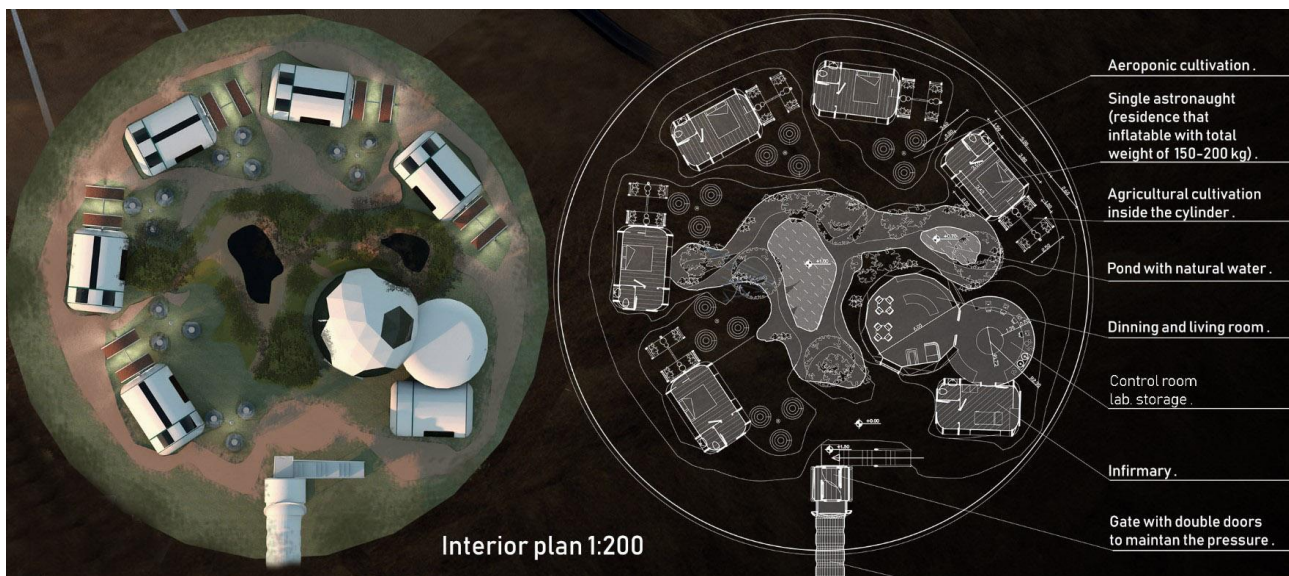
Στην αρχή της διαστημικής τεχνολογίας, όταν οι πρώτοι άνθρωποι άρχισαν να ταξιδεύουν στο διάστημα, για να τους δημιουργήσουν χώρους διαβίωσης απλά πήρανε τις δεξαμενές καυσίμου και τοποθέτησαν πόρτες με συστήματα υποστήριξη ζωής. Αναπτύσσοντας τις τεχνολογίες μεγάλωσαν τις κλειστές δεξαμενές και πρόσθεσαν λίγο φυσικό περιβάλλον στο εσωτερικό τους.

Μπορούμε να φανταστούμε για παράδειγμα ένα θόλο που θα μοιάζει με ένα φυσικό περιβάλλον με δέντρα και ζωντανούς οργανισμούς και θα εμπεριέχει στο εσωτερικό του πλέον τους χώρους και τα πιθανά κτίρια. Σε αυτό το στάδιο η ποιότητα και ο τρόπος ζωής θα ανταποκρίνονται στην ποιότητα ζωής που οι άνθρωποι έχουν συνηθίσει στη Γη.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας του φυσικού περιβάλλοντος που δίνει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στον τόπο είναι το υδάτινο στοιχείο. Η αποταμίευση του νερού σε μία απομακρυσμένη αποικία σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες αποτελεί από τα βασικά ζητήματα σχεδιασμού και για αυτό η απλούστερη και πιο λογική λύση είναι η δημιουργία ελεύθερης λίμνης ή έστω δεξαμενής που θα δώσει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στο τοπίο και θα λύσει πολλά ζητήματα σχεδιασμού στο τεχνικό επίπεδο.

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός που ακολουθεί και βασίζεται πάνω στην παρούσα θεωρητική μελέτη έχει ως προτεραιότητα το υδάτινο στοιχείο που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού, δίνοντας λύση σε σχεδιαστικά τεχνικά και βιοωτικά ζητήματα.





Απόσπασμα από αρχιτεκτονικό σχεδιασμό MARCEPTION 2018 competition (Προσωπικό αρχείο)

Παράδειγμα χρήσης του υδάτινου στοιχείου σε έναν διαστημικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

## 4.2 Σχέση δημόσιων και ιδιωτικών χώρων

Ο σκοπός του σχεδιασμού σε έναν περιορισμένο χώρο ή σε μία περιορισμένη έκταση θα πρέπει να διατηρεί μία λεπτή ισορροπία. Στους εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να δημιουργούνται περιβάλλοντα που να διαθέτουν επαρκή ιδιωτικότητα, αλλά ταυτόχρονα να αποτρέπουν την απομόνωση για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στους δημόσιους χώρους, θα πρέπει να αποτρέπεται ο ανταγωνισμός στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ώστε να στηρίζεται η ισότητα και η μεσότητα και να υπάρχει παντού οπτική επαφή.

Ειδικότερα, η περίπτωση μιας κοινότητας ατόμων με σκοπό τη μόνιμη διαβίωση αντικατοπτρίζεται απευθείας σε μία εικόνα ιδιωτικής κατοικίας. Όπως έλεγε ο Αριστοτέλης «ο άνθρωπος φαίνεται να έχει έμφυτη την αίσθηση της ατομικής ιδιοκτησίας, τις αισθήσεις ότι ο χώρος ή η γη, πάνω στον οποίο βρίσκεται η κατοικία, του ανήκει». Συνεπώς, σε μία κοινότητα η οποία πρέπει να υπάρχει σε περιορισμένο χώρο και να έχει στενή συνεργασία και συλλογική δράση δεν μπορεί να υφίσταται αυτό το μοντέλο της ιδιωτικής κατοικίας. Παρόλα αυτά θα πρέπει να γίνει η οριοθέτηση του ατομικού και κατά επέκταση του κοινωνικού χώρου δράσης.

Έτσι, στην περίπτωση του σχεδιασμού μιας αποικίας για την αίσθηση της οικειότητας και την οριοθέτηση του ατομικού χώρου θα πρέπει να γίνει σαφής διαχωρισμός μεταξύ του ιδιωτικού



και δημόσιου, ώστε οι άνθρωποι που θα ζουν σε αυτό το περιβάλλον να το αισθάνονται πιο οικείο ως προς τον εαυτό τους. Ταυτόχρονα, όμως η λειτουργία και η δράση της κοινότητας θα έχει συλλογικό χαρακτήρα όπου οι άνθρωποι θα μοιράζονται αγαθά και θα παράγουν έργο χωρίς κάποιο οικονομικό αντίτιμο, αλλά με κοινό σκοπό και συλλογικούς στόχους. Έτσι, ο ιδιωτικός χώρος θα πρέπει να σχεδιάζεται και να έχει στοιχεία της ατομικής ιδιωτικότητας και όχι της ιδιωτικής ιδιοκτησίας.

Ένας παράγοντας που μπορεί να επιδρά θετικά στους κατοίκους μιας τέτοιας κοινότητας και την αίσθηση της ιδιωτικότητας και διασύνδεσης με τον τόπο, είναι η δυνατότητα της καλλιέργειας και επέμβασης στο γύρω περιβάλλον, έτσι ώστε τα όρια της ιδιωτικής ιδιοκτησίας και της δημόσιας ιδιοκτησίας να γίνονται πιο αχνά και η δράση στην κοινότητα να αποκτά πιο συλλογικό χαρακτήρα. Τέτοιες δράσεις μπορεί να είναι η ομαδική καλλιέργεια και παραγωγή τροφής, ομαδική εστίαση και ομαδική εργασία συντήρησης του περιβάλλοντος.

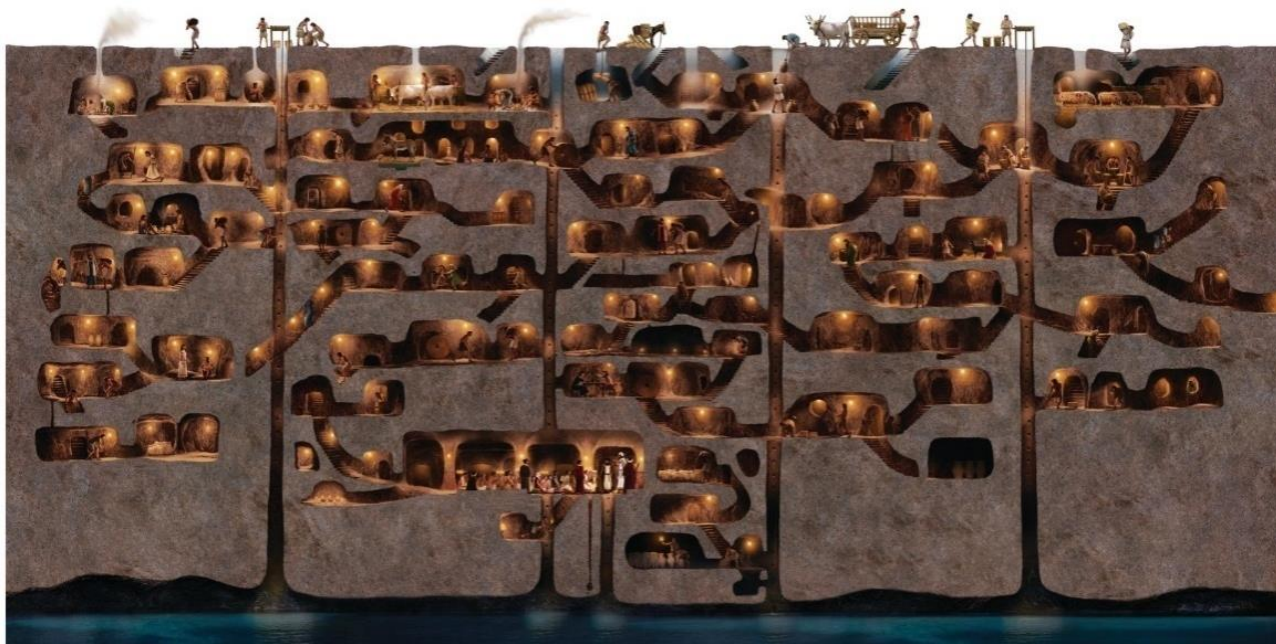
#### 4.3 Αισθήσεις και η βιωματική εμπειρία σε μια διαστημική αποικία

Οι αισθήσεις και οι αντιλήψεις που θα έχουν οι κάτοικοι σε μια διαστημική αποικία είναι συνήθως αρκετά διαφορετικές από αυτό που αντικρίζουμε στην επιστημονική φαντασία και στις φουτουριστικές διαστημικές εικόνες. Πολλοί, όταν φαντάζονται μία διαστημική αποικία, σκέφτονται ένα πελώριο θόλο κάτω από τα άστρα. Πρακτικά, όμως, είναι σαν να ζούμε σε πεδίο βολής μέσα σε γυάλινο σπίτι. Έτσι, ξέροντας τους κινδύνους που μπορεί να μας περιτριγυρίζουν σίγουρα δεν θα θέλαμε να ζήσουμε κάτω από ένα θολό. Αν προσθέσουμε τον κίνδυνο της ακτινοβολίας που εκπέμπει ήλιος, την πιθανότητα μιας ηλιακής καταιγίδας αλλά και την υπεριώδη βλαβερή ακτινοβολία που μπορούμε να δεχτούμε, σίγουρα δεν θα νιώθουμε άνετα και μόνο στην ιδέα.

