

DANGER



RADIOACTIVE
MATERIAL

πόλη έκτακτου
αποκλεισμού

Πόλη έκτακτου αποκλεισμού

Σε ένα πιθανό μέλλον όπου μαζικές πυρηνικές τήξεις έχουν αυξήσει τα επίπεδα ραδιενέργειας στον πλανήτη πέρα από τα βιώσιμα, οι άνθρωποι καταφεύγουν σε καραντίνα στο υπέδαφος. Μία νέα πόλη κάτω από την πόλη που κατοικείται όποτε προκύπτει έκτακτη ανάγκη και όταν οι συνθήκες διαβίωσης στην επιφάνεια της γης είναι δυσχερείς. Η νέα αυτή πόλη θα συνθέτει ένα σύστημα απομόνωσης από τον έξω κόσμο και θα παρέχει στους πολίτες της τα απαραίτητα για την επιβίωσή τους για το διάστημα που θα χρειαστεί να ξαναγίνει κατοικήσιμη η επιφάνεια. Σε αυτή την νέα πραγματικότητα της μόλυνσης η επιφάνεια της γης μετατρέπεται σε ένα εχθρικό περιβάλλον για τον άνθρωπο, ο οποίος για να προστατευθεί θα πρέπει να κρυφτεί κάτω από την γη. Εκεί, σε ένα κλειστό και ελεγχόμενο περιβάλλον, η κοινωνία μεταλλάσσεται για να ταιριάζει στα νέα δεδομένα επιβίωσης.

Το καταφύγιο στην περιοχή του Λυκαβητού αποτελεί παράδειγμα υπόγειων καταφυγίων τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό ορεινών μορφών. Αυτά γίνονται βιώσιμα έχοντας εφαρμόσει τεχνικές και μεθόδους υπόγειας λατόμευσης, όπως αυτές των υπόγειων λατομείων μαρμάρου της Πεντέλης, προσφέροντας παράλληλα πολύμορφους χώρους και προστασία. Η τοποθεσία του καταφυγίου επιτρέπει την πρόσβασή του από όλες τις περιοχές του κέντρου της πόλης, παρέχοντας προστασία και στέγαση σε περίπου 40.000 κατοίκους. Με πρόφαση τα πρόσφατα γεγονότα ραδιενεργής μόλυνσης της Ιαπωνίας, το καταφύγιο σχεδιάστηκε αρχικά ως πυρηνικό καταφύγιο το οποίο όμως τελικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έναν μεγάλο αριθμό απειλών, από βιολογική ή χημική μόλυνση έως και πλημμύρες.

Department of Architecture
University of Thessaly

Summary of diploma project

student: Eleni Han

supervisor: Kostis Paniyiris

City of emergency reclusion

In a possible future, where mass nuclear reactions have brought the radiation levels of the planet to dangerous levels, people seek refuge to a quarantine beneath the earth's surface. A new city under the city that is inhabited whenever there is an immediate need and whenever the conditions on the surface are not safe for the human health. This new city will compose a system of isolation from the rest of the world and it will provide its citizens the essentials for their survival until the surface becomes again habitable. In this new reality of pollution, the earth's surface is transformed into a hostile environment for the human, who in order to protect himself must hide under the ground. There, in a closed and checked environment, the society evolves in order to suit the new laws for survival.

The shelter in the area of Lycabetus constitutes an example for underground shelters that are found inside mountainous forms. These become viable having applied techniques and methods of underground mining, as those of underground marble quarries of Penteli, offering not only multiform spaces, but also protection. The location of the shelter allows for easy access from all the central regions of the city, providing protection and accommodation to about 40.000 residents. Initially designed as a nuclear shelter due to the recent events of radiation pollution in Japan, the shelter can also be used as a protection from other dangers, some of them being biological or chemical pollution, or even in the event of floods.

πυρηνικό καταφύγιο περιοχή	001-
πυρηνικά καταφύγια στα όρη της Αττικής	002-
υπαίθρια και υπόγεια εκμετάλλευση	003-
γενικός εξοπλισμός λατομείων	004-
μέθοδοι υπόγειου σχεδιασμού και κατασκευής	005-
εξόρυξη	006-
οικειοθελής και υποχρεωτική απομόνωση	007-
το καταφύγιο της περιοχής Λυκαβηττού	008-
είσοδοι και διαδρομές	009-
κατοικίες	010-
χώροι υγιεινής	011-
χώροι συνεστίασης	012-
χώροι εκπαίδευσης	013-
κλινική	014-
H ₂ O	015-
O ₂	016-
E	017-
C _n (H ₂ O) _v	018-
μοντέλο	019-
βιβλιογραφία	020-

Σε ένα πιθανό μέλλον όπου μαζικές πυρηνικές τήξεις έχουν αυξήσει τα επίπεδα ραδιενέργειας στον πλανήτη πέρα από τα βιώσιμα, οι άνθρωποι καταφεύγουν σε καραντίνα στο υπέδαφος. Μία νέα πόλη κάτω από την πόλη που κατοικείται όποτε προκύπτει έκτακτη ανάγκη και όταν οι συνθήκες διαβίωσης στην επιφάνεια της γης είναι δυσχερείς. Η νέα αυτή πόλη θα συνθέτει ένα σύστημα απομόνωσης από τον έξω κόσμο και θα παρέχει στους πολίτες της τα απαραίτητα για την επιβίωσή τους για το διάστημα που θα χρειαστεί να ξαναγίνει κατοικήσιμη η επιφάνεια. Εφαρμόζοντας τεχνικές και μεθόδους υπόγειας λατόμευσης το εσωτερικό του βουνού γίνεται βιώσιμο, προσφέροντας παράλληλα πολύμορφους χώρους και προστασία. Δημιουργούνται έτσι ένα νέο κοινωνικό σύστημα και ένας διαφορετικός τρόπος ζωής τα οποία θα βασίζονται στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες.

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

Περιοχή¹

Η Αθήνα είναι πρωτεύουσα της Ελλάδας με επίσημο πληθυσμό το 2001 3.361.806 κατοίκους, που σήμερα αγγίζει κοντά τα 5.000.000. Πρόκειται για μια πόλη που βρίσκεται στην Αττική, μια ορεινή χερσόνησο που κείται μεταξύ του Σαρωνικού κόλπου και του θαλάσσιου βραχίονα που την χωρίζει από την Εύβοια. Η Αθήνα καλύπτει όλο το κεντρικό λεκανοπέδιο της Αττικής που περιβάλλεται στα δυτικά από το όρος Αιγάλεω, στα βόρεια από δύο ορεινούς ασβεστολιθικούς όγκους, τον Κιθαιρώνα (ύψους 1411 μ.) και την Πάρνηθα (1413 μ.), στα ανατολικά από το Πεντελικό όρος και στα νότια και νοτιοανατολικά της αθηναϊκής κοιλάδας από την οροσειρά του Υμηττού (1027 μ.). Μεταξύ αυτών των όρων η κοιλάδα ανοίγεται νοτιοδυτικά προς τον Σαρωνικό κόλπο.

Η γεωγραφική μορφολογία της Αθήνας δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για την δημιουργία υπόγειων καταφυγίων στα όρη που βρίσκονται μέσα στο λεκανοπέδιο της Αττικής και στις οροσειρές που την περικυκλώνουν, παρέχοντας προστασία για μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Οι ορεινές αυτές μορφές καθώς και ο ορυκτός πλούτος και τα υπόγεια υδάτινα ρεύματα περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

Η Αττική περιλαμβάνει τρεις πεδιάδες: την πεδιάδα του Θριασίου, την αθηναϊκή που την διαιρεί ο Κηφισός ποταμός και την Μεσογείων, που βρίσκεται ανατολικά του Υμηττού. Η αθηναϊκή πεδιάδα περιβάλλεται από παντού από βουνά και μόνο προς τα νοτιοδυτικά ανοίγεται προς την θάλασσα. Βόρεια της πεδιάδας υψώνεται η Πάρνηθα, όρος σχηματισμένο από τέφρα κρητιδικών ασβεστόλιθων. Ανατολικά η Πάρνηθα σχηματίζει την κοιλάδα του Ωρωπού όπου και ο Ασωπός ποταμός καταλήγει στον Ευβοϊκό κόλπο. Η Πάρνηθα σχηματίζει στην κορυφή εκτεταμένα οροπέδια, με διαυλακώσεις χαραδρών που καταλήγουν απότομα και απόκρημνα στα νότια και βόρεια κλίτη. Νοτιοδυτικά εκτείνεται σε στενό και επίμηκες ορεινό κλάδο προς το Αιγάλεω και τον Κορυδαλλό, ενώ βορειοδυτικά της αθηναϊκής πεδιάδας εκτείνεται κλάδος μέχρι τον κόλπο της Σαλαμίνας. Βόρεια και δυτικά το όρος Κιθαιρώνας συνδέεται με την Πάρνηθα δια της ορεινής αλυσίδας του πέτρινου υψιπέδου Σκούρτα μήκους 60 χλμ. Η οροσειρά της Πάρνηθας στο τέλος της διαχωρίζεται σε δύο κλάδους σχηματίζοντας δύο διόδους προς την αθηναϊκή πεδιάδα, μία προς την Κηφισιακή πεδιάδα και μία στενότερη και βαθύτερη δίοδο μέσω του Αιγάλεου προς την χαραδρα του Δαφνίου.

Η επιμήκης και φαλακρή ράχη του Υμηττού υψώνεται στα νότια με σχεδόν ευθεία κατεύθυνση προς Βορρά. Από την πλευρά της πεδιάδας όπου υψώνεται η Πεντέλη το βόρειο τμήμα του Υμηττού χωρίζεται με βαθιά εντομή. Στο τμήμα αυτό η βύθιση γίνεται με απότομους καταθρυμματισμούς ενώ απέναντι ανέρχονται τα πεντελικά κλίτη. Το βορεινό τμήμα του Υμηττού, το σημερινό Τρελλοβούνι, σχηματίζει επιμήκη ομοιόμορφη ορεινή ράχη. Στο σημείο που συναντά την Μεσογαία εμφανίζει μεγάλη μείωση ύψους φτάνοντας μέχρι και τα 200 μ., παρομοίως και από τα δυτικά όπου όμως είναι λιγότερο απόκρημνα. Βόρεια του Υμηττού βρίσκεται και η κοιλάδα του Ιλισσού όπου συναθροίζονται ύδατα από τις πηγές που σχηματίζονται περί των ερειπίων της μονής Ιωάννου του Θεολόγου, του Ηριδανού και από τις μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους της Καισαριανής. Συχνά τα ύδατα αυτά δεν φτάνουν μέχρι την κοιλάδα καθώς εξαφανίζονται στις χαραδρες του Υμηττού σχηματίζοντας και

συναντώντας υπόγεια υδάτινα ρεύματα. Στα νότια του Υμηττού συναντάται μια ηπιότερη ορεινή κατάκλιση. Το τμήμα αυτό ονομάζεται Άνυδρο. Εμφανίζει ορογραφική και γεωλογική ποικιλία με πολλές μακρές και βαθιές χαραδρες και εγκάρσια βυθίσματα. Νότια του πηναρικού λαιμού υψώνονται το Μαυροβούνι, Ραψανά, Κιάφα-Δρίζι και Αετός. Στα όρη αυτά βρίσκεται το κατώτερο υμήττιο μάρμαρο. Η έλλειψη δασών σε όλη την περιοχή του Υμηττού δεν επιτρέπει στην κατακράτηση των βρόχινων υδάτων ένα μικρό μέρος των οποίων είτε εξαφανίζεται υπογειώς μέσω βαθιών ρωγμών και σχισμάδων ή εξατμίζονται αμέσως από τα φαλακρά πετρώδη κλίτη των όρων. Όπου όμως συναντούνται δάση η γη μπορεί και συγκρατεί τα βρόχινα ύδατα, όπως συμβαίνει στα βόρεια και ανατολικά κλίτη της Πεντέλης, σχηματίζοντας πηγές και ρυάκια που καταλήγουν στο αττικό λεκανοπέδιο. Έχω μείνει στην Σελ.24

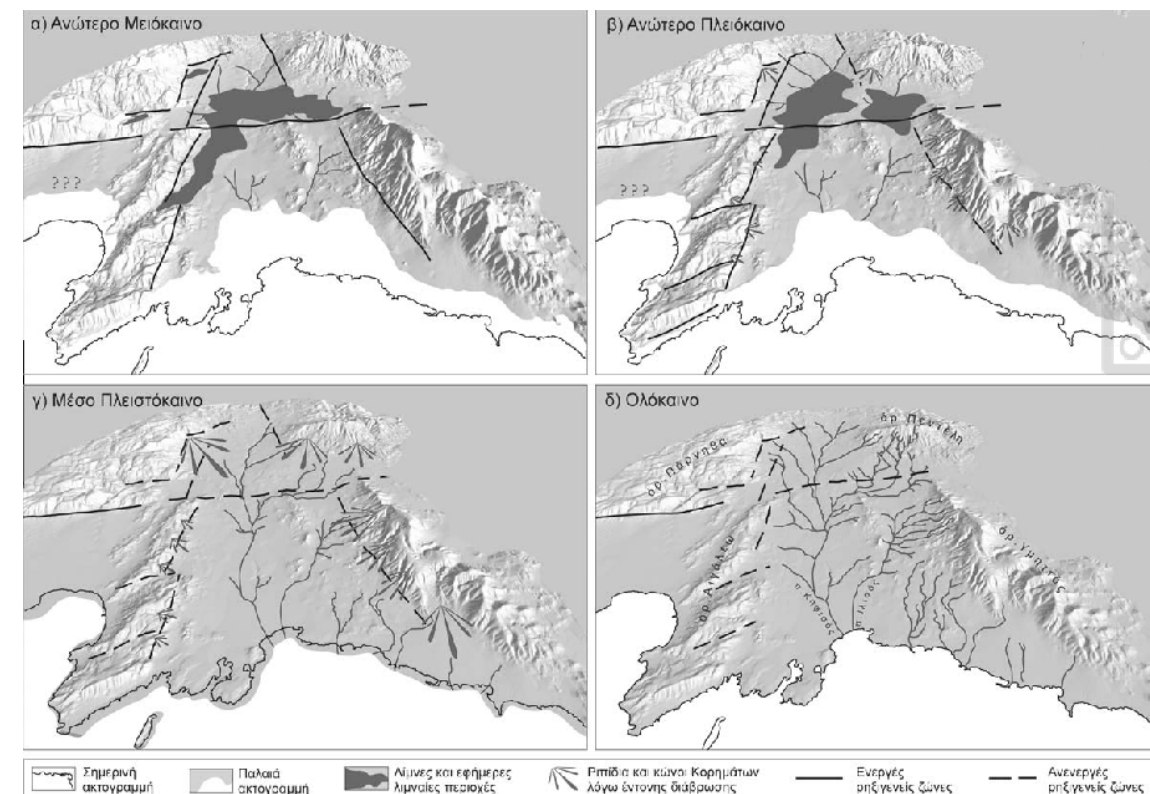
Σε απόσταση 17 χλμ. Βορειοανατολικά της Αθήνας υψώνεται το ωραίο διαμορφωμένο Πεντελικό όρος. Από την Αθήνα η εμφάνισή του θυμίζει αέτωμα ναού με τα ομοιόμορφα και κανονικά κλίτη του που ανέρχονται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Η ράχη της Πεντέλης έχει κατεύθυνση νοτιοανατολικά προς βορειοδυτικά, με τον Υμηττό να καταλαμβάνει σχεδόν αποκλειστικά όλη την γραμμή από νότο προς βορρά. Όπως ο Υμηττός κατέρχεται απόκρημνα προς τα ανατολικά έτσι και οι πεντελικές ακρώρειες είναι εξαιρετικά απόκρημνες στα βορειοανατολικά. Από την υψηλότερη κορυφή καταθραύονται, σχεδόν κατακόρυφα, τελειώς άβατα μαρμάρινα βραχώδη τείχη που εκτείνονται μέχρι εκεί που αρχίζουν οι χαραδρες με κατεύθυνση προς την κοιλάδα της Ραπεντόζης. Πυκνοί θάμνοι καλύπτουν τα κλίτη του όρους μεταξύ των χαραδρών, ενώ το νοτιοδυτικό μέρος, προς την αθηναϊκή πεδιάδα, είναι ιδιαίτερα αποψιλωμένο φέροντας μόνο τα συνηθισμένα αττικά πεύκα. Στο ανώτερο μέρος της κηφισιακής πεδιάδας, μεταξύ της Πάρνηθας και της Πεντέλης υψώνεται η υψηλή ακρωρυχία του Πεντελικού με βορειότερη ορεινή γωνία το Καστράκι και άλλους πολλούς οξείς βραχώδεις μαστούς. Νοτιοανατολικά αυτών σχηματίζεται βαθιά κοιλάδα και υψώνεται το νότιο μέρος του όρους, δύο φαλακροί μαρμάρινοι μαστοί, τα μεγάλα και μικρά Μαυρόνορα. Επί των νοτιοδυτικών κλιτών

της ακρώρειας παρατηρούνται τα πολυπληθή λατομεία λευκού μαρμάρου, τα αρχαία κανονικά και επιμελώς εντετημένα ορύγματα σε διακριτή αντίθεση με τα άτακτα και ακανόνιστα των σύγχρονων λατόμων.