Πρακτικά, η παραμονή σε ένα θόλο σε ένα περιβάλλον το οποίο έχει θερμοκρασία -30 βαθμούς την ημέρα και -120 βαθμούς τη νύχτα δεν θα ήταν ότι πιο ευχάριστο. Όλη η υγρασία θα πάγωνε πάνω του δημιουργώντας επιπλέον προβλήματα, ενώ για να επιτύχει μεγαλύτερη θερμοκρασία θα μάζευε συνεχώς υδρατμούς, όπου θα αναπτύσσονται βακτήρια προκαλώντας προβλήματα υγιεινής και λερώνοντας το θόλο, όπως το παρατηρούμε στα θερμοκήπια της γης.

Τέλος, οι αλλαγές των θερμοκρασιών δεν επιτρέπουν την κατασκευή λόγω μεγάλων διαστολών στους συνδέσμους.

Η κατοίκηση σε τέτοιο περιβάλλον όπου υπάρχουν δύσκολες συνθήκες, όπως το πολικό κρύο δυνατοί άνεμοι και άλλοι κίνδυνοι δημιουργεί την τάση να καταστήσουμε την πόλη απομονωμένη από το έξω περιβάλλον ώστε να αισθανόμαστε ασφάλεια. Αυτό πιθανόν θα συμβαίνει και όταν θα μείνουμε σε έναν άλλον πλανήτη σε ένα επικίνδυνο περιβάλλον, όπως η επιφάνεια του Άρη. Πιθανόν οι άνθρωποι εκεί θα αισθάνονται μεγαλύτερη ασφάλεια και οικειότητα να ζούνε κάτω από το έδαφος παρά οι κατοικίες τους να είναι χτισμένες στην επιφάνεια του Άρη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ήταν οι ομάδες που ζούσαν σε υπόσκαφες κοινότητες-χωριά (Τουρκία) και έβγαιναν στην επιφάνεια μόνο για τις ζωτικές ανάγκες και τον ανεφοδιασμό.



Εικόνα 61. Υπόγεια πόλη Derinkuyu στην Τουρκία. Αναπαράσταση σε τομή

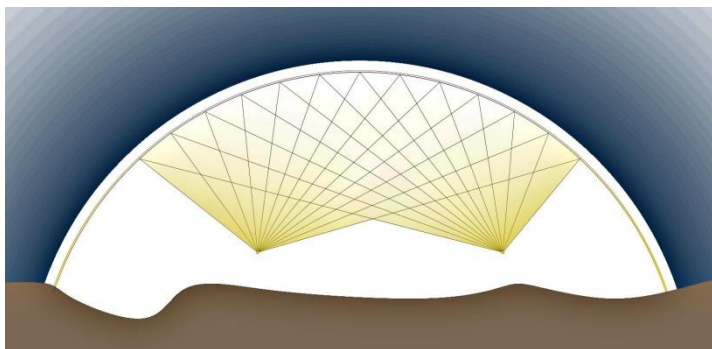


Εικόνα 60.  
Φωτογραφία από  
τον διεθνή  
διαστημικό σταθμό  
όπου φαίνεται ότι  
κατά την διάρκεια  
του ύπνου ενός  
μέλους του  
πληρώματος  
πραγματοποιούνται  
εργασίες.

Η μεγαλύτερη ενόχληση και δυσφορία που νιώθουν οι αστροναύτες δεν είναι η αίσθηση του κλειστού χώρου ή του μη φιλικού περιβάλλοντος που βρίσκονται, αλλά του συνεχούς

θορύβου της τάξης των 70-80 ντεσιμπέλ σε μόνιμη βάση. Επιπλέον, δονήσεις χαμηλής συχνότητας ταξιδεύουν πάνω στο σκάφος για πολλή ώρα λόγω του κενού διαστήματος γύρω από το περίβλημά του. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού θα πρέπει να υπολογίζεται ο παράγοντας του θορύβου και να λαμβάνεται υπόψη η χρήση του υλικού ως προς την απορρόφηση και την αντανάκλαση για τη μετάδοση του ήχου.

Για παράδειγμα, σε ένα επανδρωμένο διαστημικό σκάφος, οι θόρυβοι είναι επικίνδυνοι όχι μόνο επειδή επηρεάζουν τα όργανα ακοής του αστροναύτη, αλλά και γιατί σε επίπεδο θορύβου 120 dB, παρατηρείται σοβαρή επιδείνωση στις ραδιοεπικοινωνίες. Τα πειράματα δείχνουν ότι η ομιλία ενός ανθρώπου καθίσταται σημαντικά λιγότερο κατανοητή εάν προστίθενται χαστικοί θόρυβοι σε κραδασμούς στην περιοχή των 10-30 Hz. Επιπλέον, ο θόρυβος των 60 dB ή περισσότερο προκαλεί αναστολή των φυσιολογικών συστολών του στομάχου και των εντέρων και, επίσης, μειώνει την έκκριση του γαστρικού υγρού και του σάλιου. Κατά τη δημιουργία του διαστημικού σκάφους Apollo, προσπάθησαν να μειώσουν το θόρυβο έτσι ώστε το μέγιστο επίπεδο με κινητήρες σβησμένους να μην υπερβαίνει τα 55 dB στο εύρος συχνοτήτων 300-3800 Hz. Στο σεληνιακό διαμέρισμα Apollo το επίπεδο θορύβου ήταν 80 dB και το εύρος συχνοτήτων 600-4800 Hz και κατάφεραν να το μειώσουν στο τέλος των αποστολών στα 55 dB.



Αν τη συμψηφίσουμε την ιδέα του θορύβου με την ιδέα του θόλου από γυαλί ή μέταλλο ή οποιοδήποτε σκληρό υλικό που μπορεί να αντανakλά τον ήχο και να τον αντικατοπτρίζει σε άλλο σημείο χώρου με πολύ μεγάλη ένταση,

θα προκαλεί μεγάλη δυσφορία και σύγχυση.

*Στο σχεδιάγραμμα αναπαριστάνεται ο ήχος που αντανakλάται κάτω από ένα θόλο. Φαίνεται ότι ο ήχος μπορεί να απλώνεται στη σφαίρα και μετά να ξανά εστιάζεται σε συγκεκριμένα σημεία αυξάνοντας πολύ την ένωση, όπως ένας μεγεθυντικός φακός την ακτινοβολία.*

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό αισθητήριο όργανο, που επιδρά στις αισθήσεις, είναι η βιωματική εμπειρία της όρασης. Η χρήση του τεχνητού φωτισμού που αποδίδει ακανόνιστο φωτισμό με πολύ μειωμένα contrast σε σχέση με τον ήλιο, έχει αρνητική επίδραση στη φυσιολογία και ψυχολογία που χρήζει ακόμα αρκετή μελέτη. Επιπλέον, ο τρόπος που χρησιμοποιούμε την όραση σε κλειστούς χώρους, όπου εστιάζουμε συνεχώς σε κοντινές αποστάσεις, προκαλεί πολλά προβλήματα στα μάτια και μερικές φορές πονοκεφάλους.

Επίσης, σημαντικό αντικείμενο της μελέτης είναι η όσφρηση ειδικά όταν ο άνθρωπος βρίσκεται σε ένα τεχνητό περιβάλλον με ανακυκλωμένο και κλειστό κύκλωμα αερισμού, όπου όλες οι επιφάνειες ή πηγές που μπορούν να παράγουν μυρωδιά θα αιωρούνται στον αέρα για πάρα πολύ ώρα μέχρι να αφομοιωθούν από το περιβάλλον ή να φιλτραριστούν.

Είναι εύλογο να σκεφτεί κανείς ότι οι αστροναύτες θα ήθελαν ένα πολύ φιλικό και ευχάριστο περιβάλλον με πολλά έτοιμα βιομηχανοποιημένα αντικείμενα. Η πραγματικότητα είναι ότι οι άνθρωποι σε κλειστό χώρο έχουν την ανάγκη για χειρωνακτική εργασία και δημιουργία και έχουν την ανάγκη να διαμορφώνουν το χώρο και τα αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτόν. Και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο σπίτι μας συνήθως βρισκόμαστε για να ξεκουραστούμε ή να ηρεμήσουμε, όμως σε ένα περιβάλλον όπου οι αστροναύτες θα περνάνε τον περισσότερο χρόνο, γεννιέται η ανάγκη να τον διαμορφώνουν έτσι ώστε να αισθάνονται οικειότητα στο χώρο τους. Ένα παράδειγμα είναι το πώς διαμορφώνουν οι φυλακισμένοι τα κελιά τους ή και οι στρατιώτες τους κοιτώνες. Έτσι, κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό καλό θα ήταν να υπολογίζεται όχι μόνο η χρηστικότητα των αντικειμένων και χώρων αλλά και η δραστικότητα.

Πολλές φορές αναφέρεται ότι πολλοί αστροναύτες χρειάζονται ιδιωτικούς απομονωμένους χώρους για να μπορούν να ηρεμήσουν και να ξεκουραστούν. Όμως, συμβαίνει το παράδοξο ότι, όταν οι αστροναύτες βρίσκονται μακριά από τον πλανήτη τους, μακριά από την κοινωνία νιώθουν νοσταλγία και μοναξιά κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να θέλουν να βρίσκονται συνέχεια κοντά ο ένας στον άλλον και να μοιράζονται κοινούς χώρους, ώστε να έχουν συλλογικές εμπειρίες και να αισθάνονται ότι είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου.