Κάτω από τα τρία αυτά όρη, της Πάρνηθας συν το Αιγάλεω και τον Κορυδαλλό, την Πεντέλη και τον Υμηττό εκτείνεται στενά περικλεισμένη η αθηναϊκή πεδιάδα, το Πεδίο των αρχαίων, από τον Φαληρικό κόλπο προς βορειοανατολικά, στην αττική χερσόνησο μήκους 22 χλμ. και 20 μ. πλάτους. Η πεδιάδα αυτή διαιρείται κατά μήκος σε δύο τμήματα από μακρά σειρά λόφων, προς βορρά χωρίζεται δια της λοφοσειράς που ξεκινά από τα Τουρκοβούνια (ύψους 338,6 μ.), περνά τον Λυκαβηττό (ύψους 278 μ.) ακολουθώντας την Ακρόπολη (ύψους 156 μ.) και το Μουσείο (ύψους 147,4 μ.) προς μικρότερους λοφίσκους μεταξύ Ιλισσού και Φαληρικού κόλπου. Το δυτικό μείζον τμήμα του Πεδίου διαρρέει ο Κηφισός κάνοντας αυτό το μέρος της κοιλάδας εύφορο και καλλιεργήσιμο. Το τμήμα μεταξύ της Αθήνας και της έναντι υμήττιας πορείας είναι έρημο, πετρώδες και ακαλλιεργήτο. Στο σημείο αυτό πλειοκαινικοί

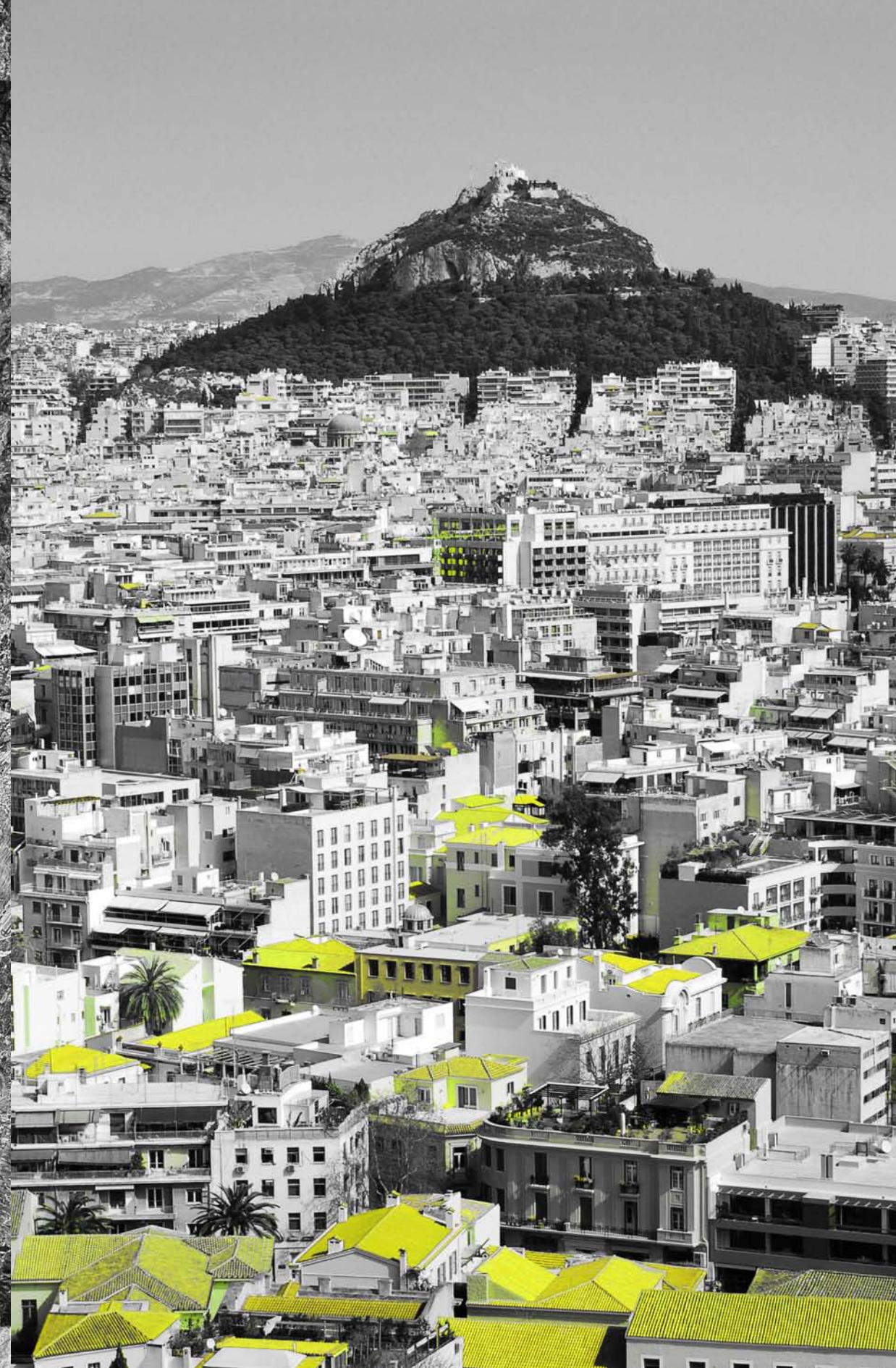
ψάμμοι και κροκάλες πάχους 5-10 μ. καλύπτουν τους μαργώδεις αθηναϊκούς σχιστόλιθους με τόσο ισχυρούς δεσμούς ώστε είναι αδύνατον να διεισδύσει άροτρο ή αξίνα το έδαφος.

Οι λόφοι της αθηναϊκής πεδιάδας καλύπτονται σχεδόν εξολοκλήρου από τέφρα ασβεστόλιθου. Κάτω από αυτόν βρίσκονται μαλακοί μαργώδεις σχιστόλιθοι, ενώ στα ομαλά κλίτη των λόφων σχηματίζονται σχεδόν κατακόρυφοι και ρωγμοβριθείς ασβεστόλιθοι. Μεταξύ του ασβεστόλιθου και του υδάτινα αδιαπέραστου υποκείμενου μαργώδη σχιστόλιθου, συναθροίζονται τα όμβρια ύδατα που έχουν διαπεράσει τις ρωγμές του πρώτου και ρέουν επί του δεύτερου κατά την κλίση των στρωμάτων προς βορειοδυτικά. Εκεί επί των βραχωδών πλευρών, βόρεια της εισόδου της Ακροπόλεως, βρίσκεται η πηγή Κλεψύδρα.



Πυρηνικά καταφύγια στα όρη της Αττικής

Το όρος του Λυκαβηττού, λόγω της κεντρικής του θέσης στο αστικό λεκανοπέδιο και της προσβασιμότητάς του, αποτέλεσε ιδανική τοποθεσία για τον σχεδιασμό του πρώτου καταφυγίου. Για την κατασκευή του καταφυγίου χρησιμοποιούνται μελέτες και διαδικασίες που εφαρμόζονται κατά κυριότητα σε υπόγεια λατομεία, όπως αυτό του Διονύσου στην Πεντέλη. Με αυτό τον τρόπο επιβεβαιώνεται η σταθερότητα και η επιτυχία της διάνοιξης των υπόγειων ανοιγμάτων καθώς και η εκμετάλλευση του εξορυχθέντος υλικού, εξισορροπώντας έτσι κάπως το κόστος και την οικονομία της κατασκευής.



- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-

Υπαίθρια και υπόγεια εκμετάλλευση²

Για την κατανόηση των μεθόδων κατασκευής του καταφυγίου θα αναλυθούν οι διάφορες μέθοδοι ορυκτής εκμετάλλευσης.

Υπαίθρια ορυχεία και λατομεία

Οι μέθοδοι της επιφανειακής εκμετάλλευσης περιλαμβάνουν την περιοχή, το περίγραμμα και την αφαίρεση τμήματος του όρους. Τα υπαίθρια λατομεία λειτουργούν αφαιρώντας τμήματα του όρους έως ότου αποκαλυφθεί το ορυκτό κοιτάσμα το οποίο στην συνέχεια εξορύσσεται δημιουργώντας μια ευρεία περιοχή επιπέδων. Δύο βασικοί παράγοντες της υπαίθριας εκμετάλλευσης είναι (1):

Σχηματική παράσταση επιφανειακής εκμετάλλευσης.

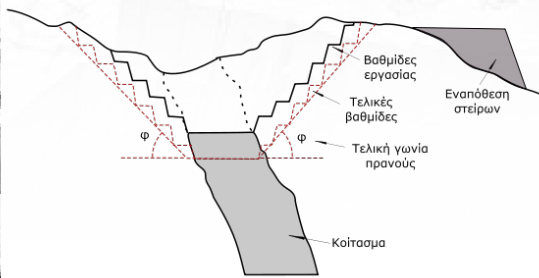
- η σχέση αποκάλυψης, δηλ. η αναλογία εξόρυξης του υπερκείμενου στείρου προς το υποκείμενο μέταλλευμα (ρ), και
- η τελική γωνία των πρανών (ϕ).

Σε ένα οριζόντιο κοιτάσμα με επίπεδο τοπογραφικό ανάγλυφο, ο λόγος ρ είναι σταθερός και δεν αλλάζει. Σε κεκλιμένα κοιτάσματα όμως, ο λόγος ρ αυξάνει συνεχώς με την πρόοδο της εκμετάλλευσης και συνεπώς πέρα από μια κρίσιμη τιμή, η εκμετάλλευση γίνεται οικονομικά ασύμφορη. Τότε ο μηχανικός μεταλλείων πρέπει να αποφασίσει εάν είναι πιο συμφέρουσα μια υπόγεια εκμετάλλευση.

Όταν η εκσκαφή φτάσει στα όρια της ιδιοκτησίας ή της άδειας εκμετάλλευσης, τότε το βάθος της εκσκαφής καθορίζεται από την τελική γωνία των πρανών ϕ . Η γωνία ϕ είναι η μέγιστη επιτρεπτή γωνία εκσκαφής με βάση την αντοχή των πετρωμάτων ή είναι η μέγιστη επιτρεπτή γωνία εκσκαφής σύμφωνα με τον νόμο.

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις σε σκληρά πετρώματα γίνονται με την βοήθεια εκρηκτικών. Σε βαθμίδες ανοίγονται μικρά διατρήματα στα οποία τοποθετείται εκρηκτική ύλη. Ακολουθεί ανατίναξη. Το θρυμματισμένο μέταλλευμα φορτώνεται σε φορτηγά που το μεταφέρουν για περαιτέρω επεξεργασία (θραύση, λειοτριβήση, εμπλουτισμό). Τα στείρα υπερκείμενα πετρώματα μεταφέρονται σε σωρούς απορριμμάτων.

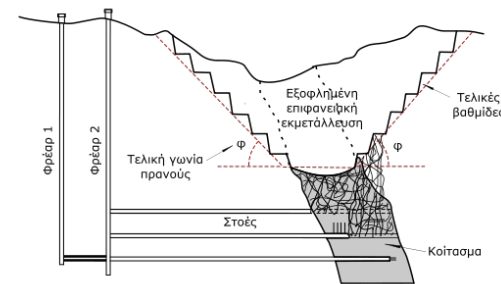
Σε σχετικά μαλακά πετρώματα (π.χ. λιγνίτης), η εκμετάλλευση γίνεται και με ηλεκτροκίνητους καδοφόρους εκσκαφείς και ταινιοδρόμους, ή με γιγαντιαίους εκσκαφείς τύπου dragline, μηχανικά πτύα και φορτηγά οχήματα off-road μεγάλου ωφέλιμου φορτίου. Σε προσχωματικά (αλουβιακά) κοιτάσματα χρυσού, ιλμενίτη, κ.λπ., η εξόρυξη γίνεται με την εκτόξευση νερού υπό πολύ υψηλή πίεση και το υλικό συγκεντρώνεται από ειδικές πλατφόρμες (αγγλ., dredges). Γενικά, η επιλογή του μηχανικού εξοπλισμού εξαρτάται κυρίως από την σκληρότητα των πετρωμάτων και του κοιτάσματος και από τον επιθυμητό ρυθμό παραγωγής.



Υπόγεια ορυχεία και μεταλλεία

Όπως στην περίπτωση των επιφανειακών εκμεταλλεύσεων, έτσι και στα υπόγεια μεταλλεία, η επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης εξαρτάται από την γεωμετρία, την αντοχή και τα άλλα φυσικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων, καθώς και από τον απαιτούμενο ρυθμό παραγωγής[10].

Οι μέθοδοι υπογείων εκμεταλλεύσεων διακρίνονται σε μεθόδους με κενά, γομούμενα μέτωπα και κατακρημιζόμενα μέτωπα. Οι μέθοδοι με κενά εφαρμόζονται εκεί που η απόληψη μεγάλου μέρους του κοιτάσματος δεν δημιουργεί πρόβλημα ευστάθειας στα περιβάλλοντα πετρώματα, καθώς αυτά χαρακτηρίζονται από καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Στις μεθόδους με κενά συγκαταλέγεται και η μέθοδος των θαλάμων και στύλων (αγγλ., room and pillar) που εφαρμόζεται στα υπόγεια ανθρακωρυχεία καθώς και στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις βωξίτη στην Ελλάδα, όπου τα κοιτάσματα είναι μικρής κλίσης (σχεδόν οριζόντια) και μέτριου πάχους (2-10m).



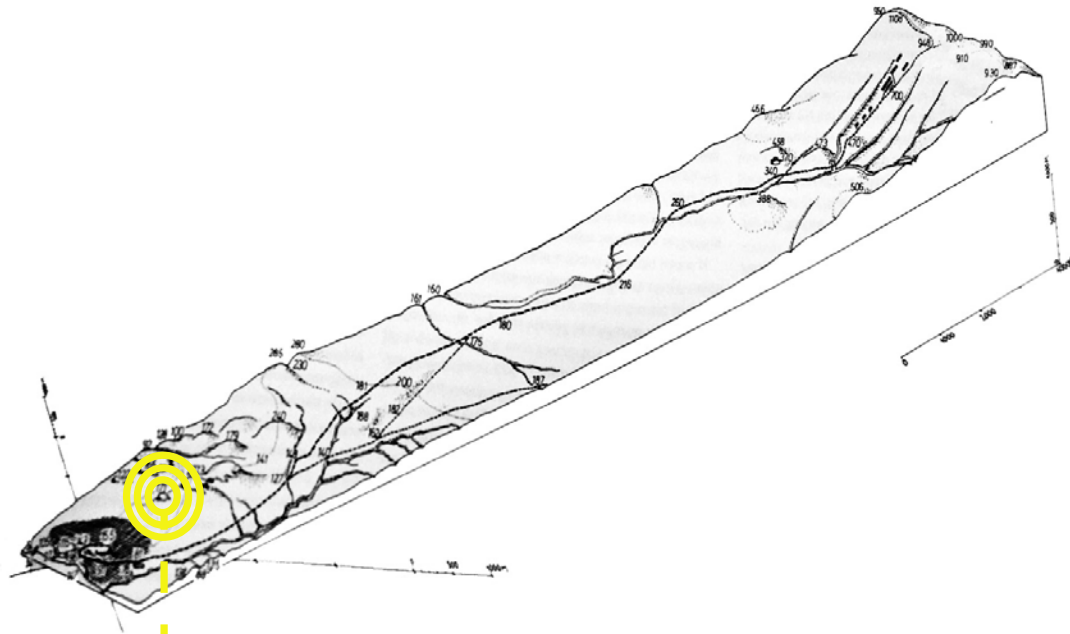
Οι μέθοδοι των γομούμενων μετώπων εφαρμόζονται εκεί που απαιτείται το κενό που δημιουργείται από την απόσπαση του μεταλλεύματος να γεμίζεται με νέο υλικό ώστε να σταθεροποιούνται τα περιβάλλοντα πετρώματα ή να επιτυγχάνεται η σχεδόν πλήρης απόληψη (αγγλ., recovery) (95-99%) του μεταλλεύματος. Το υλικό που γεμίζει το κενό μπορεί να είναι υλικό φτωχής ποιότητας από το ίδιο το κοιτάσμα, ή φερτό υλικό (π.χ. απορρίμματα του εμπλουτισμού αναμεμειγμένα με ή χωρίς τσιμέντο), όπως συμβαίνει στη μέθοδο των εναλλασσόμενων κοπών και λιθογομώσεων (αγγλ., cut and fill stoping). Συνήθως οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται σε κοιτάσματα μικρού έως μετρίου πάχους και μεγάλης κλίσης και μεταλλεύματα μεγάλης αξίας.

Οι μέθοδοι με κατακρημιζόμενα μέτωπα εφαρμόζονται σε κοιτάσματα μεγάλου πάχους, μεγάλης κλίσης και μέτριας αντοχής. Μία τέτοια μέθοδος είναι η μέθοδος των υποορόφων με κατακρήμιση οροφής (αγγλ., sub-level caving), η οποία εφαρμόζεται κυρίως σε μεταλλικά μεταλλεία όπως στα σιδηρομεταλλεύματα της Σουηδίας και στα μικτά θείουχα του Στρατωνίου. Παραλλαγή αυτής της μεθόδου είναι η μέθοδος της κατακρήμισης πατώματος (αγγλ., block caving), που εφαρμόζεται σε πολύ παχιά κεκλιμένα ή κατακόρυφα κοιτάσματα χαμηλής περιεκτικότητας και όπου η υποχώρηση της επιφανείας του εδάφους δεν αποτελεί πρόβλημα, όπως π.χ. στην εξόρυξη κιμπερλίτη που περιέχει διαμάντια.

Μια μέθοδος που δανείζεται χαρακτηριστικά από τις μεθόδους λιθογόμωσης αλλά και κατακρήμισης είναι η μέθοδος του συμπυκνώμενου μετώπου (αγγλ., shrinkage stoping), σύμφωνα με την οποία το μέταλλευμα που εξορύσσεται συνήθως από την οροφή πέφτει και παραμένει για κάποιο διάστημα εντός του χώρου του μετώπου (γομώνει) για να υποστηρίξει το χώρο αλλά και να διευκολύνει τις εργασίες εξόρυξης, δημιουργώντας ένα νέο επίπεδο/δάπεδο εργασίας. Κατά τη διάρκεια των εργασιών γίνεται η αποκομιδή όγκου μεταλλεύματος που αντιστοιχεί στο επίπλησμα. Η πλήρης αποκομιδή του μεταλλεύματος από το μέτωπο γίνεται με το πέρας των εργασιών όρυξης.

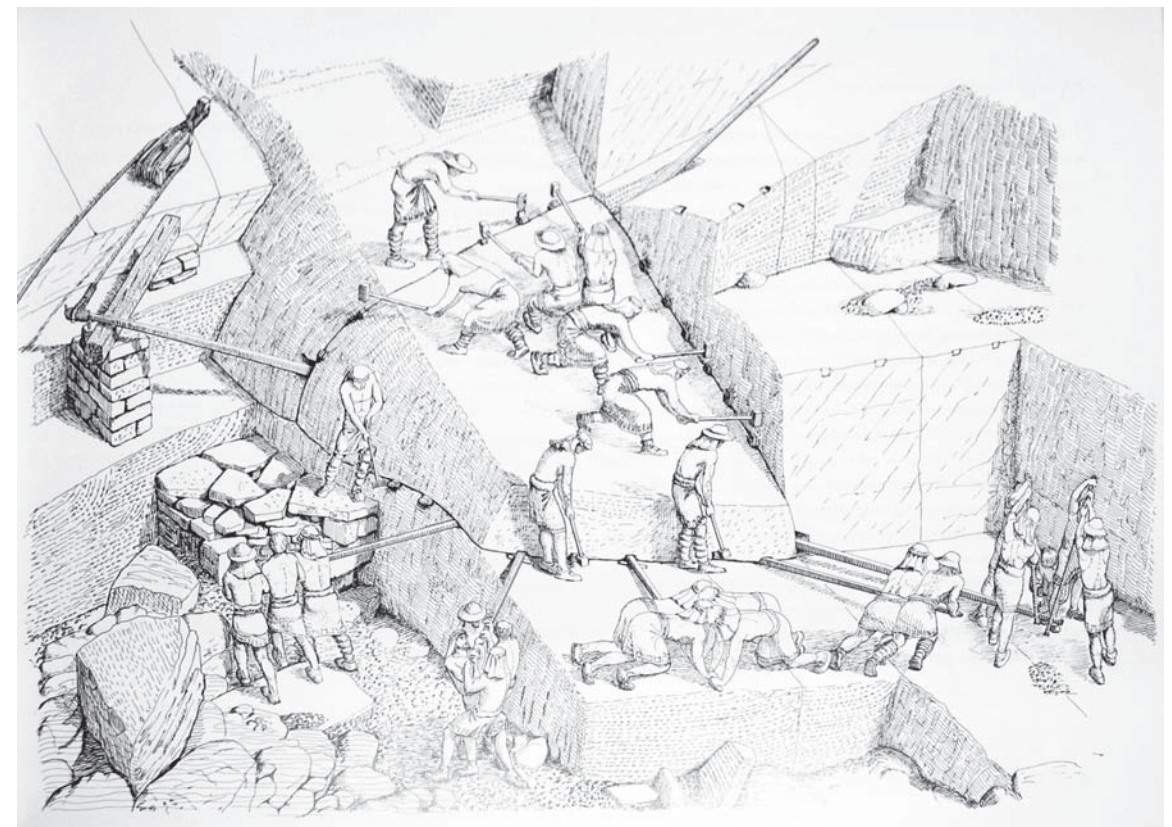
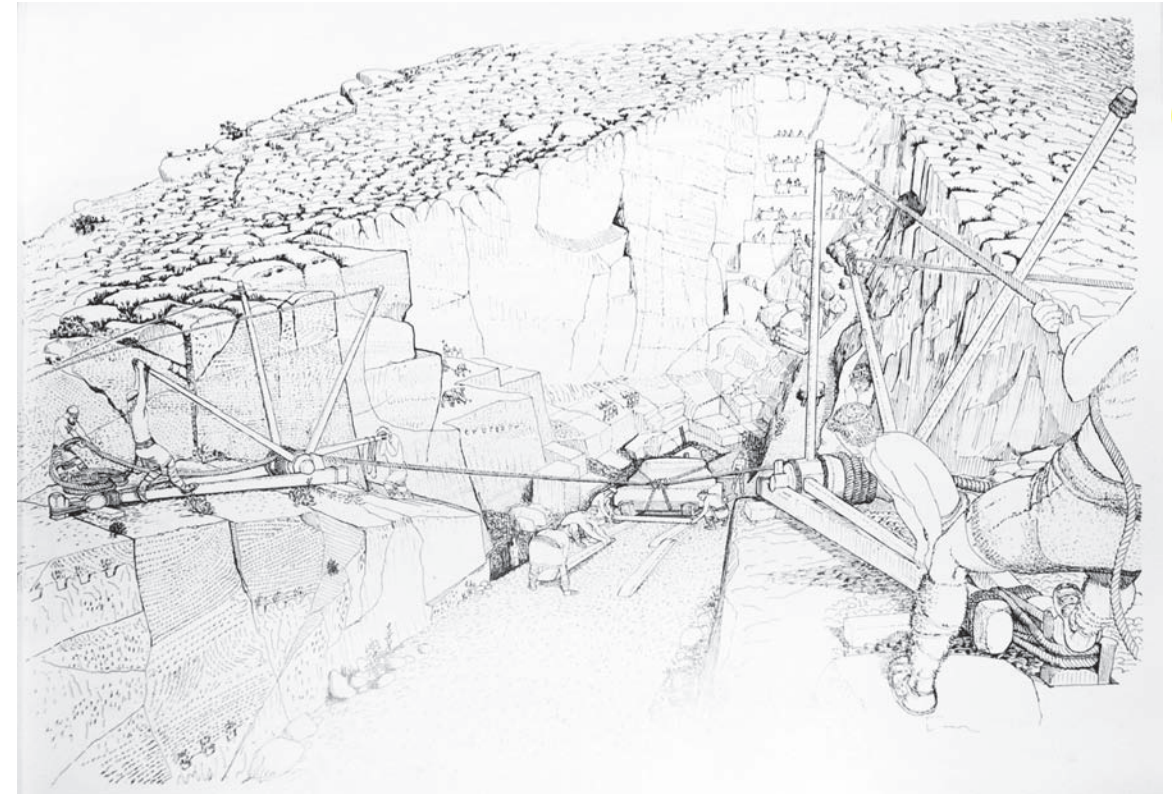
Μία ειδική μέθοδος κατακρήμισης οροφής είναι και η μηχανική εξόρυξη σε ευθύγραμμα επιμήκη μέτωπα με κινητή υδραυλική υποστήριξη (αγγλ., longwall mining). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στην εκμετάλλευση οριζοντίων έως ελαφρώς κεκλιμένων κοιτασμάτων γαιανθράκων μικρού ή μέτριου πάχους. Το κοιτάσμα αποξέεται με κατάλληλο δίσκο που μετακινείται παράλληλα προς το μέτωπο της όρυξης, ο άνθρακας που πέφτει απομακρύνεται με ταινιόδρομο, ενώ η υδραυλική υποστήριξη μετακινείται αυτομάτως προς τα μπρος καθώς προχωρά το μέτωπο. Με την μετακίνηση της υποστήριξης προς τα εμπρός, η οροφή στον εξοφλημένο χώρο κατακρημιζεται.