#### 4.4 Ψυχολογικοί παράγοντες

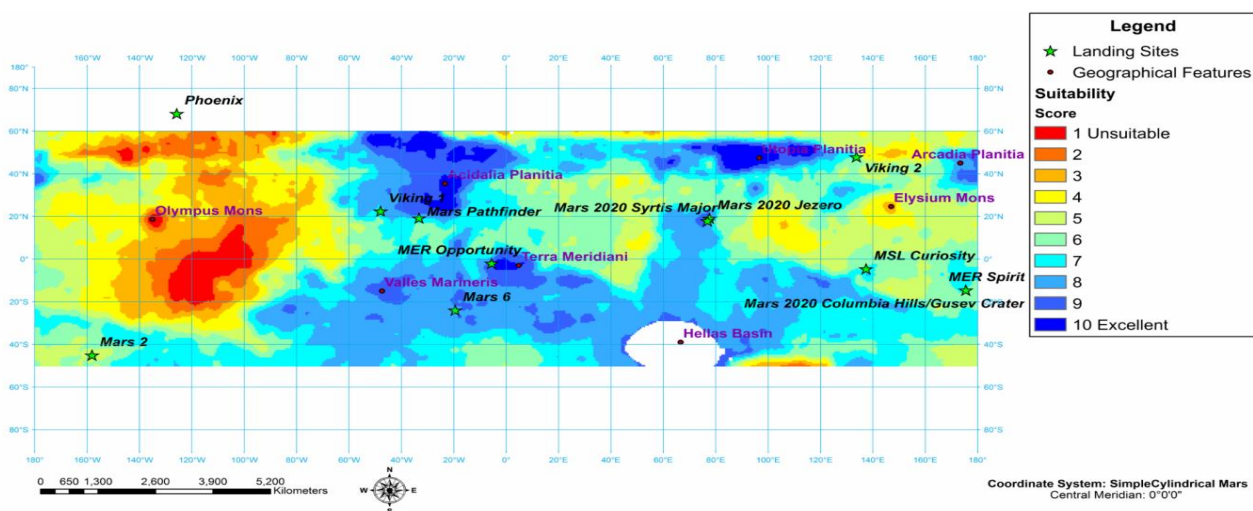
Είναι δεδομένο ότι η ψυχολογία και η αρχιτεκτονική είναι σύμμαχοι στην προσπάθεια τους να υποστηρίξουν τους ανθρώπους σε διαφορετικής φύσης εγχειρήματα. Βασική διαφορά, ωστόσο, στην εφαρμογή τους είναι ότι επιλέγουν διαφορετικά πράγματα για να μείνουν σταθερά και διαφορετικά πράγματα για να αλλάξουν κατά την προσαρμογή σε νέες συνθήκες. Συγκεκριμένα, οι ψυχολόγοι προσπαθούν να εντοπίσουν τους ανθρώπους με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά ώστε να ταιριάζουν σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Από την άλλη, οι αρχιτέκτονες παρεμβαίνουν στα περιβάλλοντα για να ταιριάζουν καλύτερα σε όσους κατοικούν σε αυτά. Δεν είναι όμως λίγες οι περιπτώσεις που οι ψυχολόγοι εμβαθύνουν τις γνώσεις τους στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό και που οι αρχιτέκτονες ανακαλύπτουν τα χαρακτηριστικά για να σχεδιάσουν ένα κτίριο προσαρμοσμένο στις ανάγκες τους.

## 5 Προτάσεις των διαστημικών αρχιτεκτονικών συνόλων με τον θόλο ως βασικό κεντρικό στοιχείο

### 5.1 Επιλογή της γεωγραφικής θέσης για σχεδιασμό βάσης στον Άρη

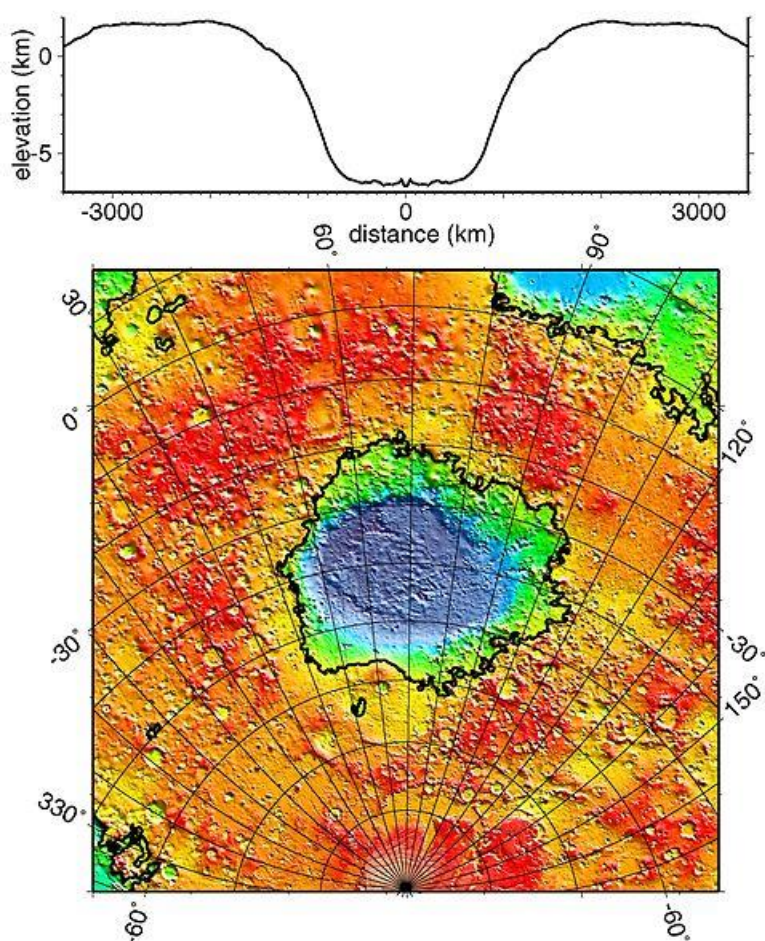
Αν αποφασίσουμε να δημιουργήσουμε μια μόνιμη βάση στον Άρη, είναι προτιμότερο η αποικία να βρίσκεται πιο κοντά στον Ισημερινό. Σε αυτήν τη γεωγραφική ζώνη η επιφάνεια έχει πιο ψηλές θερμοκρασίες και η ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη. Υπάρχουν όμως κάποια σημεία που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πολλές απόψεις και προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες για την εξέλιξη της αποικίας.

Για παράδειγμα, έχει πραγματοποιηθεί μία έρευνα στο πανεπιστήμιο Wageningen University & Research της Ολλανδίας, η οποία στοχεύει στην εύρεση ενός βιώσιμου γεωργικού συστήματος για να θρέψει τους μελλοντικούς αστροναύτες που θα ζουν στον Άρη. Το ερευνητικό πρόγραμμα του Wageningen, «Food for Mars and Moon», βασίζεται στην παρουσία καταλλήλων εδαφών και νερού (με τη μορφή πάγου). Στον χάρτη αναπαριστάνεται η καταλληλότητα των περιοχών γύρω από τον Ισημερινό  $+60^{\circ}$  ως  $-60^{\circ}$  μοίρες. Το σκούρο μπλε χρώμα τοποθετήθηκε στις καλύτερες περιοχές για σχεδιασμό αποικίας και το σκούρο κόκκινο στις χειρότερες. Και οι δύο πόλοι δεν περιλαμβάνονται, λόγω έλλειψης δεδομένων, όπως και η



Εικόνα 62. Χάρτης των ιδανικών τοποθεσιών προσγείωσης στον Άρη από φυτική άποψη.

πεδιάδα Hellas Basin (Ελλάδα). Επίσης, οι πόλοι αποτελούνται κυρίως από πάγο  $\text{CO}_2$  και πάγο νερού. Μερικά ορόσημα στον Άρη επισημαίνονται με αστέρια.



Εικόνα 63. Χάρτης ανάγλυφου του κρατήρα Ελλάδα και της περιοχής Μεσοποταμία στον Άρη.

Υπάρχει όμως ένα σημείο, η πεδιάδα Ελλάδα και συγκεκριμένα το σημείο στην κοίτη ενός ποταμού που έχει αποξηραθεί. Αυτή η θέση προσφέρει αρκετές δυνατότητες που αξίζει να σημειωθούν.

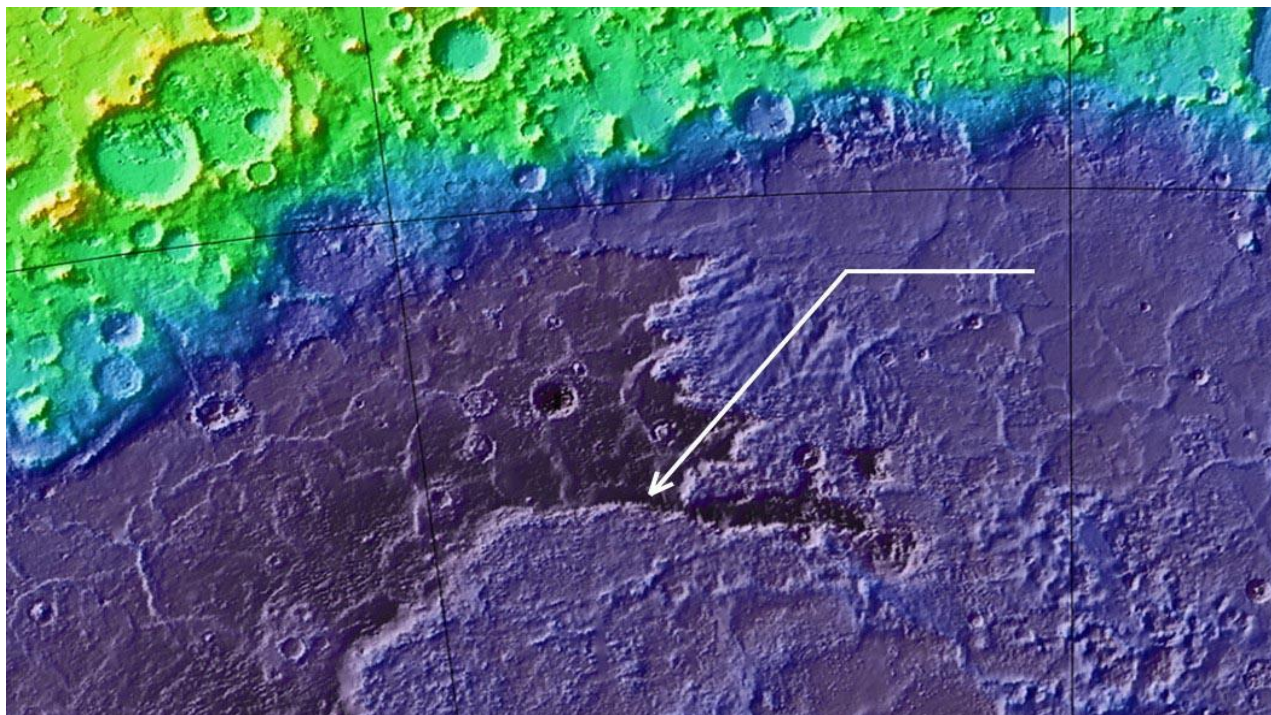
1) Βασικότερος παράγοντας είναι το νερό και σε αυτό το σημείο συναντάμε τις πιο υψηλές θερμοκρασίες και τις πιο μεγάλες ατμοσφαιρικές πιέσεις. Συζητιέται ότι κάτω από το έδαφος μπορεί να υπάρχει και παγετώνας όπου κάτω από την επιφάνειά του, μπορεί να υπάρχει το νερό σε υγρή μορφή.

2) Είναι ένα σημείο όπου έχει την πιο χαμηλή υψομετρική διαφορά σε

σχέση με το υπόλοιπο έδαφος.

- 3) Είναι αρκετά κοντά στον Ισημερινό, αυτό σημαίνει ότι η εκτόξευση των πυραύλων που θα επιστρέφουν στη γη θα χρειάζεται λιγότερο καύσιμο.
- 4) Έχει μεγάλο ενδιαφέρον από γεωλογική άποψη, διότι διαθέτει αργιλώδη στρώση που έχει πολλά θετικά.
- 5 Είναι ένα από τα πιθανά σημεία όπου μπορεί να βρεθεί ζωή.





Εικόνα 64. Προτεινόμενο σημείο για την δημιουργία αποικίας.

## 5.2 Σύνολο του συγκροτήματος σε μάκρο επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού και η κατασκευή του κεντρικού θόλου

Για να πραγματοποιήσουμε ένα αρχιτεκτονικό σχεδιασμό μιας αποικίας στον Άρη θα πρέπει να μελετήσουμε το συγκρότημα σε μάκρο επίπεδο. Πρέπει να οργανώσουμε τους θαλάμους και τους θόλους κατά τα μεγέθη που μπορούν κατασκευαστούν. Με αυτόν τον τρόπο θα θέσουμε τους περιορισμούς που μπορούμε να έχουμε στο σχεδιασμό και θα διακρίνουμε τις δυνατότητες της διασύνδεσης που μπορούμε να πετύχουμε. Επιπλέον, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες τέτοιων θαλάμων:

- 1) θάλαμοι σταθερού όγκου.
- 2) θάλαμοι μεταβλητού όγκου.
- 3) υπόσκαφοι θάλαμοι και οι θόλοι.

Η πρώτη και η βασική τεχνική που χρησιμοποιείται σήμερα είναι οι θάλαμοι σταθερού όγκου που κατασκευάζονται από αλουμίνιο για αεροδιαστημική χρήση. Συνήθως έχουν ένα κυλινδρικό σχήμα που το μέγεθος του κυμαίνεται 2-10 σε διάμετρο και στο 4-16 μήκος. Αυτό το μέγεθος



περιορίζεται από τον εσωτερικό χώρο του προωθητικού πυραύλου, επιπλέον οι πολύ μεγάλοι θάλαμοι έχουν πολύ μεγάλο βάρος που είναι ένα μεγάλο μειονέκτημα.



Εικόνα 65. Μονάδα Columbus (ενότητα ISS)

Παράδειγμα η μονάδα *Columbus* (ενότητα ISS). Αποτελεί ένα μέρος του διεθνούς διαστημικού σταθμού και χρησιμοποιείται ως επιστημονικό εργαστήριο. Έχει εξωτερική διάμετρο 4,5 μέτρα και μήκος σχεδόν επτά μέτρα.

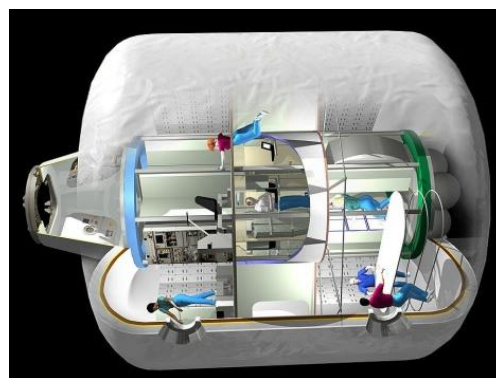
Η δεύτερη τεχνική είναι οι φουσκωτοί θάλαμοι, τα μεγέθη των οποίων κυμαίνονται 4-16 σε διάμετρο και 4-20 στο μήκος. Βασικό

χαρακτηριστικό των φουσκωτών θαλάμων είναι ότι μπορούν να έχουν 3-4 μεγαλύτερο χώρο στο εσωτερικό τους σε σχέση με τον αρχικό όγκο που καταλαμβάνουν. Το μέγεθός τους περιορίζεται από την διάμετρο του υλικού που διαστέλλεται και φουσκώνει και συνήθως δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 16 μέτρα. Σε μεγαλύτερο μέγεθος οι πλευρικές τάσεις γίνονται πολύ μεγάλες και η κατασκευή τους γίνεται πολύ χοντρή και βαριά.

Παράδειγμα φουσκωτής μονάδας είναι η μονάδα της Transhab της NASA, τη μελέτη της οποία συνέχισε η εταιρεία bigelow δημιουργώντας μονάδα BA330.

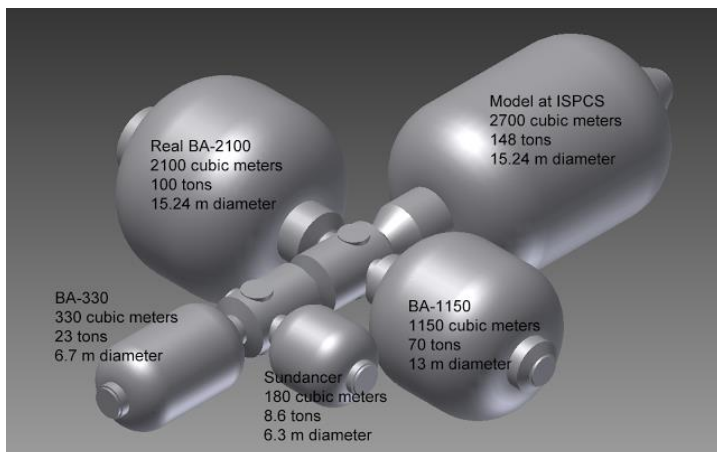


Εικόνα 66. Μονάδα BA330 – Bigelow σε σύγκριση με ISS.



Εικόνα 67. Μονάδα της Transhab της NASA.

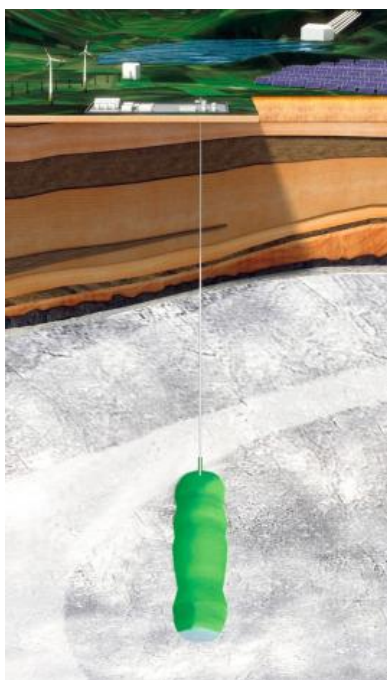
Τα μελλοντικά σχέδια για τις φουσκωτές μονάδες ανέρχονται σε διαστάσεις 15 μέτρων σε διάμετρο έως 20 μέτρα σε μήκος. Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται η σχέση μεγέθους και μονάδων.



Εικόνα 66. Προτεινόμενα μοντέλα της εταιρίας Bigelow.

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι θόλοι που έχουν σύμμικτη κατασκευή, δηλαδή διογκώνονται και στηρίζονται εσωτερικά πάνω σε ένα σκελετό με αρθρώσεις (Deployable structures). Αυτός ο τρόπος ακόμα δεν έχει μελετηθεί αρκετά, όμως δεν υπόσχεται δημιουργία χώρων αρκετά μεγαλύτερων διαστάσεων. Στην εικόνα

φαίνεται ένα παράδειγμα ανάπτυξης τέτοιου χωροδικτυώματος.



Η τρίτη κατηγορία είναι η πιο ρεαλιστική προσέγγιση της δημιουργίας ενός μεγάλου θόλου ή θαλάμου κάτω από τη γη. Παράδειγμα, η φυσική ή τεχνητή σπηλιά για την συγκράτηση στο εσωτερικό της του αέρα υπό πίεση. Παράδειγμα μιας τέτοιας τεχνικής στο παρελθόν είναι η τεχνητή σπηλιά για την αποθήκευση φυσικού αερίου που κατασκευάστηκε στο Marysville, Michigan (Ηνωμένες Πολιτείες) το 1961. Φαίνεται στο παράδειγμα πώς αποθηκεύεται σε σπήλαιο αλατιού ο όγκος φυσικού αερίου 500.000 m<sup>3</sup>. Επομένως, δεν υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα στο να δημιουργήσουμε ένα χώρο υπό πίεση κάτω από το έδαφος στον Άρη.

Εικόνα 67. Τεχνητή σπηλιά Michigan (Ηνωμένες Πολιτείες) το 1961.

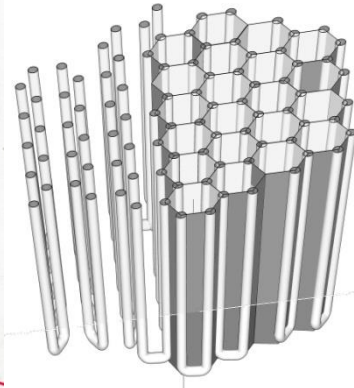
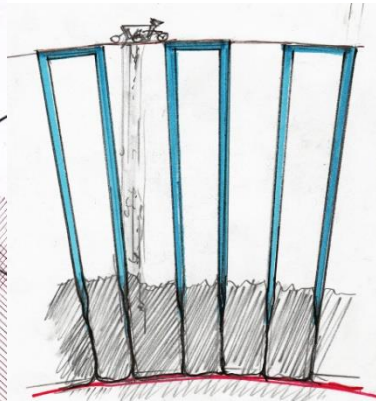
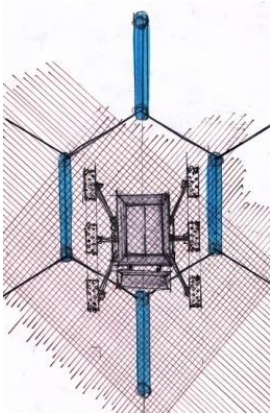


Εικόνα 68. Ένας θόλος τύπου Buckminster Fuller που διογκώνεται (Deployable structures).

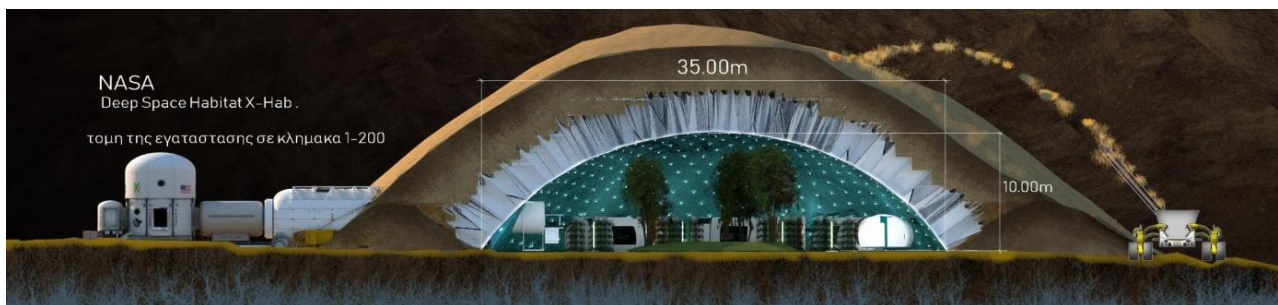
Σίγουρα δεν χρειάζεται να δημιουργήσουμε σε πολύ μεγάλο βάθος το σπήλαιο ώστε να αντέξει την απαραίτητη πίεση για τη διαβίωση των αστροναυτών. Είναι αρκετό να δημιουργήσουμε μία σταθερή στήλη στο έδαφος, πάνω από το φουσκωτό μας θάλαμο και κάτω από την επιφάνεια. Όμως, το να βρεθεί φυσικό σπήλαιο ή κι η δημιουργία τεχνητού, καθιστά πολύ μεγάλη τη δυσκολία για τους αστροναύτες στον Άρη. Αντίστοιχα, οι περισσότεροι θόλοι που έχουν ειπωθεί προϋποθέτουν συναρμολογούμενα μέρη που πρέπει να αντέχουν τις μεγάλες πιέσεις, κάτι που αυξάνει τη δυσκολία να επιτευχθεί αξιόπιστο αποτέλεσμα. Άρα, είναι σημαντικό να αναφέρουμε κάποια στοιχεία επιπλέον για τον θόλο, διότι αποτελεί το δυσκολότερο κομμάτι του σχεδιασμού από τεχνικής άποψης. Η πρόταση περιγράφει τις λύσεις σε πολλά από αυτά τα ζητήματα δημιουργίας ενός τέτοιου θόλου και βασίζεται στην εκμετάλλευση του εδάφους του πλανήτη σε συνδυασμό με τη βαρύτητα. Στην πράξη μπορούμε να δημιουργήσουμε τις απαραίτητες δυνάμεις ώστε να συγκρατήσουν τον αέρα υπό την πίεση στο θάλαμο χωρίς να δημιουργήσουμε ένα σύνθετο πτυσσόμενο ή συναρμολογούμενο σκελετό από κάποιο χωροδικτύωμα. Η κατασκευή τέτοιου χώρου θα αποτελείται από έναν πτυσσόμενο θόλο από ύφασμα και ελαστικά πολυμερή στα οποία έχουν δημιουργηθεί κελιά που στη συνέχεια θα γεμίσουν σταδιακά με τη σκόνη από την επιφάνεια του Άρη. Γνωρίζουμε ότι στον διεθνή διαστημικό σταθμό έχουμε τα  $2/3$  της ατμοσφαιρικής πίεσης από το επίπεδο της θάλασσας της Γης.