2. Πληροφορίες και φωτογραφίες από την διπλωματική εργασία πάνω στα λατομεία Διονύσου της Ειρήνης Γρίβα

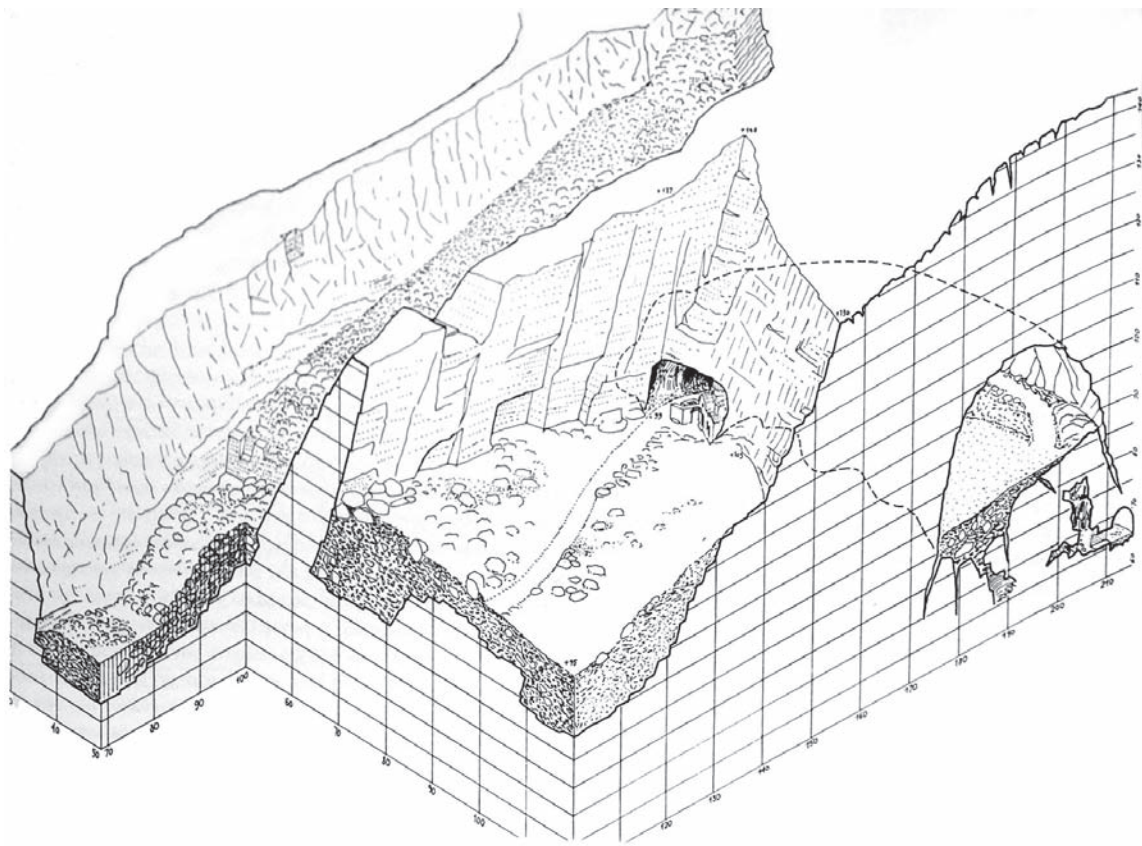


Λατομείο του Πεντελικού

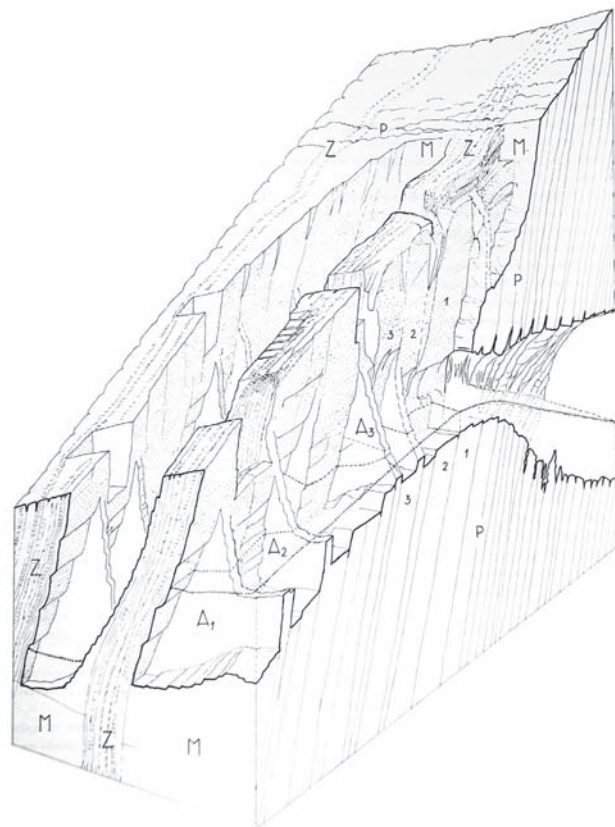
Το περίφημο λευκό πεντελικό μάρμαρο της Ακρόπολης και άλλων αρχαιοελληνικών καλλιτεχνημάτων εξορύχθηκε από τα αρχαία λατομεία της Πεντέλης, μερικά από τα οποία βρίσκονται ακόμη σε λειτουργία μέχρι σήμερα. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούσαν οι λατόμοι τότε περιορίζονταν σε τεχνικές φυσικής ευρεσιτεχνίας και βαριάς χειρωνακτικής εργασίας. Ορισμένες τεχνικές και σχέδια εξελικτικής λατόμευσης αναπαράστώνται σε σχέδια του Ε. Κορρέ στην συνέχεια, παρουσιάζοντας την όχι και τόσο διαφορετική τελική εικόνα που προκύπτει από την λατομεία παρά τις διαφορετικές τεχνοτροπίες.



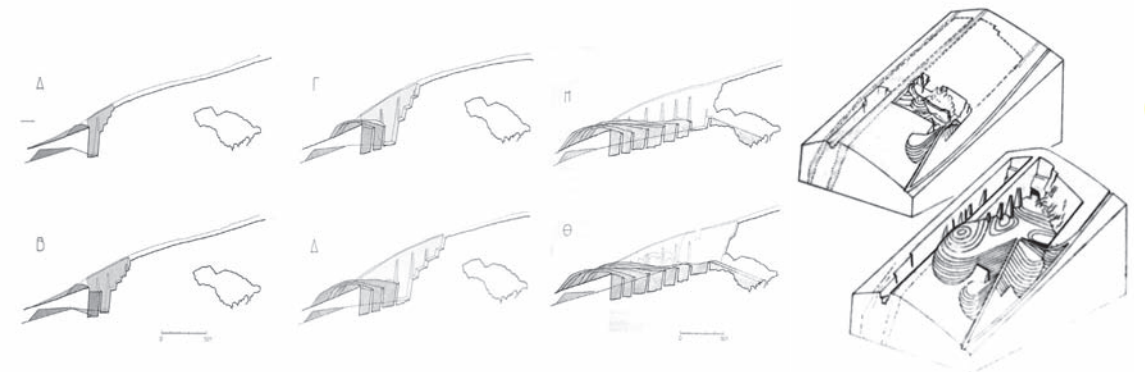
Ε. Κορρές, Από την Πεντέλη στο Παρθενώνα



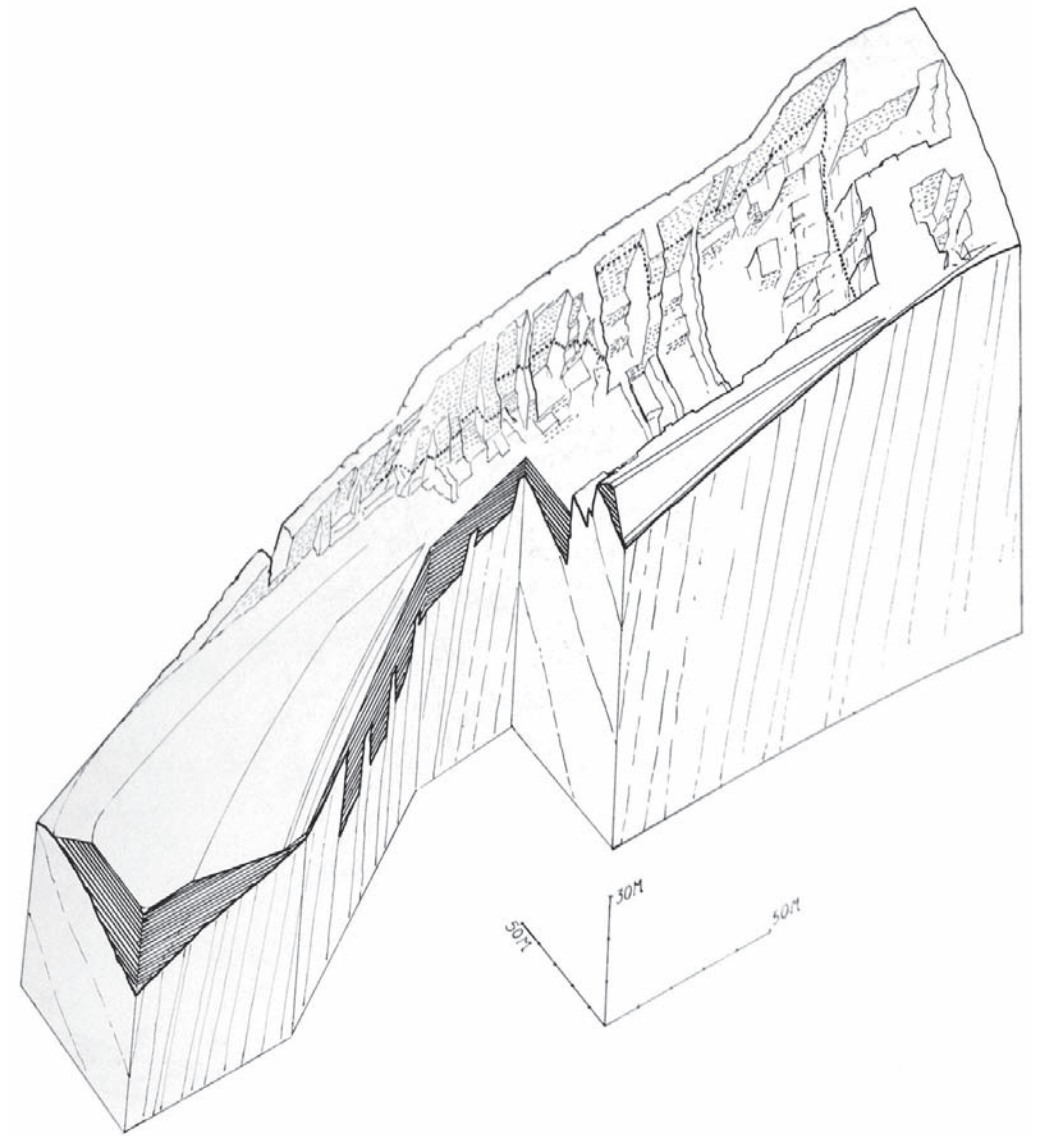
λατομείο της Σπηλιάς, Πεντέλη



Το λατομείο της Σπηλιάς, ενός από τα σπουδαιότερα αρχαία λατομεία, αποτελεί και το καλύτερο παράδειγμα βαρειάς και βαθιάς εξορύξεως. Προφανώς η υπόγεια εξόρυξη δεν είναι σύγχρονη ανακάλυψη, αλλά στην αρχαιότητα αντί για καλλωπιστικούς λόγους η εσωτερική λατόμευση επιλεγόταν για λόγους οικονομίας και άμεσης πρόσβασης σε φλέβες μαρμάρου καλύτερης ποιότητας. Τα στάδια της λατόμευσης ακολουθούσαν αφαίρεση όγκου που διαμόρφωναν παράλληλους τάφρους μεγάλου βάθους.



εξελικτικές φάσεις του λατομείου



τριμετρία τμήματος λατομείου

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

Πριν την έναρξη της υπόγειας εκμετάλλευσης είναι απαραίτητη η ολοκλήρωση μιας σειράς ερευνών:

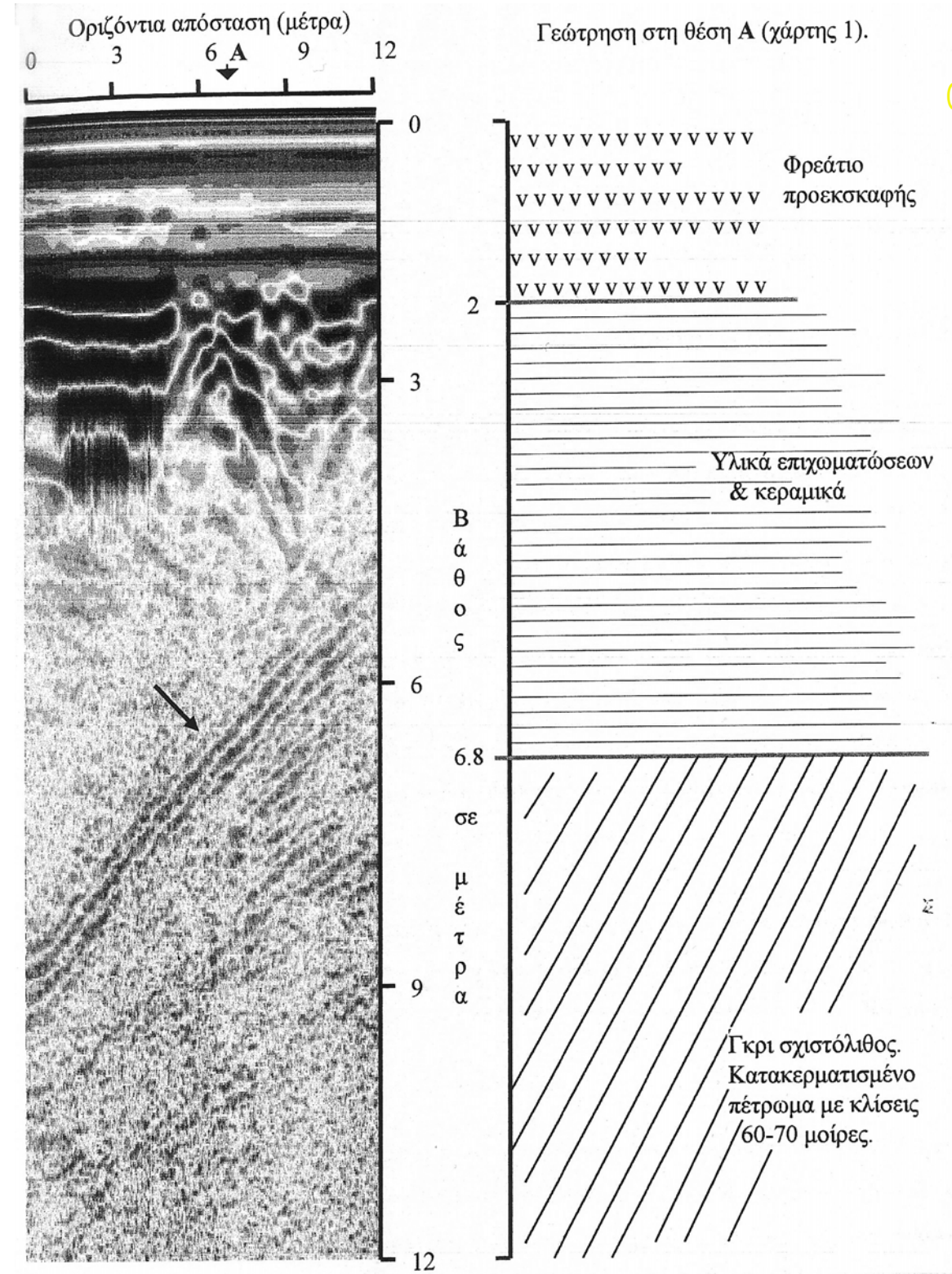
Έρευνα των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών με γεωτρήσεις, οι περισσότερες από τις οποίες έγιναν με συνεχή πυρηνοληψία δειγμάτων από έδαφος και πέτρωμα, ενώ μερικές χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή επί τόπου δοκιμών για να διερευνηθούν καλύτερα οι συνθήκες που επικρατούν στις στάθμες όπου κατασκευάζεται το έργο, αλλά και για την εγκατάσταση ειδικών οργάνων γεωτεχνικής παρακολούθησης.

- Γεωφυσικές έρευνες, χρησιμοποιώντας ποικίλες τεχνικές, όπως το ραντάρ εδάφους που διαπερνά το έδαφος εντοπίζοντας θαμμένα στοιχεία και υπόγειους ποτάμιους διαύλους.