Συνοψίζοντας, έχουμε ότι στάθμη 20M νερού ή 7-8M στάθμη Αρειανής σκόνης είναι αρκετή για να συγκρατήσουμε την πίεση που χρειάζονται οι αστροναύτες για τη διαβίωση τους.

Έτσι, πιθανόν να μπορούμε να δημιουργήσουμε μεγάλους χώρους 30M ως 150M σε διάμετρο στην επιφάνεια του Άρη όπου η βαρύτητα είναι 1/3 της γης, αρκεί να ξεδιπλώσει ο θόλος και να πραγματοποιηθεί το γέμισμα. Στα διαγράμματα φαίνονται παρακάτω κάποιες από τις προτάσεις για το πώς μπορεί να γίνει η ανάπτυξη του θόλου και το γέμισμα του με τη σκόνη.



Στα σκίτσα φαίνεται το πώς μπορούν να φουσκώσουν τα κελιά και με χρήση ρομπότ να τοποθετηθεί σταδιακά η σκόνη.



Στην εικόνα φαίνεται μία ολοκληρωμένη πρόταση αυτής της διαδικασίας τοποθέτησης άμμου πάνω σε ένα μικρό θόλο. Προσωπικό αρχείο από τον αρχιτεκτονικό διαγωνισμό «Marsception 2018»

Ο πιο κατάλληλος τρόπος είναι να δημιουργήσουμε έναν καταπέλτη, ο οποίος θα πραγματοποιεί τις βολές με μεγάλη αποτελεσματικότητα και άνεση λόγω της αραιής ατμόσφαιρας και της μειωμένης βαρύτητας.

Στις επόμενες εικόνες Α, Β φαίνεται η συμπεριφορά της άμμου μετά την τοποθέτηση της πάνω σε έναν όγκο σε σχήμα θόλου. Στην περίπτωση Α όπου έχει τοποθετηθεί η άμμος απλά πάνω από τον θόλο φαίνεται ότι δεν μπορεί να συγκρατήσει τον όγκο του θόλου κάτω από το έδαφος και ο χώρος θα αναδύεται στην επιφάνεια. Στην περίπτωση Β όταν δημιουργήσουμε στο πάνω μέρος του θόλου κελιά όπου θα τοποθετείται το υλικό, θα έχουμε ένα σταθερό και στιβαρό αποτέλεσμα που θα συγκρατήσει τον θόλο αποκλειστικά κάτω από την επιφάνεια.

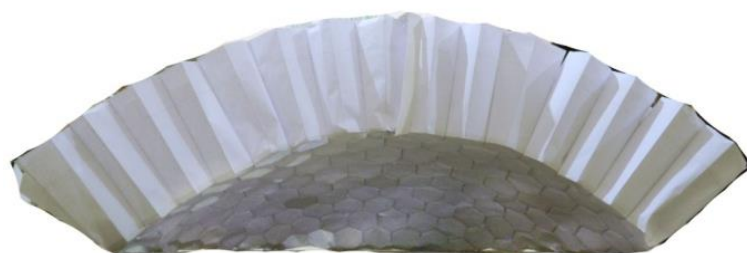




Στις εικόνες φαίνεται η χάρτινη μακέτα με διάμετρο ενός μέτρου όπου έγινε η δόκιμη της συναρμολόγησης των τμημάτων. Από την πειραματική διαδικασία συναρμολόγησης των τμημάτων έγινε αντιληπτή η ευκολία της τεχνικής την οποία θα μπορούσαν να την εφαρμόσουν σε μεγάλη κλίμακα εύκολα οι αστροναύτες στον Άρη.

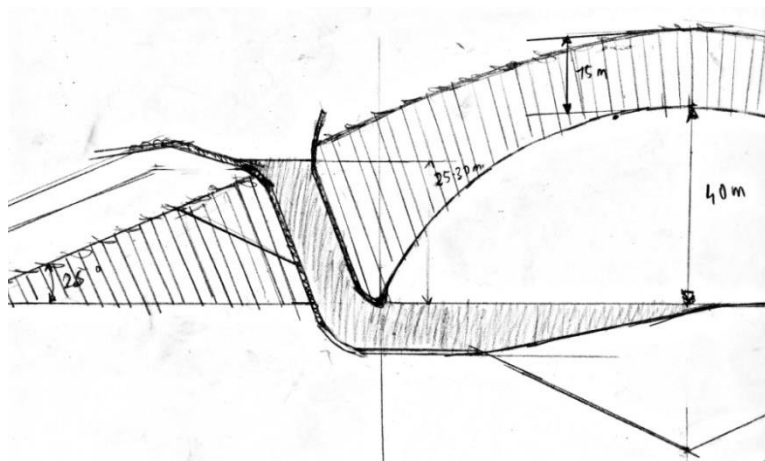


Άλλη μια δυσκολία που συναντάμε στο διάστημα είναι είσοδος από το έξω περιβάλλον όπου υπάρχει κενό αέρος, ειδικά σε έναν τέτοιο χώρο, όπως ο θόλος. Κάθε φορά που πρέπει να



φέρουμε τα αντικείμενα στο εσωτερικό ενός διαστημόπλοιου πρέπει πρώτα να πραγματοποιήσουμε αποσυμπίεση του χώρου στην είσοδο και σε όλες

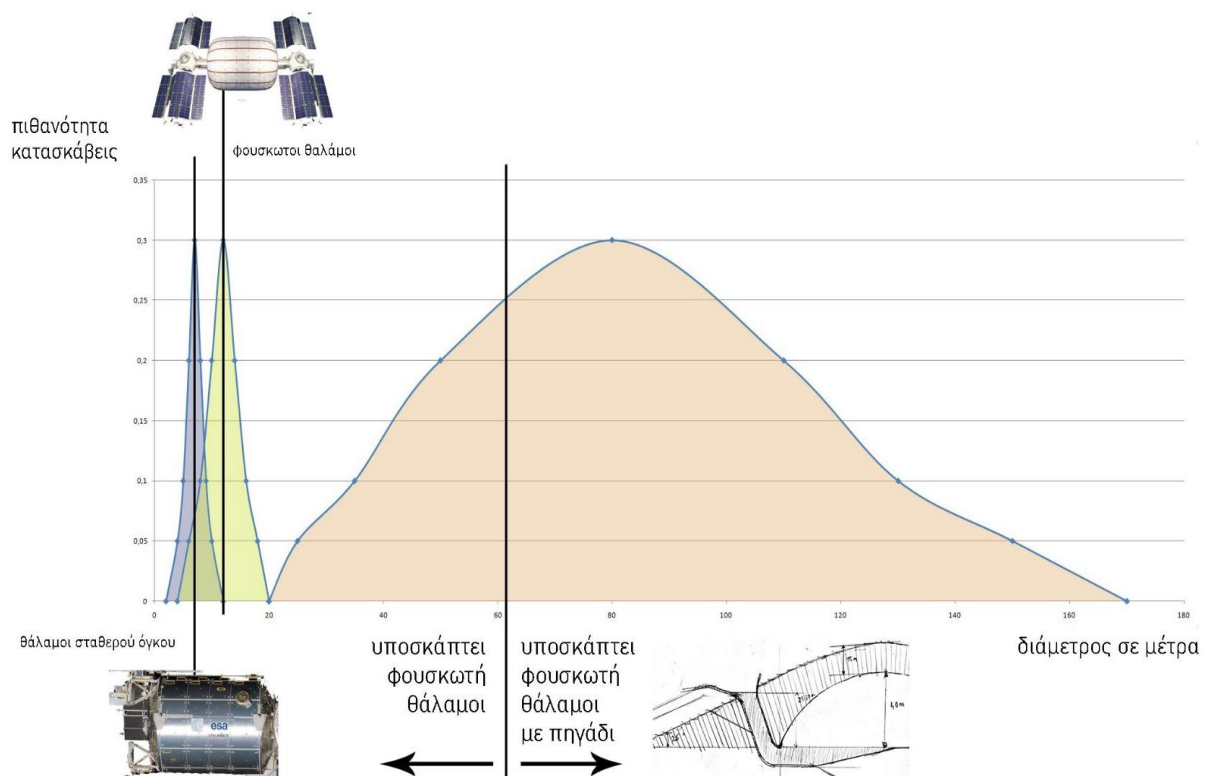
τις πύλες. Σε αυτή την περίπτωση χάνουμε πολύ ενέργεια ή χάνουμε πολύ αέρα που είναι ζωτικής σημασίας για τους αστροναύτες.



Μία τεχνική σε συνθήκες του Άρη όπου υπάρχει βαρύτητα είναι να δημιουργήσουμε την απαραίτητη στήλη νερού ώστε να συγκρατεί την ατμοσφαιρική πίεση στο εσωτερικό του θόλου. Στον Άρη αυτή η στήλη νερού θα είναι αρκετή σε ύψος 18-25m. Υπάρχει ένα πρόβλημα με την εξάτμιση του νερού γιατί στον Άρη η

πίεση είναι πάρα πολύ χαμηλή και το νερό βράζει σε όλες τις θερμοκρασίες άνω των 0. Όμως, αν τοποθετήσουμε 15-20 πόντους στήλη λαδιού στην επιφάνεια του νερού τότε θα δημιουργηθεί στρώση συγκράτησης των υδρατμών. Έτσι, το μόνο που θα χρειαστεί να κάνουμε είναι να δημιουργήσουμε ένα ανθεκτικό, αεροστεγώς κλειστό κάθετο πηγάδι όπου θα έχουμε την απαραίτητη στήλη νερού και θα είναι η έξοδος στην επιφάνεια σε περιπτώσεις όπου πρέπει να βγουν γρήγορα μεγάλα αντικείμενα ή να μπει κάποιος γρήγορα στο χώρο του θόλου.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι για να συμφέρει αυτό το σύστημα, το μέγεθος του θόλου λόγω της γεωμετρίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 60 μέτρα, ώστε να μπορούμε να φτιάξουμε εύκολα ένα πηγάδι στο πλάι όπου θα βγαίνει κατευθείαν στην επιφάνεια. Διαφορετικά, αυτή η τεχνική πιθανόν να είναι ασύμφορη. Έτσι, θα ορίσουμε μία νοητή γραμμή μεταξύ των υπόσκαφων θόλων, που μπορεί να έχουν πηγάδι >60M και που δεν μπορούν να έχουν <60M.



Ο πίνακας περιγράφει την σχέση του μεγέθους των τριών μεθόδων για την πιθανότητα δημιουργίας μιας βάσης στον Άρη.

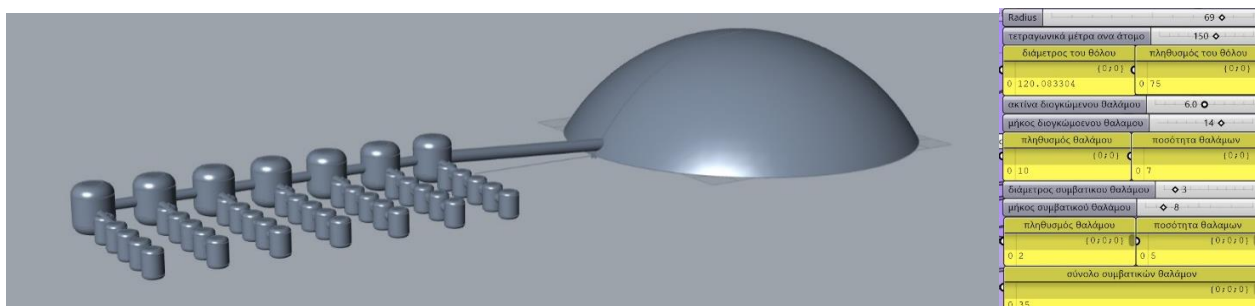
Σχεδιάζοντας παραμετρικά ένα συγκρότημα σε σχέση με τις προθέσεις και τον πληθυσμό που μπορεί να κατοικήσει πρέπει να ορίσουμε κάποιες μεταβλητές:

- 1) Απόσταση ασφαλείας τουλάχιστον τη μισή διάμετρο του θόλου ή του θαλάμου.
- 2) Τη διατήρηση της δομής του συγκροτήματος στη σειρά, διότι αν το συγκρότημα θα αναπτύσσεται σε όλες τις κατευθύνσεις τότε κάποιοι θόλοι και εγκαταστάσεις θα εγκλωβιστούν μέσα στο σύμπλεγμα και δεν θα μπορούν να είναι προσπελάσιμοι σε οποιαδήποτε περίπτωση ανάγκης.
- 3) Το μήκος του βραχίονα ή διαδρόμου διασύνδεσης μεταξύ των χωρών, που δεν πρέπει να υπερβαίνει τη διάμετρο του θόλου ή θαλάμου.
- 4) Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία από τις προσομοιώσεις που έχουν γίνει ο απαραίτητος χώρος στους θαλάμους διαβίωσης και εργασίας πρέπει να κυμαίνεται για ένα άτομο κάπου στα 100 με 200 κυβικά μέτρα δομημένων χώρων (π.χ. Mars 500 110μ<sup>2</sup>/ άτομο).

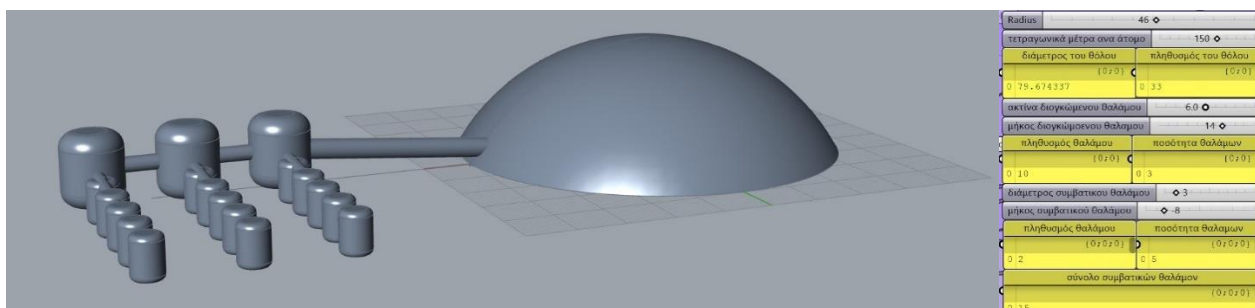
5) Στον εσωτερικό χώρο του θόλου η αναλογία των ατόμων είναι πολύ μικρότερη διότι κάτω από το θόλο η δομημένη επιφάνεια καλύπτει σχετικά μικρότερο ποσοστό του οίκου έχοντας το πολύ δύο-τρία επίπεδα (ορόφους). Επομένως η αναλογία ανά ένα άτομο στο εσωτερικό ενός θολού αντιστοιχεί στα 150- 250 τετραγωνικά μέτρα της επιφάνειας.

6) Για λόγους ασφάλειας η χωρητικότητα σε άτομα στους θόλους θα πρέπει να είναι περίπου ίδια με τη χωρητικότητα των μικρότερων θαλάμων. Αυτό είναι απαραίτητο για την περίπτωση ανάγκης να μπορέσουν έστω προσωρινά να μεταβούν οι αστροναύτες στους άλλους χώρους.

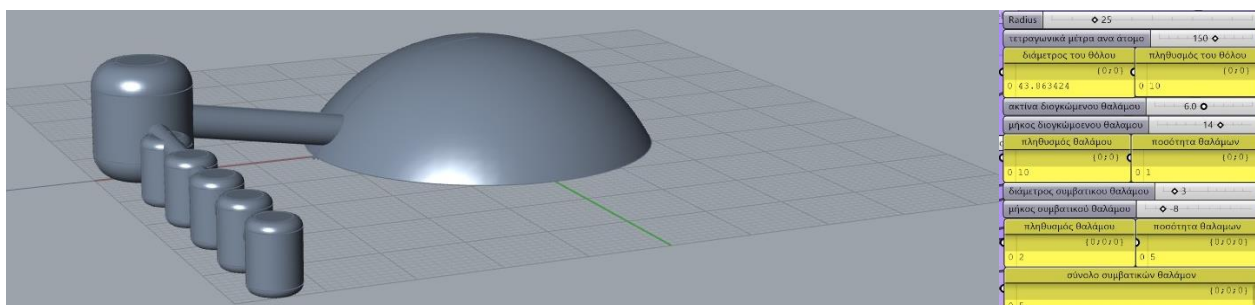
*Μία παραμετρική οργάνωση της εγκατάστασης σχέση με το μέγεθος του πληθυσμού.*



*Εγκατάσταση για 75 άτομα στο εσωτερικό του θόλου.*



*Εγκατάσταση για 33 άτομα στο εσωτερικό του θόλου στο από πάνω σχήμα και στο αποκάτω η ελάχιστη για 7 άτομα*





### 5.3 Οργάνωση των δημόσιων και ιδιωτικών χώρων

Ο χώρος εκτός από τη χρήση και τον σκοπό που εξυπηρετεί έχει κάποιες ιδιότητες που ξεχωρίζουν. Π.χ.

- 1) Οι χώροι που έχουν ειδικές συνθήκες
- 2) Οι χώροι που δημιουργούν όχληση
- 3) Οι υγειονομικοί χώροι
- 4) Οι χώροι αυξημένου κινδύνου
- 5) Οι χώροι δράσης
- 6) Οι χώροι κοινής ησυχίας
- 7) Μεταβλητοί χώροι
- 8) Οι τεχνικοί χώροι
- 9) Οι αποθηκευτικοί χώροι

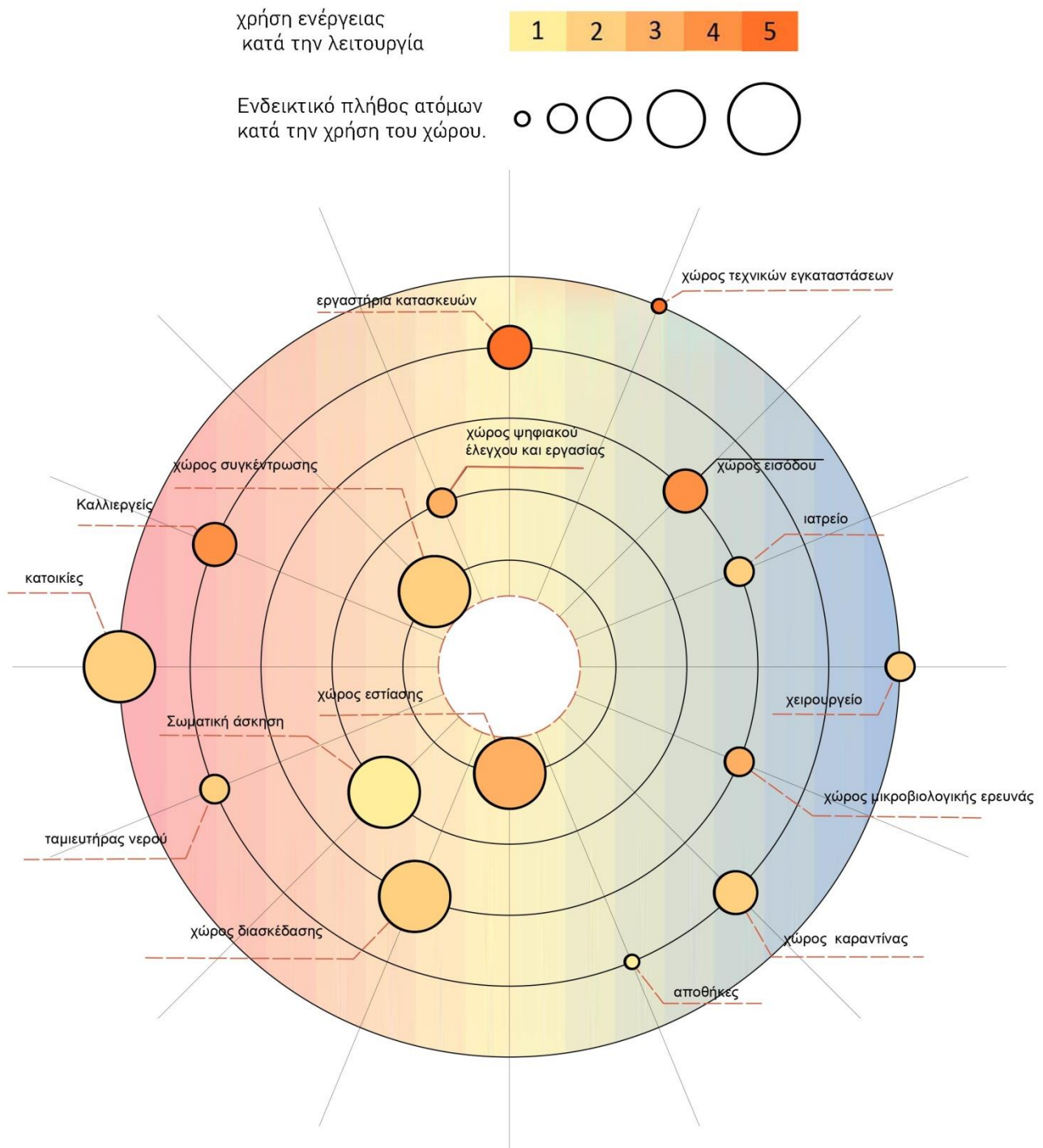
Συνεπώς, παρατηρούμε ότι η οργάνωση των χώρων ειδικά σε συνθήκες κλιτού περιβάλλοντος πρέπει να βασίζεται σε αυτές τις αρχές και να οργανωθούν αντίστοιχα σε κάποια διάταξη μεταξύ τους. Παράδειγμα οι χώροι δράσης δεν είναι θετικό να είναι και οι χώροι μεγάλου κινδύνου ή ο χώρος εργασίας μπορεί να αντιστοιχεί σε οποιαδήποτε ομάδα. Έτσι, είναι σημαντικό να γίνεται μια οργάνωση όλων των χώρων του σχεδιασμού σε σχέση με την χρήση και την ιδιότητα που έχουν.