- Μέτρηση στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας για να υπολογισθεί η γενική διεύθυνση της ροής των υδάτων εδάφους, καθώς και οι ετήσιες διακυμάνσεις της στάθμης των υδάτων αυτών για τον καλύτερο σχεδιασμό του έργου.

- Ανάπτυξη βασικών παραμέτρων αντοχής του εδάφους και του πετρώματος για να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη των κατασκευών του έργου. Οι παράμετροι βασίζονται σε αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών δειγμάτων εδάφους και βράχου και σε άλλα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν με επί τόπου δοκιμές.

- Εκτεταμένο πρόγραμμα γεωτεχνικής παρακολούθησης πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη διεξαγωγή των εργασιών εκσκαφής εκτελείται τόσο για την ασφάλεια των υπερκειμένων ή/και παρακειμένων κτισμάτων και κατασκευών, όσο και για την επιβεβαίωση των παραδοχών σχεδιασμού του έργου.



- Κατακόρυφη ηλεκτρομαγνητική τομή του εδάφους με γεωραντάρ επί του Ανατολικού τμήματος της οδού Όθωνος και η σύγκρισή της με την γεώτρηση του Ολυμπιακού Μετρό, Paramarinopoulos & Papaioannou, (1997).

Γενικός εξοπλισμός λατομείων



•Αεροκίνητα ασάλινα τρυπάνια (για κατακόρυφη, οριζόντια ή κεκλιμένη διάτρηση, χειρωνακτική ή επικολλημένη σε ειδικές συσκευές), συνήθως διαμέτρου 34 χιλ.



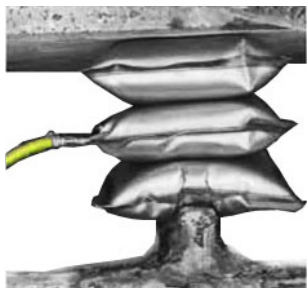
•Αεροκίνητα τρυπάνια κατακόρυφων σφυριών (για την παραγωγή των κάθετων τρυπών για την εισαγωγή του καλωδίου διαμαντιών), συνήθως στη διάμετρο 85-90 χιλ.



•Μηχανές καλωδίων διαμαντιών (για τις μεγάλες αρχικές αποκοπές)
•Μικρότερες μηχανές καλωδίων διαμαντιών (για τις δευτεροβάθμιες αποκοπές)



•Αλυσοπρίονα (για τις γρήγορες, απλές κάθετες και οριζόντιες αποκοπές στα μεγάλα μέτωπα λατομείων)



•υδραυλικά μαξιλάρια (για τη διεύρυνση του διαστήματος μεταξύ των κομμένων πάγκων ή για τις στενές ενάρξεις διάσπασης)

•Γερανοί Derrick (για το χειρισμό των ορθογώνιων όγκων ή του βαριού εξοπλισμού)



•Υδραυλικές διαχωριστικές σφήνες (για τρυπημένα με τρυπάνι τα διάσπαση τμήματα)



•Υδραυλικοί γρύλοι (για την κλίση των τραπεζών)



•στάσιμα πρίονα καλωδίων (για τον σχηματισμό των ορθογώνιων όγκων)



•Φορτωτές, εκσκαφείς, φορητά



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

Οι διαφορετικές μηχανές εξόρυξης έχουν διαφορετικές λειτουργίες που πρέπει να αξιολογηθούν σύμφωνα με τους ακόλουθους παράγοντες:

- τύπος βράχων (σκληρός, μαλακός, λειαντικός, κ.λπ.)
- συγκεκριμένη διαμόρφωση του λατομείου
- παραγωγή ή αποκατάσταση λατομείων (κανονικά μεταξύ 25 και 50%)
- αξία του υλικού
- ζητούμενη ταχύτητα παραγωγής
- συγκεκριμένες δαπάνες εργαλείων
- υποτίμηση μηχανών
- κόστος εργασίας
- Άλλο

|Διαχείριση λατομείων|

Η βέλτιστη μέθοδος εκμετάλλευσης είναι απόφαση της διαχείρισης του λατομείου. Η βασική μέθοδος εξόρυξης είναι με τρυπάνι και με κοπή αδαμάντινων καλωδίων. Σε πολλές περιπτώσεις, ιδιαίτερα για μάρμαρο και τραβερτίνη χρησιμοποιούνται αλυσίδες κοπής.

Η ταχύτητα διάτρησης εξαρτάται από τον τύπο του βράχου. Σε γενικές γραμμές κυμαίνεται από 50 έως 80 cm/min με τη νέα γενιά των αεροκίνητων σφυριών. Ανάλογα με τη διαχωριστική ικανότητα του υλικού, το διάστημα των τρυπών κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 εκατ. Για τη λήψη 1 μ2 της επιφάνειας, απαιτούνται κατά προσέγγιση 6 γραμμικά μέτρα διάτρησης. Κατόπιν τα τρυπημένα μέτωπα πρέπει να χωριστούν με τη βοήθεια ανατίναξης. Συνήθως χρησιμοποιούνται 8-12 g/m PTNE (σκοινί πυροδότησης) του pentrite. Δύο τρυπημένα μέτωπα ενός όγκου ή ένας πάγκος μπορούν να ανατιναχτούν ταυτόχρονα, τα άλλα 4 πρόσωπα πρέπει να είναι ελεύθερα ειδάλλως ο όγκος θα καταστραφεί μαζί με μέρος της κατάθεσης. Σαν εναλλακτική λύση της αεροκίνητης διάτρησης χρησιμοποιείται η υδραυλική διάτρηση. Αυτή η μέθοδος είναι εξαιρετικά αποδοτική αλλά δεν μπορεί να επιτευχθεί με χειρωνακτικό εξοπλισμό ή τις απλές συσκευές όπως στην περίπτωση αεροκίνητης διάτρησης. Τα υδραυλικά τρυπάνια πρέπει να τοποθετηθούν στα τρακτέρ, τους εκσκαφείς, τους μπροστινούς φορτωτές ή άλλες βαριές συσκευές που είναι πολύ ακριβοί. Επομένως η υδραυλική διάτρηση χρησιμοποιείται κυρίως όταν το εργατικό δυναμικό είναι πολύ ακριβό.

|Κοπή καλωδίων|

Η κοπή καλωδίων έχει γίνει αρκετά δημοφιλής τα τελευταία 20 χρόνια στα μαρμάρια λατομεία και τα τελευταία 10 χρόνια στα λατομεία γρανίτη. Ένα πριόνι καλωδίων διαμαντιών μπορεί να λειτουργήσει χωρίς χειριστή. Τα πρώτα σύγχρονα καλώδια πριόνια για γρανίτη συνήθιζαν να έχουν μηχανικούς εναλλάκτες ταχύτητας που φθείρονταν γρήγορα και κατανάλωναν πολλή ενέργεια. Οι τελευταίες μηχανές παραγωγής έχουν τώρα μηχανές αναστροφής που αλλάζουν την ταχύτητα κοπής εναλλάσσοντας την συχνότητα. Κατά αυτόν τον τρόπο όλη η απορροφημένη ενέργεια διαβιβάζεται άμεσα στο αδαμάντινο καλώδιο (ο σφόνδυλος τοποθετείται άμεσα στον άξονα της μηχανής). Τα πριόνια καλωδίων των λατομείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις μεγάλες αρχικές κοπές (μέχρι 300 μ2.) καθώς επίσης και για τις μικρές κοπές των πάγκων. Όσον αφορά την ικανότητα μηχανών, μπορεί να θεωρηθεί ότι η εγκατεστημένη δύναμη μηχανών σε ίππους, επί 3, δίνει τη μέγιστη κοπή σε μ2 στο μάρμαρο και επί 4 στο γρανίτη. Παραδείγματος χάριν, ένα μαρμάρينو πριόνι λατομείων με 45 HP εγκατεστημένης δύναμης μπορεί να κόψει έναν πάγκο μέχρι 45 X 3 = 135 μ2. Αν και ο γρανίτης είναι πολύ σκληρότερος από το μάρμαρο, οι κοπές στον γρανίτη μπορούν να είναι πολύ μεγαλύτερες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κοπή στο μάρμαρο αφήνει το καλώδιο να διαπεράσει εύκολα στο υλικό και επομένως η τριβή γίνεται υψηλή. Στο γρανίτη το καλώδιο διαπερνά πολύ αργά και έτσι υπάρχει λιγότερη τριβή (αλλά η κοπή προχωρά πιο αργά).

|Κοπή αλυσίδων|

Όσον αφορά τις αλυσίδες κοπής, οι καλύτερες συνθήκες είναι στην περίπτωση λατομείων με μεγάλο μέτωπο όπου η μηχανή μπορεί να κόψει σε συνέχεια το κατώτατο σημείο του πάγκου οριζόντια. Σε εκείνη την περίπτωση κανένας χρόνος δεν χάνεται για την επανατοποθέτηση των ραγών. Μετά την κατώτατη κοπή μπορούν να γίνουν οι κάθετες τρύπες (με το λεπτό τρυπάνι) που καταλήγουν στην κατώτατη αυλάκωση που έχει δημιουργηθεί από την αλυσίδα και έτσι η εργασία μπορεί να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα πάλι με τις αλυσίδες κοπής.

|Αντοχή και Ιδιότητες υλικού|

Όπως αναλύθηκε προηγουμένως το γεωλογικό υπόβαθρο της Αθήνας αποτελείται από σειρά γεωλογικών σχηματισμών, γνωστοί ως 'Αθηναϊκός Σχιστόλιθος', κυρίως στην περιοχή του Λυκαβηττού. Ποικίλοι παράγοντες που ελέγχουν την ποιότητα και τη συμπεριφορά των υλικών της βραχομάζας είναι η εκτεταμένη αποσάθρωση και η εξαλλοίωση των σχηματισμών. Έτσι η βραχομάζα είναι πολύ ανομοιογενής και ανισότροπη όχι μόνο στη μακροσκοπική-γεωτεκτονική κλίμακα της λεκάνης των Αθηνών, αλλά κυρίως στη μεσοσκοπική κλίμακα των εκσκαφών σηράγγων. Αυτή η εγγενής ανομοιογένεια των πετρωμάτων του 'Αθηναϊκού Σχιστόλιθου' δημιουργεί αβεβαιότητα κατά το συσχετισμό γειτονικών γεωτρήσεων, γεγονός που καθιστά εξαιρετικά δύσκολο τον σχεδιασμό αξιόπιστων γεωλογικών τομών. Οι τεταρτογενείς σχηματισμοί που έχουν αποτεθεί πάνω από τον 'Αθηναϊκό Σχιστόλιθο' αποτελούνται από ποτάμιες αποθέσεις (αργιλικά και αμμώδη υλικά και κροκαλοπαγή συνήθως μικρού πάχους). Επίσης μεγάλες περιοχές καλύπτονται από διλουβιακές αποθέσεις ανάμεσα στους λόφους και αποτελούνται από αργίλους, ιλύες και άμμους σε εναλλαγές με λατυποπαγή χαλαρά συγκολλημένα. Οι αποθέσεις αυτές δημιουργήθηκαν κατά τους ιστορικούς χρόνους. Ο 'Αθηναϊκός Σχιστόλιθος' αποτελείται γενικά από πετρώματα με μικρή περατότητα με εξαίρεση την παρουσία πετρωμάτων με μεγάλο δευτερογενές πορώδες (ανοικτές ασυνέχειες, καρστικά έγκοιλα σε ασβεστολιθικά πετρώματα, κατακερματισμένο υλικό σε συμπαγή πετρώματα). Γενικά, δεν βρέθηκαν μεγάλες ποσότητες υπογείων υδάτων που θα δυσκόλευαν τις εκσκαφές παρ'όλο που τα πιεζόμετρα έδειχναν στάθμες μερικά μόνο μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Μέθοδοι υπόγειου σχεδιασμού και κατασκευής³

Η υπόγεια διαμόρφωση του καταφυγίου αποτελείται κυρίως από σήραγγες που οδηγούν σε στοές και άλλους μεγάλους θαλάμους και οι οποίες βοηθούν στην μεταξύ τους επικοινωνία. Οι ανοιχτοί αυτοί χώροι που χαρακτηρίζονται από μεγάλα ύψη και περιστασιακές διαμορφώσεις προβόλων απαιτούν ειδικές μεθόδους να κατασκευαστούν και να στηριχθούν, όπως θα αναλυθούν παρακάτω.

“Σχεδιασμός θαλάμων και ευσταθούς υπόγειας εκμετάλλευσης”

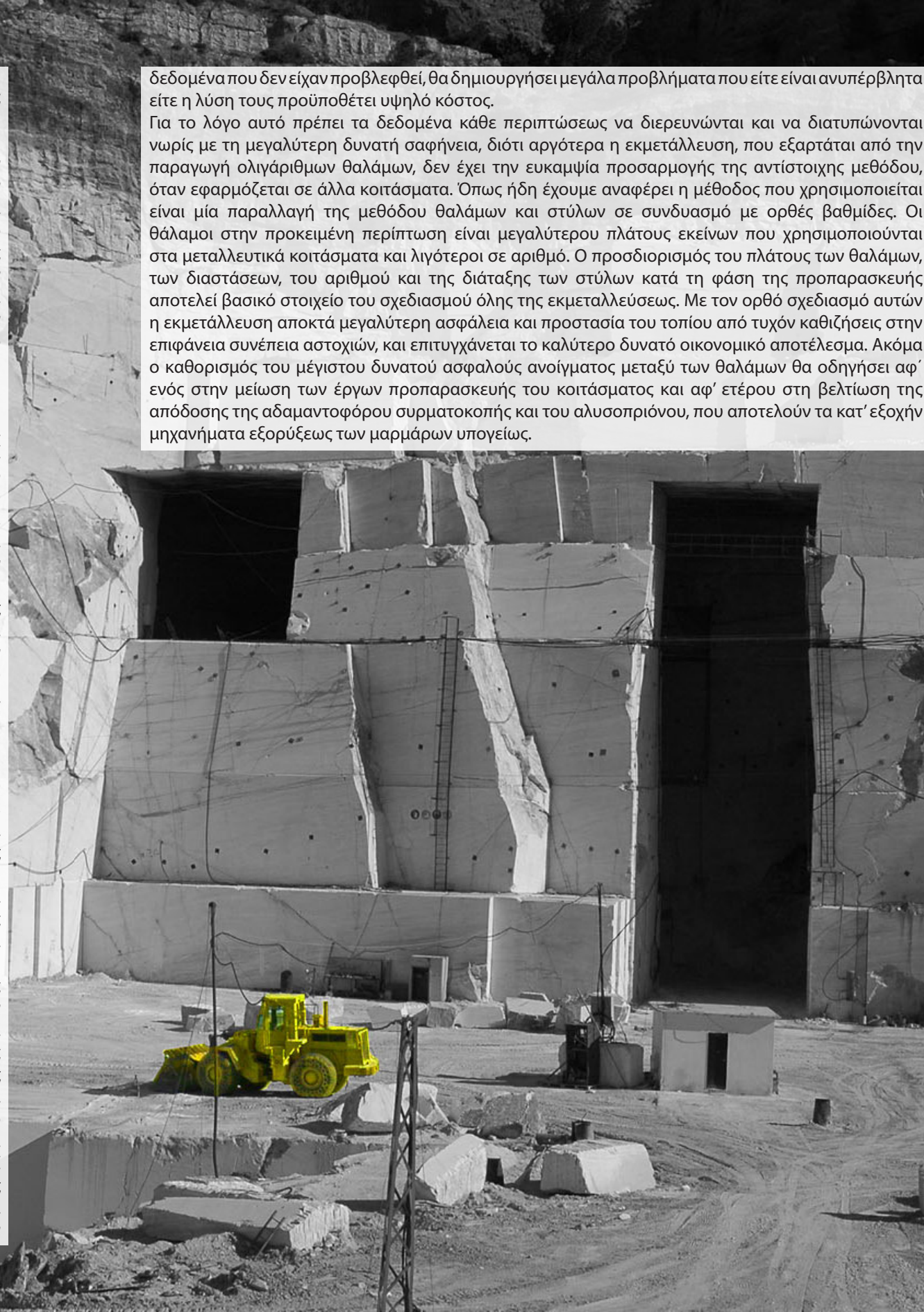
Στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις κοιτασμάτων ο σχεδιασμός των αυτοϋποστηριζόμενων ανοιγμάτων όπως είναι οι θάλαμοι είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα γιατί εξαρτάται από την αξιολόγηση από κατασκευαστικής πλευράς της αντοχής των υπερκειμένων στρωματοειδών συνήθως πετρωμάτων. Εμπειρικές σχέσεις και διάφορες γεωμηχανικές ταξινομήσεις επιλύουν τις περισσότερες φορές ικανοποιητικά το πρόβλημα αυτό, αφού η θεωρητική του επίλυση παρουσιάζει αδυναμίες.

Πολύ δυσχερέστερο προς την επίλυση και ταυτοχρόνως πολύ σοβαρότερο, διότι τυχόν εσφαλμένη αντιμετώπιση του δημιουργεί σημαντικά μελλοντικά προβλήματα είναι το αντίστοιχο πρόβλημα στην περίπτωση υπογείου εκμεταλλεύσεως κοιτασμάτων μαρμάρων. Τούτο διότι το άνοιγμα των θαλάμων είναι απαραίτητα πολύ μεγαλύτερο εκείνου των άλλων μη μαρμαρικών κοιτασμάτων καθώς η εκμετάλλευση προχωράει με ορθές βαθμίδες σε μεγάλα βάθη, η παραγωγή εξαρτάται από την ασφαλή συμπεριφορά ολίγων θαλάμων, τα χαρακτηριστικά του μαρμάρου διαφοροποιούνται σημαντικά σε σχέση με εκείνα των άλλων κοιτασμάτων, υπάρχει μεταβολή του εντατικού πεδίου καθώς η εκμετάλλευση προχωρεί σε βάθος και ακόμη διότι η σχετική βιβλιογραφία είναι εξαιρετικά πτωχή, αφού τέτοια προβλήματα άρχισαν να εμφανίζονται, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, μόλις τα τελευταία χρόνια καθώς για περιβαλλοντικούς ή για άλλους λόγους αναπτύχθηκε η υπόγειος εκμετάλλευση μαρμάρων. Είναι λοιπόν πολύ δύσκολο να απεικονίσουμε με μαθηματικές σχέσεις όλες τις παραμέτρους και να καταλήξουμε σε ένα συγκεκριμένο αριθμητικό αποτέλεσμα.

Για το λόγο αυτό σε όλες τις περιπτώσεις ο σχεδιασμός των θαλάμων και των στύλων γίνεται εμπειρικά. Οι μηχανικοί βασίζονται 90% σε γνώσεις από άλλες εκμεταλλεύσεις στο εξωτερικό (κυρίως στην Ιταλία) τις οποίες προσαρμόζουν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κοιτάσματος. Βέβαια αυτό δεν σημαίνει ότι οι εργασίες αυτές γίνονται αφηρημένα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οποιοσδήποτε αρχικός σχεδιασμός της εκμεταλλεύσεως, ο οποίος αργότερα θα αποδειχθεί εσφαλμένος, όταν προκύψουν

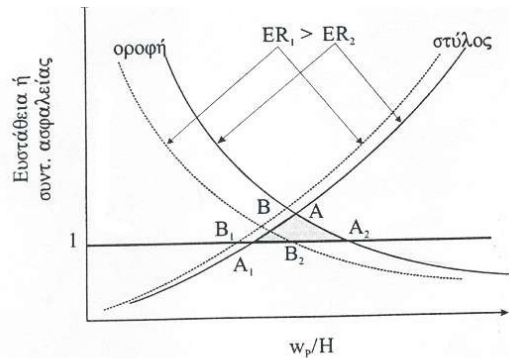
δεδομένα που δεν είχαν προβλεφθεί, θα δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα που είτε είναι ανυπερέβλητα είτε η λύση τους προϋποθέτει υψηλό κόστος.