Σαφώς πολλοί χώροι που έχουμε στο σχεδιασμό αλλάζουν τις ιδιότητες τους μέσα στο χρόνο έτσι είναι απαραίτητο να συνυπολογίζεται και η συνιστώσα του χρόνου ώστε ο σχεδιασμός να είναι πιο αποτελεσματικός. Τουλάχιστον πρέπει να γίνεται διαχωρισμός μεταξύ της ημέρας και της νύχτας.

## Πίνακας οργάνωσης των χώρων της εγκατάστασης

	Χώροι ατομικού ενδιαφέροντος			Χώροι ενδυνάμωσης των κοινωνικών σχέσεων					Χώροι συλλογικού ενδιαφέροντος και δράσης				Χώροι ειδικών συνθηκών του περιβάλλοντος			
	ομάδα 1			ομάδα 2					ομάδα 3				ομάδα 4			

## Σχεδιάγραμμα προθέσεων της διαρρύθμισης των χώρων



Αυτή η οργάνωση στο διάγραμμα βοηθάει να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι δράσεις μας, ιδιαίτερα πριν τη δημιουργία κάτοψης. Επίσης, με αυτόν τον

τρόπο εξελίσσοντας την πληροφορία μπορούμε μετά να την χρησιμοποιήσουμε για να πραγματοποιήσουμε παραμετρικό σχεδιασμό ή σχεδιασμό μεταβλητότητας.

## 5.4 Δομικά υλικά του περιβάλλοντος

Όπως είχαμε αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια, ο σκοπός της μόνιμης αποικίας είναι να εκμεταλλευτούν οι αστροναύτες όσο γίνεται περισσότερο τα υλικά που βρίσκονται στην επιφάνεια του Άρη. Για αυτό σε αυτήν την ενότητα ως πρόταση θα εστιάσουμε στα υλικά τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν και να χρησιμοποιηθούν από τους ίδιους τους αστροναύτες στο περιβάλλοντος τους με προσιτές τεχνικές και μεθόδους. Συνοψίζοντας όλα τα προαναφερόμενα πάνω στη χρήση υλικών μπορούμε να διακρίνουμε και να οργανώσουμε τα πεδία εφαρμογών στα πλαίσια του χώρου διαβίωσης των αστροναυτών. Έτσι, μπορούμε να δημιουργήσουμε έναν πίνακα που να περιγράφει σε ποια σημεία χρησιμοποιούμε ποια υλικά.

Πίνακας υλικών και χρήσεων

Υλικά	Κατασκευή χώρων - κτιρίων	Κατασκευή θόλου	Κατασκευή επίπλων	Κατασκευή σκευών	Ρουχισμός	Κατασκευή ειδών υγιεινής	Κατασκευή εργαλείων
Νερό	1	0	0	0	0	0	0
Αρειανή σκόνη	1	1	0	0	0	0	0
Πηλός	1	0	0	0	0	0	0
Πλίνθοι πηλού	1	1	0	0	0	0	0
Μπετόν	1	0	1	0	0	0	0
Κεραμικά	0	0	0	1	0	1	1
Κεραμικοί πλίνθοι	1	0	0	0	0	0	0
Πλαστικό εκτύπωσης	1	1	1	1	1	1	1
Πλαστικό μεμβράνης	1	1	1	1	1	1	1
Ρινίσματα φυτών	0	0	1	0	0	0	0
Φυτικά άμυλλα	1	0	1	0	0	0	0
Οργανικές κόλλες	0	0	1	0	1	0	0
Υφάσματα συνθετικά	1	1	1	0	1	1	1
Υφάσματα φυτικά	0	1	1	0	1	0	0
Σχοινιά φυτικά	1	0	1	0	1	0	0
Σχοινιά συνθετικά	1	1	1	0	1	0	1
Χρώματα οξειδίων	1	0	1	1	0	1	0
Αφρώδη πλαστικά	0	1	1	0	1	1	0
Αφρώδες μπετόν	1	0	0	0	0	0	0

Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη έλλειψη υπάρχει στα μικρά χρηστικά αντικείμενα όπως τα Αξεσουάρ & Χρηστικά Είδη για την Κουζίνα και τα εργαλεία όπου χρησιμοποιούμε συνήθως μέταλλο. Συνεπώς, τα μέταλλα προϋποθέτουν μεγάλες εγκαταστάσεις και βαριά βιομηχανία και για την αποικία στον Άρη αυτό το ζήτημα περιμένει τις αντίστοιχες προτάσεις.

## 5.5 Πράσινο μέσα στο περιβάλλον

Όπως έχουμε διακρίνει από τα στοιχεία της μελέτης η βασική χρήση των φώτων θα είναι για την παραγωγή της τροφής και την ενίσχυση της ψυχολογίας. Επιπλέον, θα είναι σημαντικό στοιχείο της διαμόρφωσης και θα λειτουργεί ως φίλτρο. Συνεπώς, θα συμβάλει και στην παράγωγή οξυγόνου όχι όμως σε μεγάλο βαθμό. Για την παράγωγή οξυγόνου πιο αποτελεσματική είναι η χρήση πλαγκτόν.

Για να επίτευξη των στόχων που προαναφέρθηκαν, η χρήση της βλάστησης πρέπει να διαχειρίζεται κάποια ζητήματα.

Α) Για να λυθεί το ζήτημα χώρου και τα φυτά να έχουν τη μέγιστη απόδοση σε παραγωγή θα πρέπει να καλλιεργούνται σε πολλά επίπεδα, ώστε να αυξηθεί η καλλιεργήσιμη επιφάνεια.

Β) Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση φωτισμού η τοποθέτηση των φώτων θα πρέπει να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε η απορρόφηση της ακτινοβολίας να είναι μέγιστη.

Γ) Το πότισμα θα πρέπει να πραγματοποιείται αποδοτικά και οι ρίζες να μην είναι ανεξέλικτες.

Δ) Η περιποίηση των φυτών θα πρέπει να έχει προσωπικό χαρακτήρα, ώστε να υπάρχει διασύνδεση μεταξύ του ατόμου και του φυτού.



## Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης φανερώθηκαν και τα ζητήματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια οργάνωσης μιας μόνιμης αποικίας στις συνθήκες του Άρη. Στα ζητήματα αυτά, που προέκυψαν, έγινε η αντίστοιχη προσπάθεια να δοθούν κάποιες λύσεις με συμβατικές και τεχνικές μεθόδους. Σημαντικό είναι ότι έγινε κατανοητή η διάσταση του ζητήματος των σχέσεων της διαστημικής τεχνολογίας και της αρχιτεκτονικής. Αναλύθηκε, σε μια γενικευμένη μορφή, ο ανθρώπινος παράγοντας στις συνθήκες του κόκκινου πλανήτη και προσπελάθηκε το θέμα των δυνατοτήτων της εξελίξεις μιας μόνιμης αποικίας .

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε, σύμφωνα με το πρώτο κεφάλαιο, ότι οι συνθήκες του Άρη παρέχουν σε αρκετό βαθμό δυνατότητες για την δημιουργία μιας βάσης, όμως το περιβάλλον διαβίωσης των αστροναυτών θα πρέπει να είναι ελεγχόμενο με πολλούς περιορισμούς. Διαπιστώθηκαν οι δυνατότητες και οι φυσικοί πόροι του περιβάλλοντος, όπως επίσης η ανάγκη για την δημιουργία καταλλήλων μεθόδων για την παράγωγή των συμβατικών υλικών .

Προσεγγίζοντας το θέμα διαστημικής αρχιτεκτονικής ιστορικά, διαπιστώθηκε η σημαντικότητα του και η επίδραση του στην αρχιτεκτονική γενικότερα. Επιπλέον, φάνηκε η έκταση των πρακτικών ερευνών προσομοίωσης και η χρησιμότητα τους στα ζητήματα του διαστήματος. Βασικό σημείο, που αναγνωρίστηκε ιστορικά, είναι η σημαντικότητα τέτοιων ολοκληρωμένων πρακτικών περαμάτων προσομοίωσης. Αυτά θα είναι και το βασικότερο εργαλείο στις μελλοντικές αποστολές στο διάστημα.

Στο τρίτο κεφάλαιο προσεγγίστηκε το θέμα από την τεχνική πλευρά και δόθηκαν οι κατευθύνσεις στα σημεία οργάνωσης της δράσης. Επισημάνθηκαν οι τεχνικές και τα υλικά που είναι κατάλληλα για τις συνθήκες του Άρη και του διαστήματος και αναλύθηκε η τεχνική της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ένα σημαντικό στοιχείο που έδειξε η έρευνα είναι η χρησιμότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης και η χρήση των πλαστικών στο διάστημα, που όπως φαίνεται θα είναι αναπόσπαστο εργαλείο των αστροναυτών του μέλλοντος.

Συνεχίζοντας, το τέταρτο κεφάλαιο έδωσε έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα και στην βιωματική εμπειρία που πρόκειται να έχουν οι αστροναύτες σε μια μόνιμη αποικία στις συνθήκες του Άρη. Διαπιστώθηκε η σημαντικότητα εννοιών όπως ο τόπος, το τοπίο, ιδιωτικό, δημόσιο. Κατά την διάρκεια της έρευνας έγινε αντιληπτή η ανάγκη για ποιοτικά χαρακτηριστικά των συνθηκών διαβίωσης των αστροναυτών και η σχέση του φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος. Σημαντικά στοιχεία που διαπιστώθηκαν κατά την διάρκεια της έρευνας, σχετικά με τον σχεδιασμό στο διάστημα, είναι οι αισθήσεις και η ψυχολογία των αστροναυτών, που αποτελούν κομβικά σημεία στην αρχιτεκτονική του διαστήματος.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, αναπτύχθηκαν αρχιτεκτονικές προτάσεις πάνω στο θέμα της μόνιμης κατοίκησης στον Άρη, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τα συμπεράσματα πάνω στο θέμα., σχηματίζοντας μια ενιαία γενική πρόταση.