Για το λόγο αυτό πρέπει τα δεδομένα κάθε περιπτώσεως να διερευνώνται και να διατυπώνονται νωρίς με τη μεγαλύτερη δυνατή σαφήνεια, διότι αργότερα η εκμετάλλευση, που εξαρτάται από την παραγωγή ολιγάριθμων θαλάμων, δεν έχει την ευκαμψία προσαρμογής της αντίστοιχης μεθόδου, όταν εφαρμόζεται σε άλλα κοιτάσματα. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι μία παραλλαγή της μεθόδου θαλάμων και στύλων σε συνδυασμό με ορθές βαθμίδες. Οι θάλαμοι στην προκειμένη περίπτωση είναι μεγαλύτερου πλάτους εκείνων που χρησιμοποιούνται στα μεταλλευτικά κοιτάσματα και λιγότεροι σε αριθμό. Ο προσδιορισμός του πλάτους των θαλάμων, των διαστάσεων, του αριθμού και της διάταξης των στύλων κατά τη φάση της προπαρασκευής αποτελεί βασικό στοιχείο του σχεδιασμού όλης της εκμεταλλεύσεως. Με τον ορθό σχεδιασμό αυτών η εκμετάλλευση αποκτά μεγαλύτερη ασφάλεια και προστασία του τοπίου από τυχόν καθιζήσεις στην επιφάνεια συνέπεια αστοχιών, και επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό οικονομικό αποτέλεσμα. Ακόμα ο καθορισμός του μέγιστου δυνατού ασφαλούς ανοίγματος μεταξύ των θαλάμων θα οδηγήσει αφ' ενός στην μείωση των έργων προπαρασκευής του κοιτάσματος και αφ' ετέρου στη βελτίωση της απόδοσης της αδαμαντοφόρου συρματοκοπής και του αλυσοπριόνου, που αποτελούν τα κατ' εξοχήν μηχανήματα εξορύξεως των μαρμάρων υπογείως.



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

Το πρόβλημα λοιπόν του σχεδιασμού των θαλάμων και στύλων σε ασυνεχές πέτρωμα μπορεί να διατυπωθεί ως ακολούθως: «Να ευρεθεί ο συνδυασμός εκείνος των διαστάσεων του πλάτους του θαλάμου WR, του στύλου WP και του ύψους H των θαλάμων, (εάν το τελευταίο δεν είναι εκ των προτέρων δεδομένο), που να δίνουν αποδεκτή ευστάθεια της οροφής των θαλάμων και των στύλων, καθώς επίσης και αποδεκτή απόληψη ER του μαρμάρου.» Στην πράξη για να ικανοποιείται η παραπάνω διατύπωση πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω απαιτήσεις:

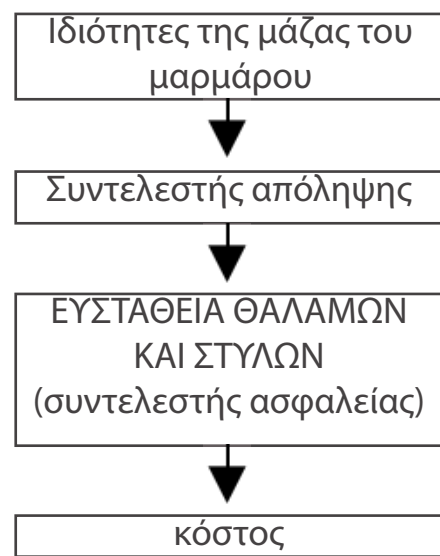


Διάγραμμα ευστάθειας θαλάμων και στύλων

- Επίτευξη υψηλής απόληξης με παράλληλο έλεγχο της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος (χρώμα, ανομοιογένεια, μικρορωγμές, διαστάσεις) χωρίς να εκδηλωθεί αστάθεια του στύλου ή της οροφής (βλ. σχήμα 1).

- Ανάπτυξη όσο το δυνατόν απλής μεθοδολογίας βασισμένης σε επίτπου μετρήσεις και καταλλήλων δεδομένων (δομή, μηχανικές ιδιότητες της μάζας του πετρώματος, γεωμετρία των εκσκαφών) για τον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των θαλάμων και των στύλων εντός λογικών πλαισίων ασφαλείας (βλ. σχήμα 1).

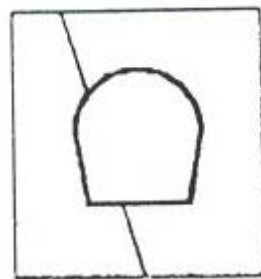
- Ανάπτυξη γενικά απλών προσεγγιστικών μεθόδων εκτιμήσεως των ορίων εντός των οποίων κυμαίνονται τα φορτία αστοχίας ή ο συντελεστής ασφαλείας μίας υπόγειας εκμετάλλευσης τοπικά ή συνολικά χωρίς όμως να παραβλέπονται βασικά στοιχεία του προβλήματος. Εάν πληρούνται και οι τρεις αυτές απαιτήσεις ο σχεδιασμός σε γενικές γραμμές θα είναι επιτυχής και τυχόν μικροπροβλήματα που θα εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της εξόρυξης θα μπορούν να αντιμετωπιστούν με κάποιες αναπροσαρμογές.



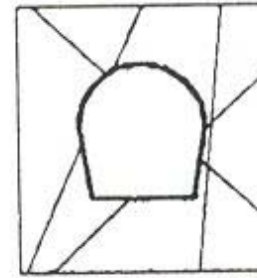
σχήμα 1

Αστοχία πετρώματος:

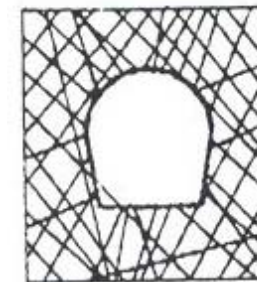
Οπότε γενικά οι ανωτέρω αναφερθέντες βασικοί τρόποι αστοχίας του πετρώματος σε υπόγειες εκμεταλλεύσεις, που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη κατά τον σχεδιασμό δεδομένης εκμεταλλεύσεως, μπορούν να διερευνηθούν με βάση τους κομούς του πετρώματος. Διακρίνουμε τρεις τύπους πετρώματος ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κομών τους:



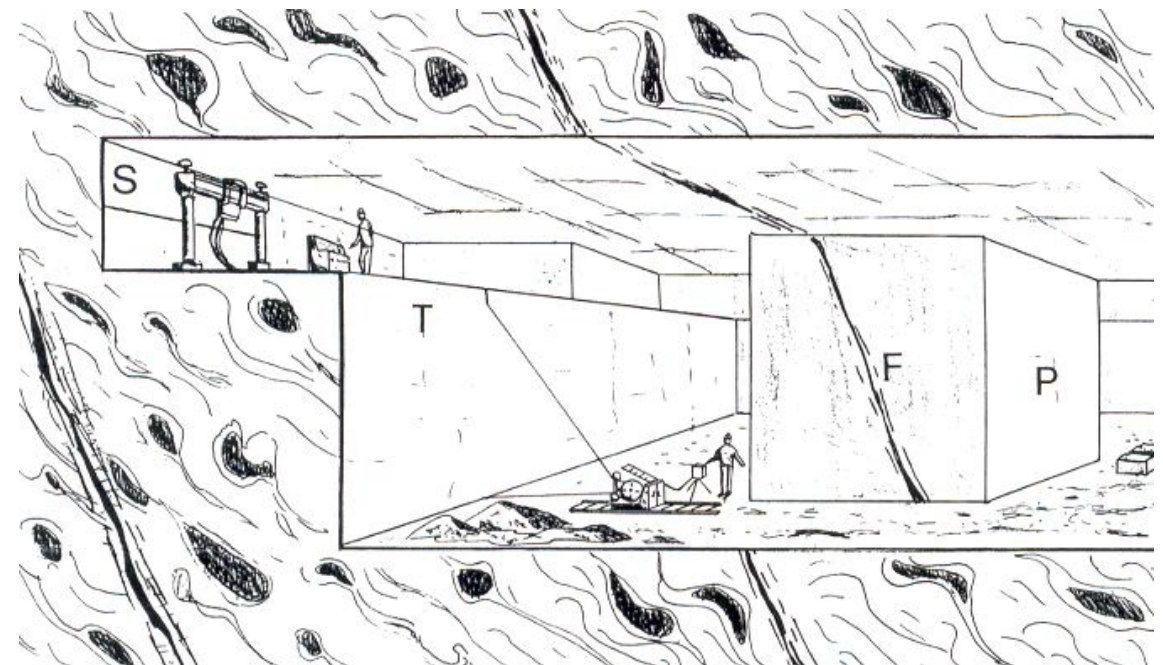
- Τύπος Α: Σχεδόν άρρηκτο πέτρωμα με τυπική απόσταση κομών μεγαλύτερη της τυπικής διαστάσεως των εκσκαφών, που πραγματοποιούνται εντός του πετρώματος.



- Τύπος Β: Πέτρωμα που διασχίζεται από αραιό δίκτυο κομών, με τυπική απόσταση κομών συγκρίσιμη με εκείνη των εκσκαφών εντός του πετρώματος.



- Τύπος Γ: Έντονα κατατμημένο από κομούς πέτρωμα με τυπική απόσταση των κομών πολύ μικρότερη από αυτή των διαστάσεων των εκσκαφών εντός του πετρώματος.



Εικόνα 1: Στύλος υποστηρίξεως τοποθετημένος σε θέση όπου περνάει μεγάλος κομός

Στύλοι υποστήριξης

Για το λόγο αυτό οι κομοί θα αποτελέσουν κριτήριο μόνο όσον αφορά την θέση των θαλάμων και στύλων. Συγκεκριμένα τα σημεία όπου εμφανίζεται το χειρότερο ποιοτικά μάρμαρο θα είναι τα σημεία όπου θα σχεδιαστούν οι στύλοι (εικόνα 1). Ακόμα και στην περίπτωση όπου το μάρμαρο σε αυτά τα σημεία είναι ιδιαίτερα κακής ποιότητας θα επιμείνουμε στην κατασκευή τους στα σημεία αυτά- πλην ακραίων περιπτώσεων - υποστηρίζοντας τους με κάθε δυνατό τρόπο (αγκύρια, προεντεταμένα συρματόσχοινα, μεταλλικοί δακτύλιοι, πλήρωση των ασυνεχειών με ένεμα κτλ). Έτσι θα εξορύσσουμε κάθε πιθανό όγκο και θα περιορίσουμε τις απώλειες. Επίσης είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε ότι καθώς σχεδόν πάντα οι κομοί έχουν ποικίλες κλίσεις το γεγονός ότι στο πρώτο επίπεδο έχουμε συγκεκριμένη ποιότητα μαρμάρου σε κάποια σημεία δεν αποτελεί κριτήριο επιλογής της θέσεως των στύλων. Είναι αναγκαίο είτε η καταγραφή να γίνει σε μεγάλες επιφάνειες που θα δίνουν εικόνα για το σύνολο της εκμετάλλευσης σε όλο το ύψος της είτε να γίνει μελέτη για την συνέχεια τους μέσα στα κατώτερα επίπεδα. Τότε και μόνον τότε θα είναι δυνατόν να κάνουμε σωστή τοποθέτηση των στύλων στο χώρο. Ανάλογα με την τοποθέτηση των στύλων θα γίνει και ο σχεδιασμός των θαλάμων. Οι

μέγιστες διαστάσεις των θαλάμων καθορίζονται όπως αναλύθηκε παραπάνω από το τασικό πεδίο και στην πράξη θα έχουν το μεγαλύτερο πλάτος που επιτρέπεται σύμφωνα με αυτό σε συνδυασμό με τον επιθυμητό συντελεστή ασφαλείας.

Όμως η καταγραφή των κομών σε μία μικρότερη κλίμακα θα δώσει τις απαραίτητες πληροφορίες για τα συγκεκριμένα σημεία όπου αυτοί θα τέμνουν την οροφή, τις παρειές και τους στύλους και συνεπώς θα σχηματίζουν ογκοτεμάχια (σφήνες) τα οποία είναι πιθανόν να αστοχήσουν. Η φάση όμως αυτή δεν γίνεται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των θαλάμων και στύλων γιατί συνήθως τότε τα στοιχεία που διαθέτουμε δεν είναι επαρκή για τέτοιους λεπτομερείς υπολογισμούς. Οι πληροφορίες αυτές συνήθως συλλέγονται καθώς προχωράει η εκμετάλλευση και αξιολογούνται με σκοπό να προβλέπονται οι σφήνες που είναι δυνατόν να εμφανιστούν στα επόμενα μέτρα της εκμεταλλεύσεως. Με τον τρόπο αυτό μόλις αποκαλύπτονται, είτε είναι αυτές στην οροφή είτε στις παρειές είτε στους στύλους, θα ακολουθεί η κατάλληλη υποστήριξη ή κατακρέμηση τους. Όπως ήδη αναφέρθηκε οι σφήνες αυτές είναι δυνατόν να αστοχήσουν είτε με πτώση είτε με ολίσθηση.

Υποστήριξη:

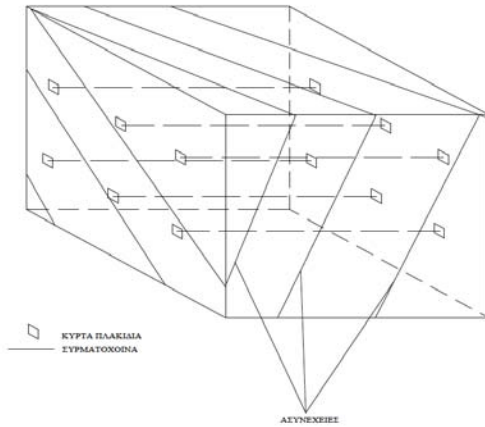
Η βασική μέθοδος υποστήριξης που χρησιμοποιείται στα υπόγεια λατομεία μαρμάρου είναι οι στύλοι για την παραλαβή των ασκούμενων πιέσεων και η αγκύρωση για την υποστήριξη των δημιουργούμενων κενών. Για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας πτώσης μικρών τεμαχίων χρησιμοποιούνται πλέγματα όπου το πέτρωμα είναι σαθρό ή υπάρχουν ανοικτά ρήγματα. Χρησιμοποιούνται επίσης προεντεταμένα συρματόσχοινα για την ενίσχυση της ίδιας αντοχής των στύλων. Τέλος, σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις κατασκευάζονται πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα.



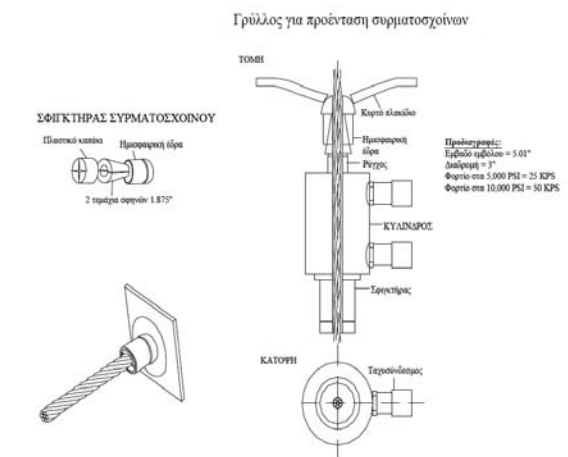
Εικόνα 2: Τοποθετημένα πλέγματα σε ανοικτό κομό

“Συρματόσχοινα για την ενίσχυση των στύλων”

Λόγω του ότι αφενός το ύψος των στύλων στις υπόγειες εκμεταλλεύσεις μαρμάρου είναι εξαιρετικά μεγάλο και αφετέρου η τοποθέτησή τους γίνεται συνήθως σε θέσεις ιδιαίτερα ρηγματωμένου πετρώματος, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την ενίσχυση τους. Ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος είναι αυτός με προεντεταμένα συρματόσχοινα. Η προένταση των συρματοσχοίων αυξάνει τις κάθετες δυνάμεις στην επιφάνεια των κομών εμποδίζοντας την σχετική κίνηση μεταξύ των διαφόρων όγκων πετρώματος που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αστοχία (σχήμα 2).



Σχήμα 2: Τοποθέτηση των συρματόσχοινων σε στύλο με κομούς



Σχήμα 3: Τα διάφορα μέρη του συρματόσχοινου

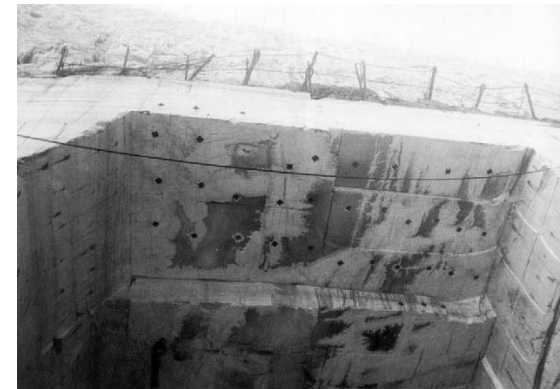
Αγκύρωση οροφής:

Για αιώνες η υποστήριξη της οροφής υπογείων εκσκαφών ήταν εξωτερικές και παθητικές. Το 1927 ένα μεταλλείο στις Η.Π.Α. άρχισε να χρησιμοποιεί μία νέα τεχνολογία υποστήριξης. Στην αρχή ήταν πρωτόγονοι κοχλίες με σφήνες. Αυτή ήταν η πρώτη φορά που εφαρμόστηκαν εσωτερικές δυνάμεις ενίσχυσης της αντοχής των στρωμάτων της οροφής, καθιστώντας το σύστημα υποστήριξης ενεργό. Το 1943 ο Weigel εισήγαγε τις βασικές αρχές της αγκύρωσης οροφής σαν μία συστηματική μέθοδο υποστήριξης:

- Υποστήριξη του πετρώματος κάτω από τη ζώνη χαλάρωσης (ανάρτηση).

- Κοχλίωση αδύναμων, λεπτών στρωμάτων, ώστε να δημιουργηθεί μία δοκός (δημιουργία δοκού).

- Εφαρμογή της αγκύρωσης όσο το δυνατόν νωρίτερα μετά την προχώρηση του μετώπου.



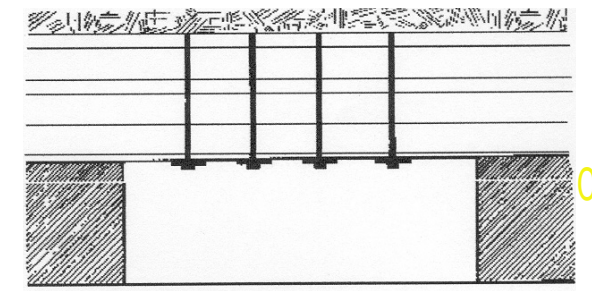
Εικόνα 3: Κοχλιωμένη οροφή



Εικόνα 4: Κομός σε στύλο πληρωμένος με ένεμα

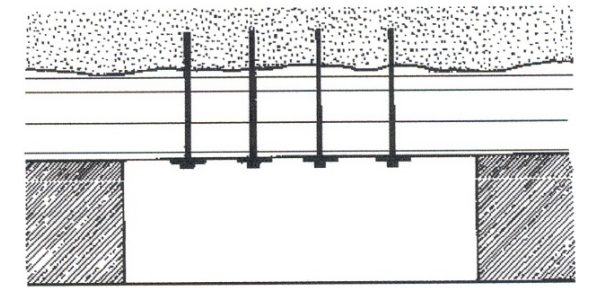
Είδη αγκυρώσεων:

• Ανάρτηση



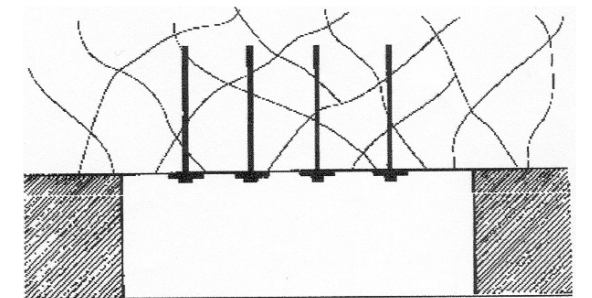
Φαινόμενο ανάρτησης στρωμάτων εντός της ζώνης χαλάρωσης από το υγιές πέτρωμα

• Δημιουργία δοκού



Φαινόμενο δημιουργίας δοκού με κοχλίωση

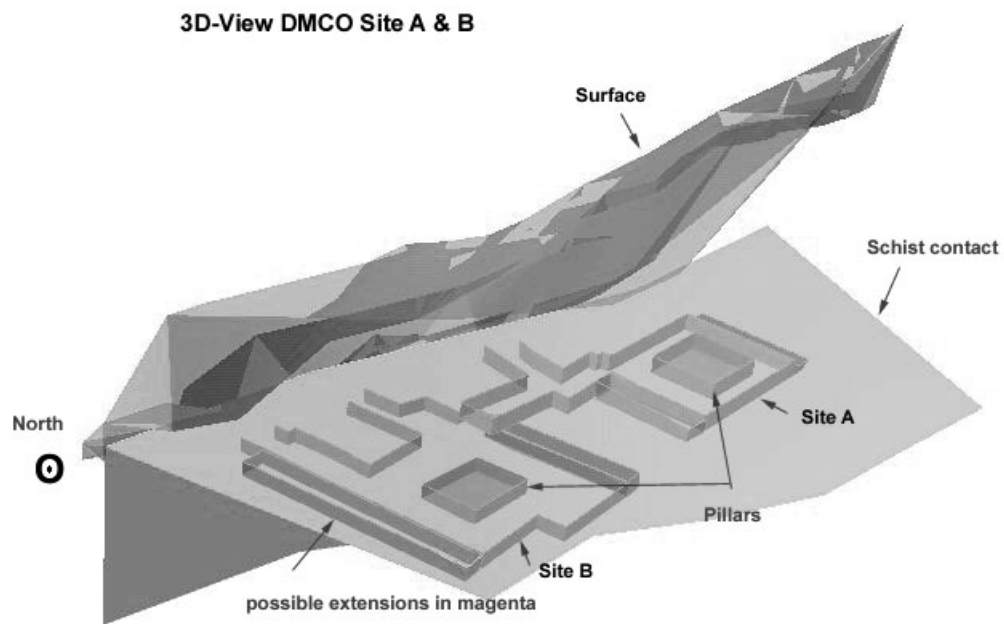
• Κλειδώματος



Φαινόμενο κλειδώματος λόγω κοχλίωσης

Σε περιπτώσεις μάλιστα όπου η οροφή είναι ιδιαίτερα κακής ποιότητας είναι ακόμα καλύτερο να υποστηρίξουμε την βάση της σφήνας με ειδικά ελάσματα μεγάλου μήκους στα διπλανά σταθερά μέρη της οροφής. Ακόμα αν υπάρχουν σημεία όπου το πέτρωμα είναι έντονα αποσαθρωμένο είναι απαραίτητο να καλύπτεται το μέρος αυτό της οροφής με πλέγματα έτσι ώστε να αποφευχθεί η πτώση μικρών τεμαχίων.

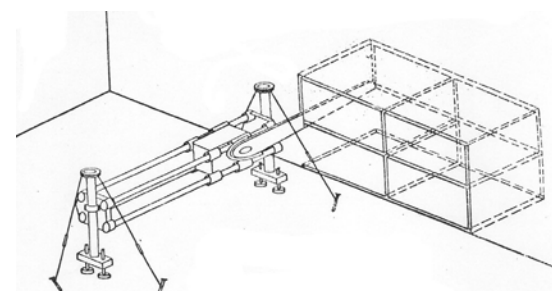
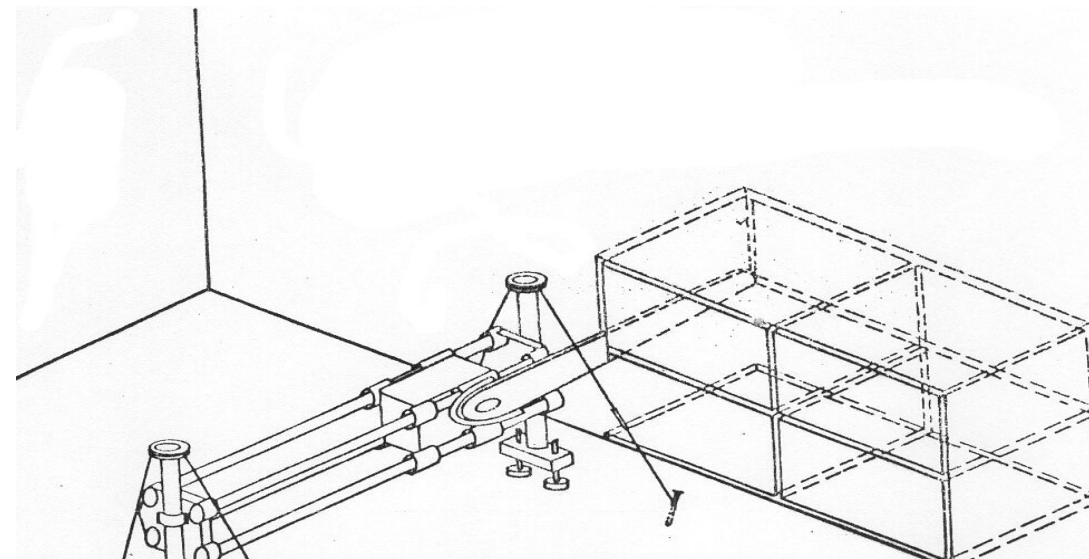
Εξόρυξη



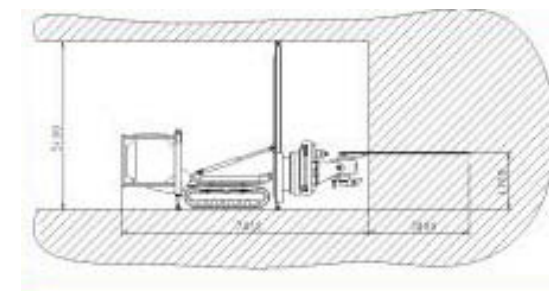
Σχήμα 4: Σχεδιασμός της δεύτερης και τρίτης υπόγειας εκμετάλλευσης στο χώρο

Η προσβολή του κοιτάσματος γίνεται υπό μορφή στοάς – θαλάμου και με μικρά φρέατα. Οι στοές δημιουργούνται στις κλίνες του όρους σε σημεία όπου η πόλη συναντά το όρος με πεζοδρόμους και κατακόρυφα τείχη που προστατεύουν από ολισθήσεις του εδάφους. Σε ορισμένες περιπτώσεις σκαλοπάτια που οδηγούν σε ψηλότερα σημεία του όρους εμποδίζουν την δημιουργία αυτών των στοών και επομένως αντικαθίστανται από εισόδους και εναλλακτικές διαδρομές ανάβασης όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Οι στοές αυτές έχουν αρχικά μικρό μήκος και οι διαστάσεις τους καθορίζονται από το χρησιμοποιούμενο μηχανικό εξοπλισμό και από τις απαιτήσεις του συστήματος μεταφοράς. Το πλάτος της στοάς είναι 6 μέτρα, το μήκος 1,7 έως 3 μέτρα ενώ το ύψος δεν ξεπερνάει σε αυτή τη φάση τα 3 μέτρα. Ο περιορισμός αυτός του ύψους προκύπτει τόσο από τις δυνατότητες του εξοπλισμού όσο και από την ανάγκη άμεσου ελέγχου της οροφής και των τοιχωμάτων του θαλάμου. Για τη διάνοιξη του θαλάμου προσπέλασης έχει γενικά προτιμηθεί η χρήση αλυσοπρίονου με καδένα επιτυγχάνοντας απαλή όρυξη. Η προχώρηση του θαλάμου γίνεται με την εξόρυξη ορθογωνικής μορφής ογκομαρμάρων, διατομής που καθορίζεται από

το πλάτος και το ύψος του θαλάμου και μήκους προχώρησης ανάλογα με τις δυνατότητες του χρησιμοποιούμενου μηχανήματος. Η κοπή των ογκομαρμάρων αρχίζει από το δάπεδο με τη όρυξη οριζόντιας εγκοπής, έτσι ώστε αφ' ενός μεν για να αποφευχθεί ο κίνδυνος να εγκλωβιστεί η λάμα του αλυσοπρίονου αν καθίσει ο πάγκος και αφ' ετέρου για να διαμορφωθούν τα ανοίγματα όπου θα μπουν οι συρματοκοπές. Το πάχος της εγκοπής είναι 43 χιλιοστά και το βάθος μεταξύ 1.7 και 3.0 μέτρων, ανάλογα με τις δυνατότητες του αλυσοπρίονου. Ακολουθεί η διάνοιξη παρόμοιας εγκοπής στην οροφή. Στη συνέχεια διανοίγονται κατακόρυφες εγκοπές στα όρια της στοάς ακριβώς στην αριστερή και δεξιά πλευρά (σχήμα 4). Το εύρος της εγκοπής επιτρέπει με τη βοήθεια κατάλληλου φωτισμού και προηγούμενο καθαρισμό της εγκοπής, τον οπτικό ποιοτικό έλεγχο της πίσω κοψιάς του προς εξόρυξη όγκου. Η διάνοιξη των οριζοντίων εγκοπών γίνεται σε δύο φάσεις, λόγω του περιορισμένου χώρου του θαλάμου και των κατασκευαστικών στοιχείων του αλυσοπρίονου.

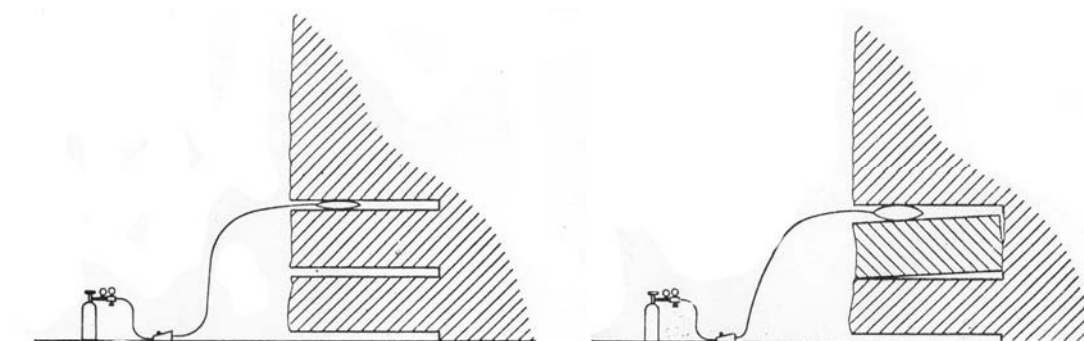


Σχήμα 5: Περιμετρική κοπή πάγκων με αλυσοπρίονο



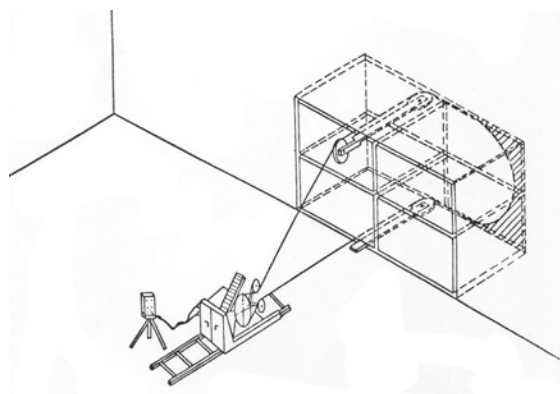
Σχήμα 6: Οριζόντια κοπή με αλυσοπρίονο

Για την διάνοιξη των κατακόρυφων εγκοπών, οι οποίες πραγματοποιούνται επίσης σε δύο φάσεις, ο βραχίονας τοποθετείται εγκάρσια στο μέτωπο, και με τέτοιο τρόπο ώστε το επίπεδο του να ταυτίζεται με το επίπεδο της κατακόρυφου. Μετά από την παραπάνω διαδικασία ο όγκος του μαρμάρου έχει κοπεί περιμετρικά και η μόνη επιφάνεια που τον συγκρατεί στο πέτρωμα είναι η εις βάθος παράλληλη με το μέτωπο. Μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης των περιμετρικών εγκοπών επιχειρείται η απόσπαση του όγκου από το μέτωπο. Στην περίπτωση που ο δείκτης ποιότητας RQD του πετρώματος είναι χαμηλός της τάξης του 40 – 60% η απόσπαση του όγκου γίνεται με τη βοήθεια των φυσικών επιπέδων αδυναμίας του πετρώματος. Συγκεκριμένα τοποθετούνται υδραυλικά μαξιλάρια εντός της εγκοπής της οροφής, η διόγκωση των οποίων έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη τάσεων στην επαφή του όγκου με το πέτρωμα αρκούντως υψηλών, ώστε να επιτυγχάνεται η απόσπαση του όγκου (σχήμα 7).



Σχήμα 7: Απόσπαση όγκου από το μητρικό πέτρωμα με υδραυλικά μαξιλάρια

Συνήθως όμως οι κομοί του πετρώματος δεν ευνοούν την εφαρμογή του παραπάνω τρόπου εξόρυξης, οπότε και εφαρμόζεται διαφορετικός τρόπος για την απόσπαση του όγκου από το πέτρωμα. Γίνεται δηλαδή μία ακόμη κοψιά παράλληλη στις πλαϊνές. Η κοψιά αυτή γίνεται στην πλευρά όπου η ποιότητα του μαρμάρου είναι χειρότερη και απέχει από την πλαϊνή 1,2 μέτρα. Στη συνέχεια αν το πέτρωμα είναι πολύ κακής ποιότητας τοποθετούνται υδραυλικά μαξιλάρια στην πλαϊνή εγκοπή και με την διόγκωση αυτών αποσπάται το υλικό που βρίσκεται ανάμεσα στις δύο αυτές κοψιές. Εάν η ποιότητα είναι καλή και δεν θέλουμε να καταστρέψουμε τον όγκο αυτό, τον αποκόβουμε με χρήσης συρματοκοπής και ειδική διάταξη τροχαλιών. Αφού εξορυχτεί αυτό το τμήμα λοιπόν έχει δημιουργηθεί μία μικρή βοηθητική στοά (πόρτα) η οποία, διευκολύνει το στήσιμο νέας συρματοκοπής για την διενέργεια μίας κοπής πίσω από το μέτωπο με χρήση της τελευταίας για την αποκοπή και του υπολοίπου του πάγκου. Μεταλλικοί ορθοστάτες με κατάλληλες τροχαλίες τοποθετούνται μέσα στην κατακόρυφη εγκοπή και το σύρμα της συρματοκοπής προσαρμόζεται σε αυτές, ώστε να βρεθεί σε θέση κατάλληλη για τη κοπή πίσω από το μέτωπο. Μετά το τέλος της κοπής το τμήμα του όγκου μεταξύ της παρειάς και της ενδιάμεσης κατακόρυφης εγκοπής είναι τελείως ελεύθερο και απομακρύνεται με τη βοήθεια φορτωτή.

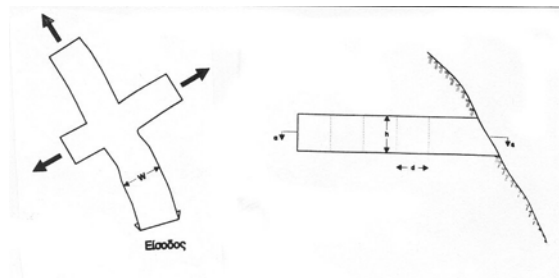


Σχήμα 8: Κοπή της πίσω από το μέτωπο πλευράς με συρματοκοπή

Τα ογκομάρμαρα που έχουν εξορυχτεί και μεταφερθεί εκτός της εκμετάλλευσης υφίστανται επί τόπου ορθογωνισμό από έμπειρο λατόμο. Μετά τον ορθογωνισμό τους φορτώνονται σε κατάλληλο φορτηγό αυτοκίνητο και οδηγούνται στο συγκρότημα επεξεργασίας της εταιρείας ή στη

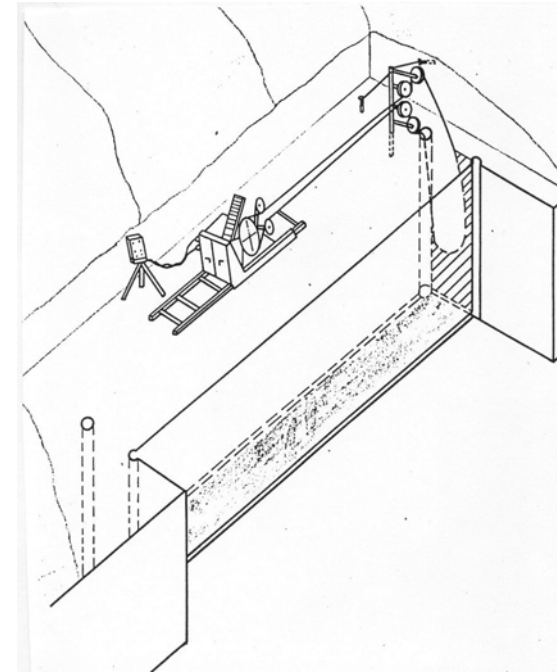
πλατεία προς διάθεση. Μέσα στην υπόγεια εξόρυξη ακολουθεί έλεγχος της οροφής και του μετώπου για σχηματισμό ασταθών όγκων πετρώματος και μετά την εξασφάλισή τους με κοχλίωση και την εφαρμογή της απαραίτητης υποστήριξης, το μέτωπο είναι έτοιμο για νέα προχώρηση. Ο κύκλος των παραπάνω εργασιών επαναλαμβάνεται για την εξόρυξη του επομένου ογκομαρμάρου κοκ.

Η προχώρηση του θαλάμου επιτυγχάνεται με την επανάληψη του καθορισμένου κύκλου εργασιών, όπως περιγράφηκε. Η προπαρασκευή του κοιτάσματος συνεχίζεται με την όρυξη μίας κεντρικής στοάς, εγκάρσια προς την αρχική (σχήμα 9), και την ανάπτυξη της ώστε να αποτελέσει την αφετηρία για την διάνοιξη άλλων εγκάρσιων στοών σε κανονικές ή όχι μεταξύ τους αποστάσεις που με τη σειρά τους θα αποτελέσουν την αφετηρία για την διάνοιξη νέων στοών κοκ. Οι στοές αυτές διευρύνονται σχηματίζοντας θαλάμους ανοίγματος από 9 έως 18 μέτρα ανάλογα με την ποιότητα του πετρώματος. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα δίκτυο θαλάμων και στύλων συμμετρικό ή όχι ως προς τον κεντρικό θάλαμο ανάπτυξης και σημαντικών ενίοτε διαστάσεων, που εξαρτώνται από την προβλεπόμενη επέκταση της εκμετάλλευσης.