Εν κατακλείδι, εν τέλει μπορούμε να πούμε ότι η δημιουργία μιας μόνιμης βάσης με ποιοτικές συνθήκες διαβίωσης των αστροναυτών είναι ένα εφικτό γεγονός και αρχιτεκτονικά αποτελεί αρκετά μεγάλη πρόκληση, που εγείρει το ενδιαφέρον αρχάριων και έμπειρων αρχιτεκτόνων. Πάρα ταύτα, μην ξεχνάμε το δύσκολο κομμάτι αυτής της πρόκλησης που φανερώνει αναπάντητα ακόμη ερωτήματα: η δυνατότητα της αποικίας να εξελιχθεί σε ανεξάρτητη από τη Γη κοινότητα.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Haym Benaroya, Turning Dust to Gold-Building a Future on the Moon and Mars- (Space Exploration), 2012
- Konrad Szocik, The Human in a Mission to Mars\_ An Interdisciplinary Approach- (Space and Society), Springer International Publishing (2019)
- Mark Nelson , Pushing Our Limits\_ Insights from Biosphere 2-University of Arizona Press (2017)
- R. Buckminster Fuller, Critical Path, First published in 1981
- R. Buckminster Fuller, Operating Manual For Spaceship Earth, First published in 1961
- Mark Nelson, Pushing Our Limits- Insights from Biosphere 2-University of Arizona Press (2017)
- Haym Benaroya, Building Habitats on the Moon\_ Engineering Approaches to Lunar Settlements-, (Space Exploration) Springer International Publishing (2018)
- Konrad Szocik, The Human Factor in a Mission to Mars,An Interdisciplinary Approach- (Space and Society) Springer International Publishing (2019)
- Gregg Lambert, Who's Afraid of Deleuze and Guattari? (2006)
- David J. Smiley editor Mark Robbins, Sprawl and Public space redressing the mall, series editor.....
- Dr.-Ing. DI Arch.SBA Sandra Häuplik-Meusburger (auth.) - Architecture for Astronauts\_ An Activity-based Approach-(Springer Praxis Books), Springer-Verlag Wien (2011)
- Giancarlo Genta (auth.) - Next Stop Mars\_ The Why, How, and When of Human Missions-Springer International Publishing (2017).....
- Victor Gruen\_ Anette Baldauf - Shopping Town\_ Designing the City in Suburban America-University of Minnesota Press (2017)
- DR. Greg Stanley,Biosphere 2 and closed ecological systems\
- John Allen a,\*, Mark Nelson, Overview and Design Biospherics and Biosphere 2, mission one (1991-1993)
- (Linda S. Leigh b,\*, Tony Burgess a, Bruno D.V. Marino a,c,Yong Dan Wei, a Tropical rainforest biome of Biosphere 2
- Ecophysiological investigations in 520- day isolation
- Gushchin V.I., Shved D.M., Levinskikh M.A., Vinokhodova A.G., Signalova O.B., Smoleevskiy A.E.
- Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2014.
- 3D Concrete Printing - from material design to extrusion (ACE Workshop, 2017)
- SLS Mission Planners Guide (MPG) Overview David Alan Smith Advanced Development Office (XP70)24 February 2014

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Β. Λάμπας Εισαγωγή στην Αεροδιαστημικής Επιστήμη & Τεχνολογία

Διατριβή της Χατζησοάββα Δήμητρας , Η έννοια του τόπου στις αρχιτεκτονικές θεωρίες και πράξεις 2009

Johannes Itten, Τέχνη του χρώματος, πρωτότυπος τίτλος « Kunst der Farbe» (Ravensburg, 1961, Μετάφραση Ομορφοπούλου Ιωάννα, Χρονολογία έκδοση Μάρτιος 1998

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

<https://mars.nasa.gov/all-about-mars>

<https://phys.org/news/2016-11-bad-mars.html>

<https://www.nasa.gov/hrp>

<http://www.ibp.ru/labs/mc.php>

<https://en.wikipedia.org/wiki/BIOS-3>

<http://mars500.imbp.ru/nek.html>

## ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 69: <https://mars.nasa.gov/all-about-mars/facts/> 2020-12-09

Εικόνα 2 <https://mars.nasa.gov/all-about-mars/facts/> 2020-12-09

Εικόνα 70: <https://phys.org/news/2016-11-bad-mars.html> 2020-12-09

Εικόνα 71: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Radiation\\_Environment\\_Experiment](https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Radiation_Environment_Experiment) 2020-12-09

Εικόνα 72: [https://www.nasa.gov/exploration/humanresearch/multimedia/images/hrpg\\_img\\_05.html](https://www.nasa.gov/exploration/humanresearch/multimedia/images/hrpg_img_05.html) 2020-12-13

Εικόνα 73: βιβλίο 'Turning Dust to Gold 'Haym Benaroya, 2010.

Εικόνα 74: Mars Direct: Humans to the Red Planet within a Decade Dr. Robert Zubrin Pioneer Astronautics

[https://www.nasa.gov/pdf/376589main\\_04%20-%20Mars%20Direct%20Power%20Point-7-30-09.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/376589main_04%20-%20Mars%20Direct%20Power%20Point-7-30-09.pdf)

Εικόνα 75 :

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C\\_%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD\\_%CE%86%CF%81%CE%B7](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C_%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD_%CE%86%CF%81%CE%B7)



Εικόνα 76: <https://www.firsttheseedfoundation.org/resource/tomatosphere/background/sunlight-mars-enough-light-mars-grow-tomatoes/> 2020-12-13

Εικόνα 77: <https://www.darrinqualman.com/global-plastics-production/> 2021-04-13

Εικόνα 78: <https://mars.nasa.gov/mro/multimedia/images/> 2020-12-13

Εικόνα 79: [https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial\\_challenges/3DPHab/five-teams-win-a-share-of-100000-in-virtual-modeling-stage](https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab/five-teams-win-a-share-of-100000-in-virtual-modeling-stage) 2021-01-09

Εικόνα 80: <https://dedale.ru/el/cvetovoi-krug-sochetanie-cvetov-v-odezhde-cvetovoi-krug-i-cvetovye/> 2021-02-05

Εικόνα 81 Εικόνα δεξιά: Στιγμιότυπο από την ταινία the martian 2015.

Εικόνα 82: <https://3dprint.com/255142/mars-x-house-continuing-quest-3d-print-extraterrestrial-habitat/> 2021-01-08

Εικόνα 83: [https://reports.travel.ru/reports/2012/06/201535\\_1.html](https://reports.travel.ru/reports/2012/06/201535_1.html) 2021-01-09

Εικόνα 84: [https://reports.travel.ru/reports/2012/06/201535\\_1.html](https://reports.travel.ru/reports/2012/06/201535_1.html) 2021-01-09

Εικόνα 85: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mars\\_habitat](https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_habitat) 2021-01-08

Εικόνα 86: <https://www.humanmars.net/search/label/Moon%20Base%20Alpha> 2021-01-08

Εικόνα 87 Εικόνες από τα σχέδια του Κωνσταντίνου Τσιολκόφσκι, 1913

Εικόνα 21:

[https://wiki.moda/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5\\_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BO-%D0%B1%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8](https://wiki.moda/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BO-%D0%B1%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8) 2021-02-18

Εικόνα 88: <https://www.architecturaldigest.com/gallery/buckminster-fuller-architecture> 2021-02-15

Εικόνα 89 Στιγμιότυπα από την ταινία επιστημονικής φαντασίας της εποχής 2001 A Space Odyssey (Κιούμπρικ).

Εικόνα 90 ://en.wikipedia.org

Εικόνα 91: <https://www.space.com/mars-colony-human-genetic-engineering-tardigrades.html> , 2021-04-23 .

Εικόνα 92: <https://mars.nasa.gov/mars2020/timeline/cruise/> 2021-04-23

Εικόνα 93: [https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_Space\\_Habitat](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Space_Habitat) , 2021-04-23

Εικόνα 94: <https://newslab.ru/photo/679092> 2021-01-15

Εικόνα 95: <http://priroda.su/item/3254> 2021-01-15

Εικόνα 96: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 97: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 98: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 99: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 100: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 101: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 102: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 103: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 104: <http://mars500.imbp.ru/nek.html> 2021-01-05

Εικόνα 105: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mars\\_analog\\_habitat#/media/File:FMARS\\_2009\\_hab.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_analog_habitat#/media/File:FMARS_2009_hab.jpg) 2021-04-23

Εικόνα 106: <http://www.spaceref.com/news/viewnews.html?id=365> 2021-04-23

Εικόνα 107: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mars\\_analog\\_habitat](https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_analog_habitat) 2021-04-23

Εικόνα 108: <https://worldcentre.me/kuwaitis-join-outer-space-team-in-simulated-mission-to-mars/> 2023-04-23

Εικόνα 109: <https://tech.onliner.by/2018/07/26/eksperiment-biosfera-2> 2021-01-05

Εικόνα 110: <https://tech.onliner.by/2018/07/26/eksperiment-biosfera-2> 2021-01-07

Εικόνα 111: <https://tech.onliner.by/2018/07/26/eksperiment-biosfera-2> 2021-01-07

Εικόνα 112: Εικόνες από την εργασία (Tropical rainforest biome of Biosphere 2)

Εικόνα 113: Εικόνες από την εργασία (Tropical rainforest biome of Biosphere 2) Linda S. Leigh b,\*, Tony Burgess a, Bruno D.V. Marino a,c,Yong Dan Wei a) .

Εικόνα 114 Διάγραμμα από την μελέτη του Dr. Greg Stanley- Biosphere 2 and closed ecological systems

Εικόνα 115: <http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/biosphere/biosph.htm> 2021-01-07

Εικόνα 116: Εικόνες από την εργασία (Tropical rainforest biome of Biosphere 2) Linda S. Leigh b,\*, Tony Burgess a, Bruno D.V. Marino a,c,Yong Dan Wei a) .

Εικόνα 117: <https://tech.onliner.by/2018/07/26/eksperiment-biosfera-2> 2021-01-07

Εικόνα 118: Διάγραμμα και εικόνα από το δοκίμιο του 1945, ο Vernadsky

Εικόνα 119: Σχεδιάγραμμα από το βιβλίο Building Habitats on the Moon . Haym Benaroya

Εικόνα 120: <https://www.aispacefactory.com/marsha> 2021-01-24

Εικόνα 121: <https://bigelow aerospace.com/pages/firstbase/> 2021-01-24

Εικόνα 122: <https://www.compositesworld.com/articles/plant-tour-ruag-space-decatur-alabama-us> 2021-02-08

Εικόνα 123: <https://www.tachyongraphene.com/index.php/applications#close>

Εικόνα 124: <https://robonaut.jsc.nasa.gov/R2/pages/gm.html>

Εικόνα 125: <https://www.archdaily.com/904228/what-new-yorks-central-park-could-have-looked-like> 2021-01-27

Εικόνα 126: <https://brilliantmaps.com/derinkuyu/>

Εικόνα 61: <http://www.gctc.ru/main.php?id=940#3.1> 2021-03-12

Εικόνα 127: <https://www.newsweek.com/mars-map-shows-astronauts-build-space-colony-crops-873786>  
2021-02-14

Εικόνα 128: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02033> 2021-04-24

Εικόνα 129: [http://supload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Hellas\\_MOLA\\_zoom\\_64\\_medium](http://supload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Hellas_MOLA_zoom_64_medium)  
2021-04-24

Εικόνα 130: [https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus\\_\(ISS\\_module\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Columbus_(ISS_module)) 2021-04-25

Εικόνα 131: <https://www.nextbigfuture.com/2016/04/two-bigelow-ba-330-modules-planned-by.html> 2021-04-24

Εικόνα 132: <https://en.wikipedia.org/wiki/TransHab> 2021-03-20

Εικόνα 133: <https://www.nextbigfuture.com/2016/04/two-bigelow-ba-330-modules-planned-by.htm> 2021-05-07

Εικόνα 134: <https://wewanttolearn.wordpress.com/2015/11/22/9778/> 2021-03-17

Εικόνα 70: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/salt-cavern> 2021-04-22