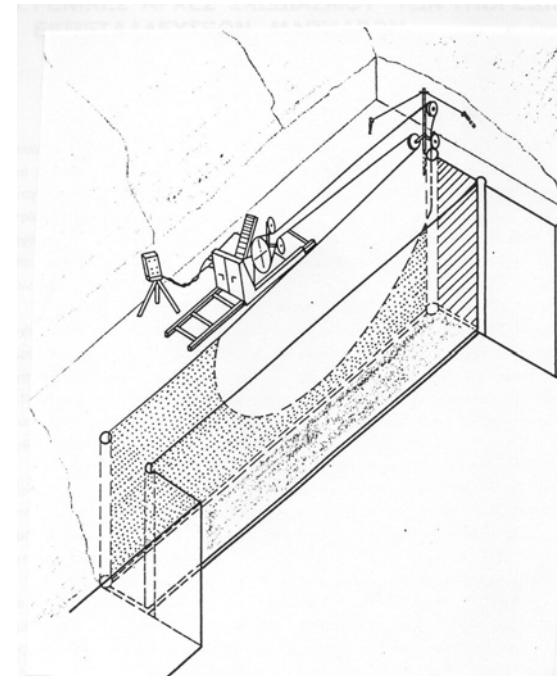


Σχήμα 9: Προχώρηση εγκάρσια σε στοά

Εις βάθος κοπή



Σχήμα 10: Κοπή πλαϊνής και παράλληλης πλευράς με συρματοκοπή



Σχήμα 11: Κοπή πλευράς παράλληλης προς το μέτωπο με συρματοκοπή

Ο δεύτερος τρόπος έγκειται στην κοπή βαθμίδων με περιορισμένο μήκος (βάθος) ανάλογα με τις δυνατότητες του αλυσοπριόνου και κυμαινόμενο ύψος και πλάτος ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μετώπου. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται σε κοιτάσματα με μεγάλες κλίσεις νερών του μαρμάρου διότι κατ' αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούμε τις απώλειες από τη διαμόρφωση σε εμπορεύσιμα ογκομάρμαρα που πρέπει να είναι στα νερά τους (πρόσωπο).



Εικόνα 5: Απομάκρυνση του πρώτου πάγκου με νύχι κατά την έναρξη της υπόγειας εκμετάλλευσης

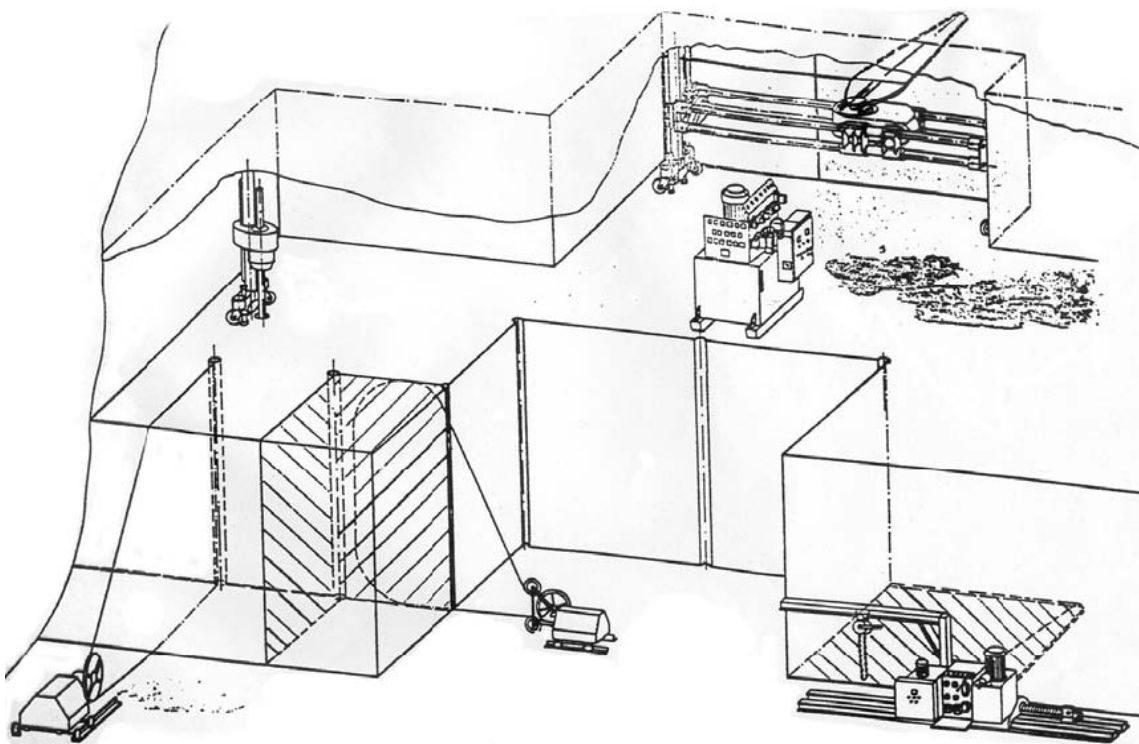
Η απομάκρυνση των όγκων από το μέτωπο με το φορτωτή γίνεται ως εξής: Διανοίγεται στον όγκο διάτρημα μικρού μήκους με αερόσφουρα και τοποθετείται σε αυτό ειδική μεταλλική σφήνα. Στη σφήνα προσδένεται το ένα άκρο ειδικού συρματοσχοινού το άλλο άκρο του οποίου προσαρμόζεται στο πίσω μέρος του φορτωτή. Με τη δύναμη έλξης του φορτωτή τανύζεται το συρματοσχοινό, αγκυρώνει η σφήνα στο διάτρημα και απομακρύνεται ο όγκος από το μέτωπο. Στη συνέχεια ακολουθεί το λύσιμο του σύρματος και η προώθηση του όγκου με τον κάδο του φορτωτή μέχρι την έξοδο της στοάς. Εάν δεν υπάρχουν κομοί, ο πάγκος τεμαχίζεται και απομακρύνεται κάθε όγκος χωριστά. Στην περίπτωση όπου εφαρμόζεται ο δεύτερος τρόπος εξόρυξης του πάγκου λόγω του μικρού μήκους του η απομάκρυνση του γίνεται εύκολα με ένα νύχι και τεμαχίζεται πλέον στο δάπεδο.



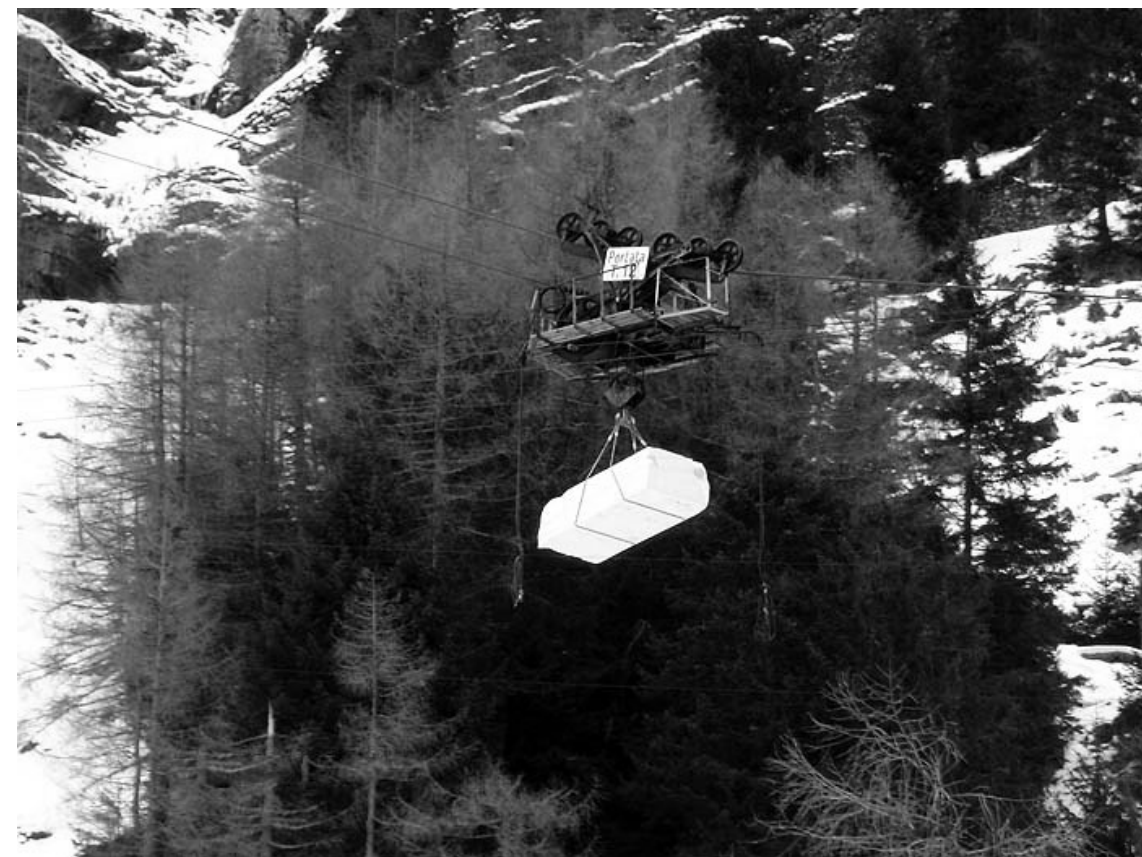
Εικόνα 6: Δημιουργία βαθμίδων και απομάκρυνση με εκσκαφτήρες

Φορτωση και μεταφορά των όγκων

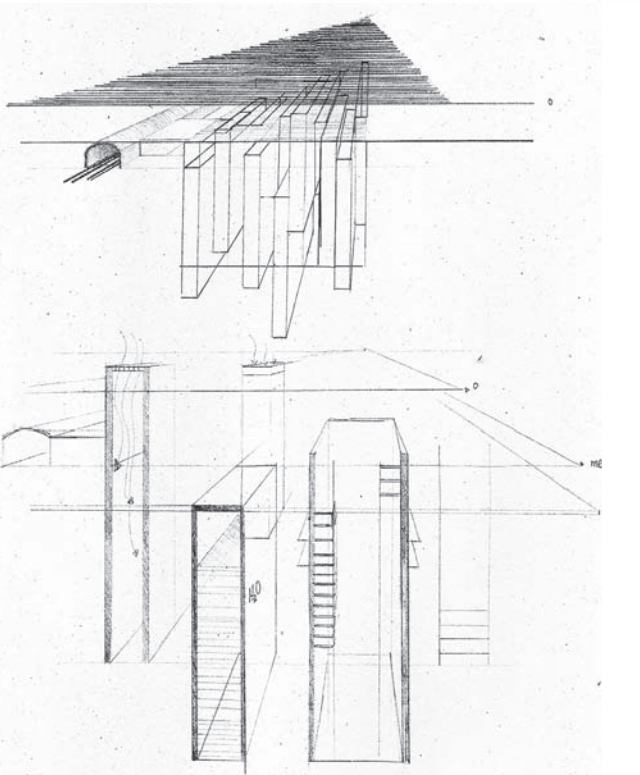
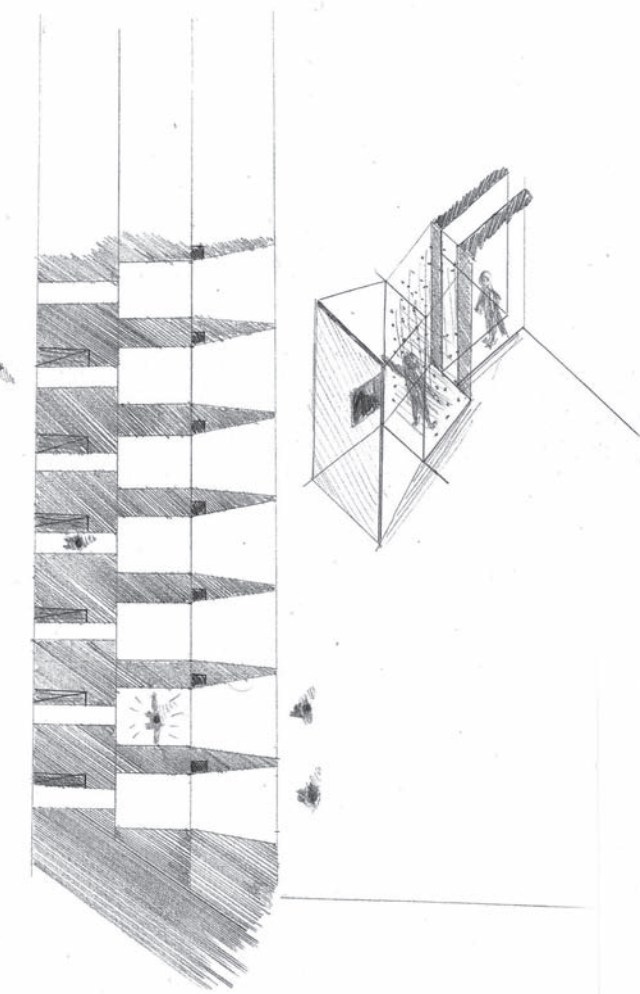
Μετά το πέρας των εργασιών του ορθογωνισμού των εξορυχθέντων όγκων, σε εμπορεύσιμες διαστάσεις, οι όγκοι είναι έτοιμοι για απομάκρυνση από το μέτωπο έξω της εκμεταλλεύσεως από τη στοά. Μεσολαβεί η φάση αριθμησης και ταξινόμησης και τέλος ακολουθεί η απομάκρυνση από το λατομείο. Για την απομάκρυνση των υποπροϊόντων μπορούν να χρησιμοποιηθούν φορτωτές διαφόρων τύπων, φυσικά βασική προϋπόθεση της υπόγεια εκμετάλλευσης είναι να ελαχιστοποιηθούν οι ανάγκες μεταφοράς υποπροϊόντων. Τα υποπροϊόντα εάν προσφέρονται για αξιοποίηση, μεταφέρονται σε υπόγειες ή επιφανειακές εγκαταστάσεις διαφορετικά είτε μεταφέρονται έξω από το χώρο του κοιτάσματος είτε γεμίζουν χώρουςεξοφλημένων τμημάτων του λατομείου. Για την φόρτωση και απομάκρυνση των υλικών χρησιμοποιείται ελαφρύς και ευέλικτος εξοπλισμός. Η φόρτωση των υλικών γίνεται κυρίως με ελαστικοφόρους φορτωτές. Τα ελαστικά τους ντύνονται με αλυσίδες, οι οποίες τα προστατεύουν από μικρά αποκόμματα που μπορούν να τα σκίσουν. Στις μικρές βαθμίδες ή όπου η διαμόρφωση των μετώπων και των δαπέδων δεν έχει ολοκληρωθεί, είναι συνηθισμένη η χρήση ερπυστριοφόρων φορτωτών μικρής δυνατότητας οι οποίοι όμως έχουν την ικανότητα επί τόπου περιστροφής. Η απομάκρυνση των όγκων από το μέτωπο με το φορτωτή γίνεται με ειδικά συρματόσχοινα τα οποία τυλίγονται γύρω από τον όγκο και προσαρμόζονται στο πίσω μέρος του φορτωτή. Με τη δύναμη έλξης του φορτωτή μεταφέρεται ο όγκος από το μέτωπο. Εάν ο όγκος δεν είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων μπορεί να μεταφερθεί με περονοφόρο φορτωτή ή με συνήθη φορτωτή στον κουβά του. Για την φόρτωση των όγκων και περαιτέρω μεταφορά τους, χρησιμοποιούνται αυτοκινούμενοι γερανοί και αυτοκίνητα πλατφόρμες. Τα αυτοκίνητα αυτά έχουν δυναμικότητα που ποικίλει ανάλογα με την απόσταση μεταφοράς. Μ' αυτό τον τρόπο οι όγκοι μεταφέρονται είτε μέχρι την έξοδο του λατομείου, είτε σε κάποιο σημείο κοντά στο κεντρικό έργο προσπέλασης, Αφού ή πριν απομακρυνθούν οι όγκοι από τον χώρο του μετώπου, αρχίζει το καθάρισμα του μετώπου με την απομάκρυνση της λατύπης, των μη εμπορεύσιμων όγκων, του εδαφικού υλικού και άλλων γαιωδών παρεμβολών.



Σχήμα 12: Ταυτόχρονη προχώρηση σε δύο βαθμίδες με χρήση διαφόρων μηχανημάτων



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



Richard Ross, *Waiting for the end of the world*



Οικειοθελής και υποχρεωτική απομόνωση

Σε αυτή την νέα πραγματικότητα της μόλυνσης η επιφάνεια της γης μετατρέπεται σε ένα εχθρικό περιβάλλον για τον άνθρωπο, ο οποίος για να προστατευθεί θα πρέπει να κρυφτεί κάτω από την γη. Εκεί, σε ένα κλειστό και ελεγχόμενο περιβάλλον, η κοινωνία μεταλλάσσεται για να ταιριάζει στα νέα δεδομένα επιβίωσης.

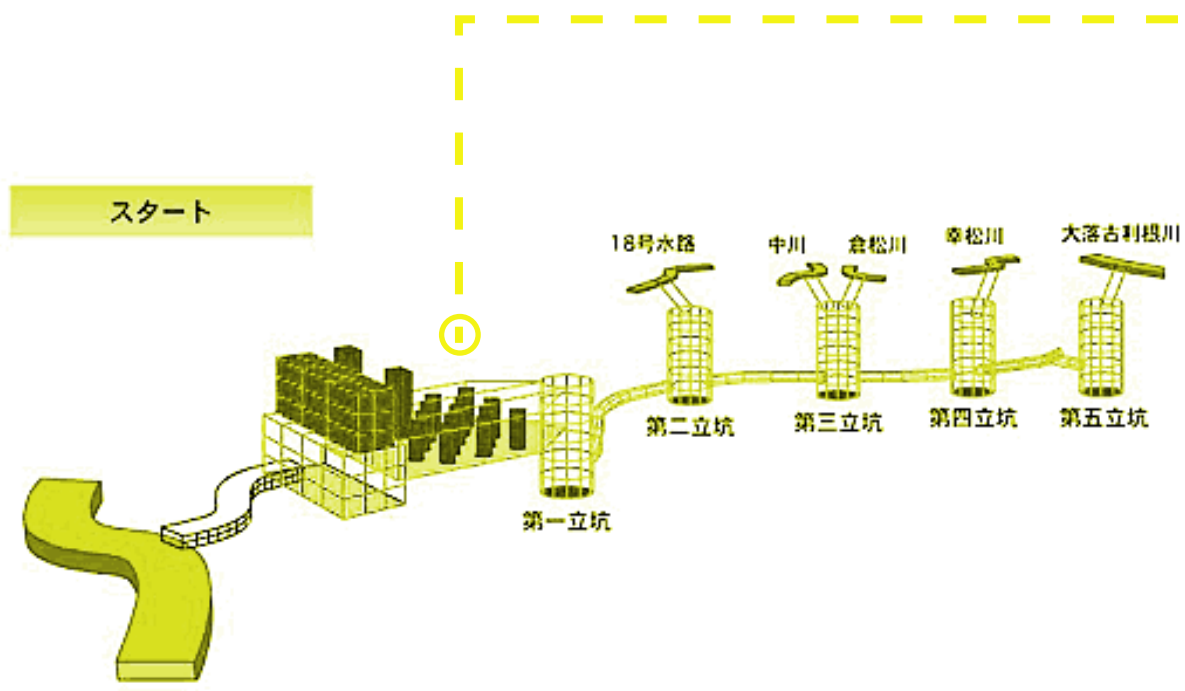
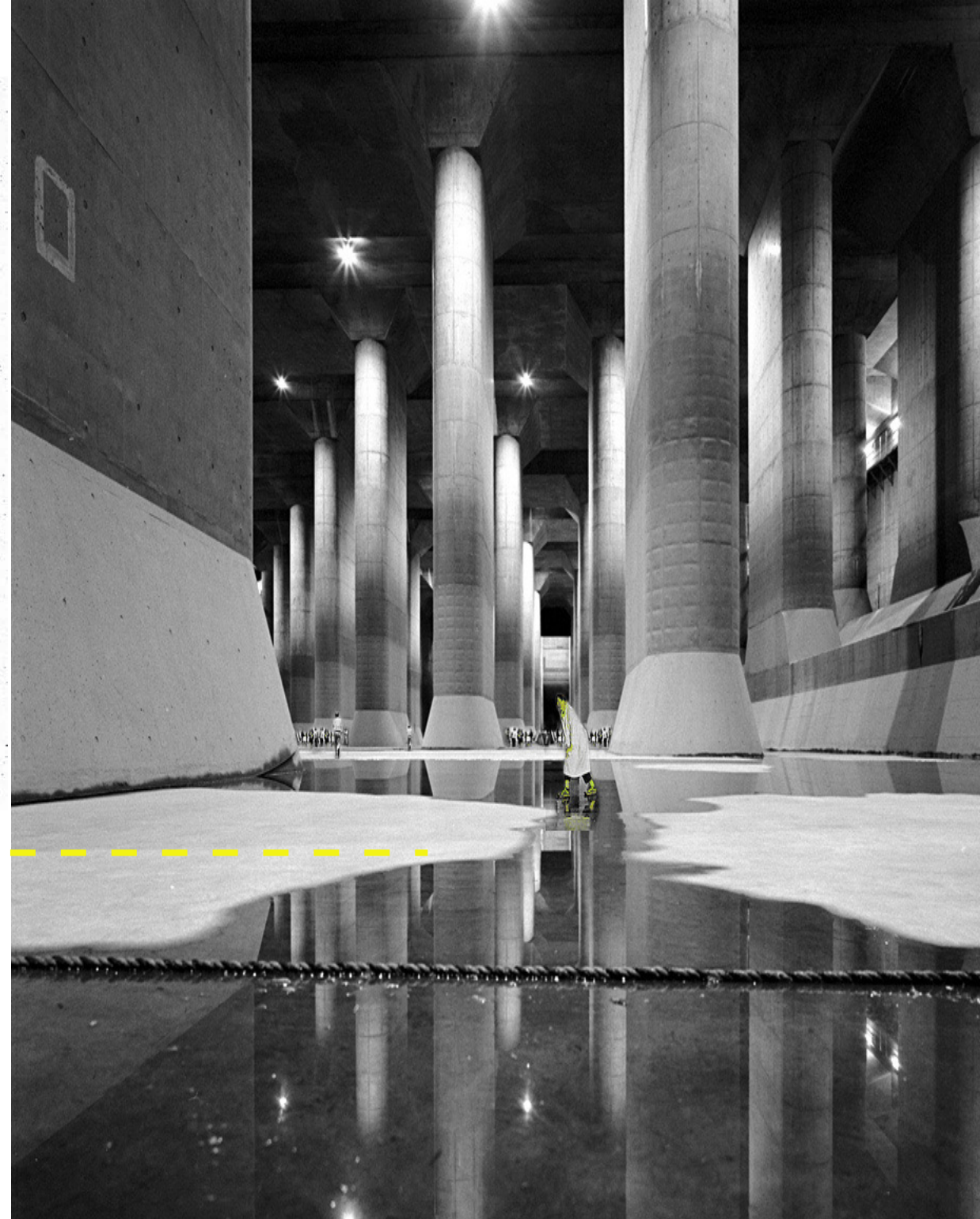
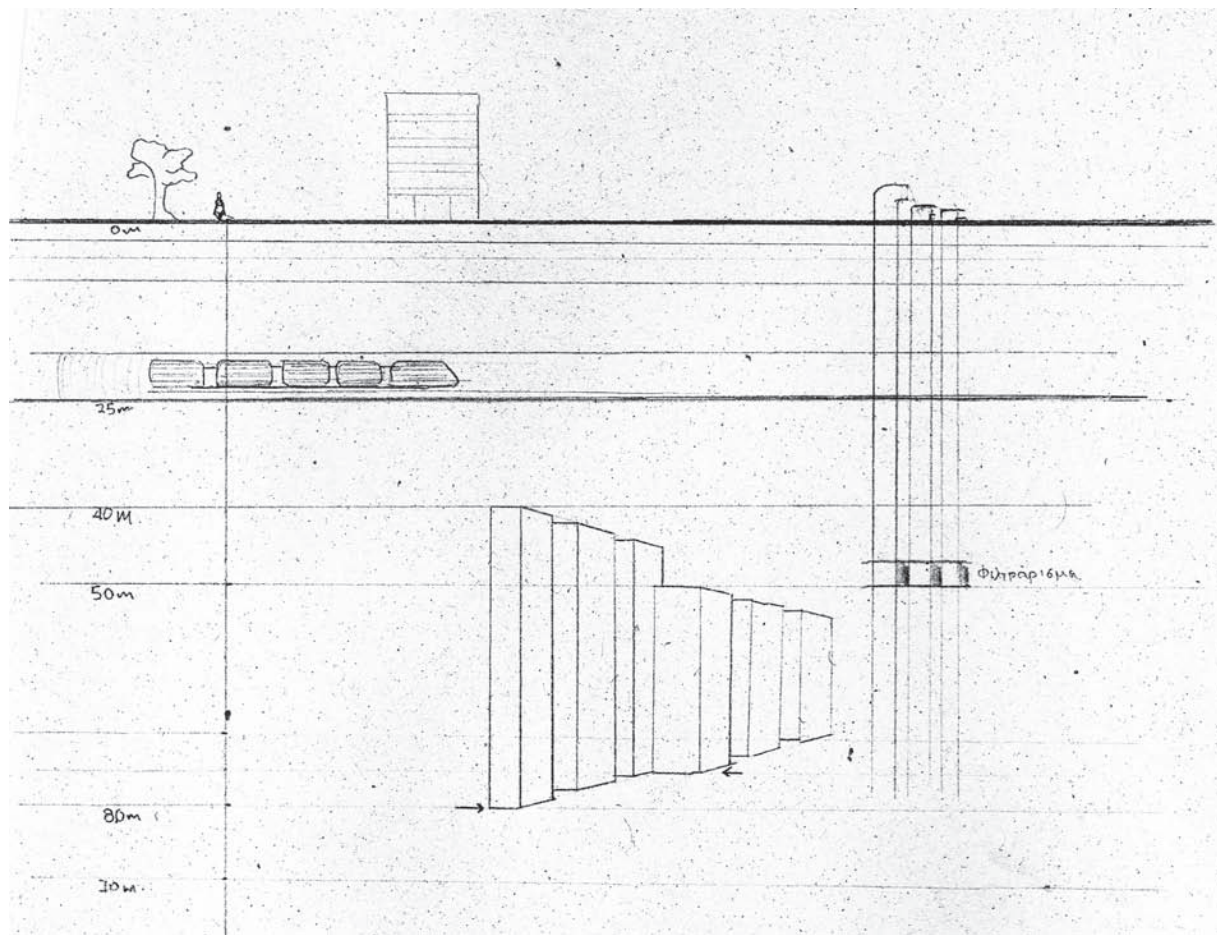
Η τοποθεσία του καταφυγίου επιτρέπει την πρόσβασή του από όλες τις περιοχές που βρίσκονται γύρω από τον Λυκαβηττό μέσω των εισόδων του στις πλαγιές του βουνού αλλά και από πιο απομακρυσμένες περιοχές που επικοινωνούν μέσω Μετρό με τον σταθμό Ευαγγελισμού. Μέσα στον Λυκαβηττό, πολλά μέτρα βράχου χωρίζουν τους ανθρώπους από την εξωτερική ατμόσφαιρα. Αρχικά το καταφύγιο έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την απομόνωση και την αυτάρκεια. Κίνητρο αποτέλεσε η πρόσφατη τύχη του πυρηνικού αντιδραστήρα της Φουκουσίμα που προέκυψε από ένα παλιρροιακό κύμα κατά τον σεισμό της 11ης Μαρτίου 2011. Ο κίνδυνος της ραδιενέργειας που ελευθερώθηκε είχε ως αποτέλεσμα την άμεση εκκένωση του πληθυσμού σε ακτίνα 20 χλμ. από το εργοστάσιο Νταϊτσι. Παρ'όλες τις προσπάθειες για περιορισμό της ραδιενέργειας διαρροές παρατηρήθηκαν σε αρκετές περιοχές καθώς και στην ανατολική θάλασσα της Ιαπωνίας, μεταφέροντας την μόλυνση έως και την μακρινή Αμερική. Είναι φανερό και από τα γεγονότα του Τσερνόμπιλ του 1986 ότι η ραδιενέργεια δεν μπορεί να περιοριστεί με απόλυτη επιτυχία και ότι ακόμη και σε χώρες που ακόμη δεν έχουν αναπτύξει την πυρηνική ενέργεια, μέτρα για την προστασία των πολιτών πρέπει να ληφθούν.

Με αυτή την πρόφαση το καταφύγιο του Λυκαβηττού ξεκίνησε ως ένα πυρηνικό καταφύγιο με τις ιδιότητες να φιλτράρει το νερό και τον αέρα, την συλλογή ηλιακής ενέργειας από την πλέον έρημη πόλη της Αθήνας και την δική του καλλιέργεια τροφίμων. Το καταφύγιο όμως με τις παρούσες ιδιότητες μπορεί να ανταποκριθεί και σε άλλες καταστροφές, όπως εκείνες της βιολογικής ή χημικής απειλής, σεισμού ή ακόμη και σε περιπτώσεις πολέμου.



Το πρόγραμμα του καταφυγίου δεν αναφέρεται μόνο στο συγκεκριμένο καταφύγιο του Λυκαβηττού αλλά προοικονομεί στην ύπαρξη και άλλων καταφυγίων τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στις ορεινές περιοχές γύρω από το λεκανοπέδιο της Αττικής. Ο αριθμός και η τοποθεσία τους θα πρέπει να αντιστοιχούν στις περιοχές που απευθύνονται ώστε ο κάθε πολίτης να αντιστοιχεί και σε μία θέση στο καταφύγιο. Με την σήμανση του συναγερμού για μια επικείμενη απειλή μια αρμόδια αρχή είναι υπεύθυνη για την ασφαλή και οργανωμένη μεταφορά των πολιτών στο υπόγειο καταφύγιο και την επιτυχής σφράγιση του. Η αρχή αυτή θα έχει επιλεχθεί εξ αρχής του προγράμματος του καταφυγίου, και θα είναι υπεύθυνη για την διατήρηση της τάξης και ασφάλειας για την επιβίωση του καταφυγίου ως σύνολο. Όλοι όσοι βρίσκονται στο καταφύγιο θα πρέπει να ακολουθούν μια αυστηρή σειρά κανόνων που θα επιτρέπει την δίκαιη διανομή του περιορισμένου χώρου και προμηθειών.

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



G-Cans Project
 Οι ετήσιες βροχοπτώσεις και οι εποχιακοί τυφώνες που μαστιάζουν την Ιαπωνία συγκεντρώνουν τέτοιες ποσότητες νερού που συχνά πλημμυρίζουν τις πόλεις. Το 1992 το σχέδιο G-Cans Project ή αλλιώς το Μητροπολιτικό εξωτερικό σύστημα αγωγών που κατασκευάστηκε μεταξύ της περιοχής του Tokyo και της Chiba το 2004. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε για να ανταποκριθεί στις πιο ακραίες συνθήκες πλημμύρας, ικανό να αφαιρεί 200 τόνους νερό το δευτερόλεπτο. Το νερό συγκεντρώνεται σε υπόγεια κυλινδρικά σιλό που βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία, αποσυμφορίζοντας τα κοντινά ρέματα και στην συνέχεια μεταφέρεται σε μια υπόγεια αίθουσα που στηρίζεται με δεκάδες κολόνες των 78 μ. Από εκεί το νερό μεταφέρεται με μικρότερη ορμή στον κεντρικό ποταμό Edogawa.

001-
 002-
 003-
 004-
 005-
 006-
 007-
 008-
 009-
 010-
 011-
 012-
 013-
 014-
 015-
 016-
 017-
 018-
 019-
 020-

ΤΟ ΚΑΤΑΦΥΓΙΟ ΤΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΥΚΑΒΗΤΤΟΥ

καλλιέργειες

αμφιθέατρο

βιβλιοθήκη | σχολείο

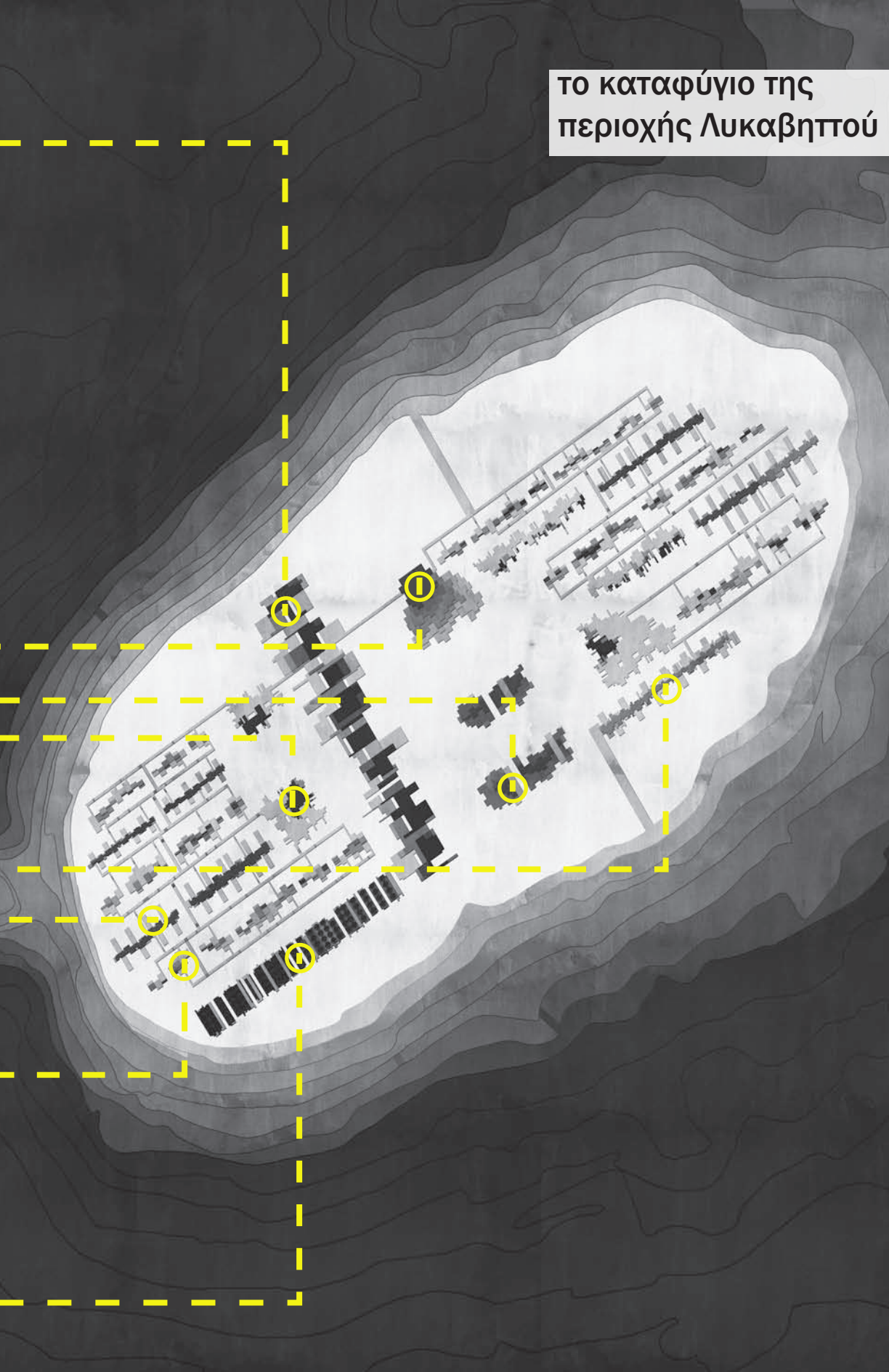
χώρος συνεστίασης

κλινική

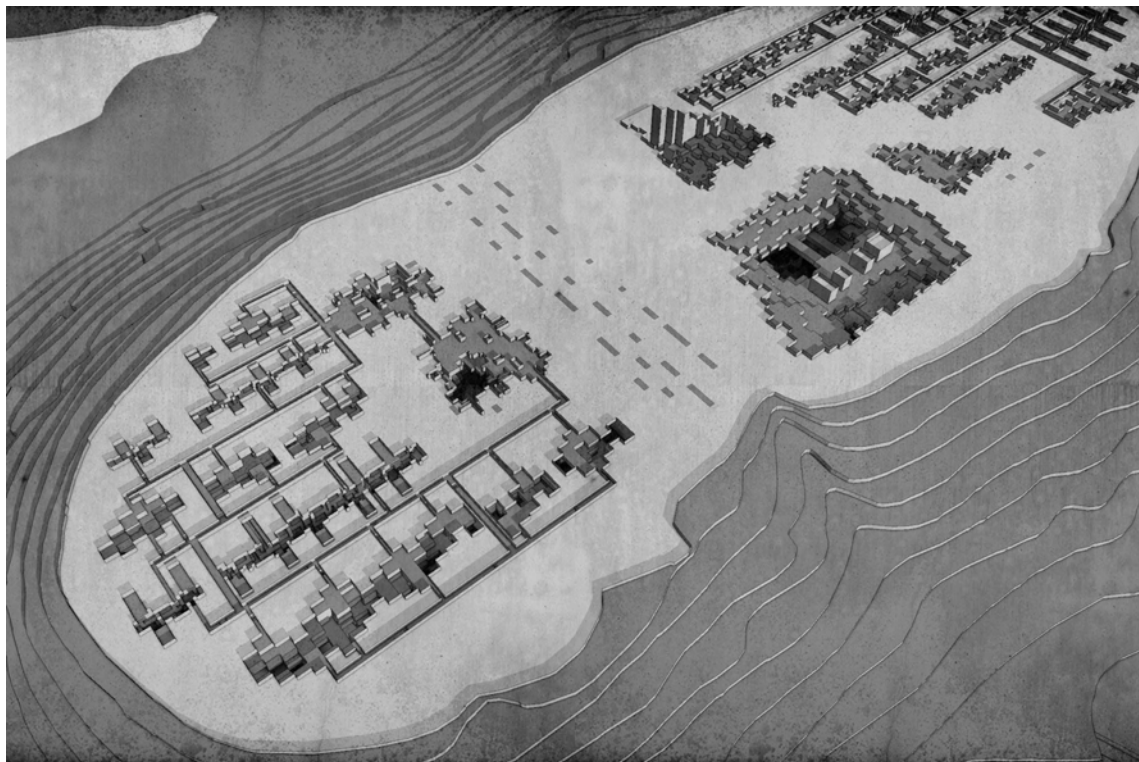
χώροι υγιεινής

κατοικίες

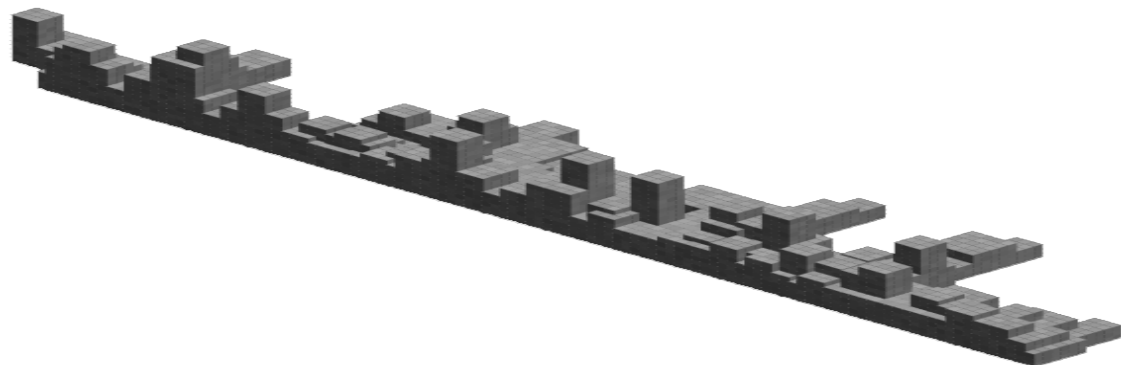
υδραγωγείο | διύλιστήριο



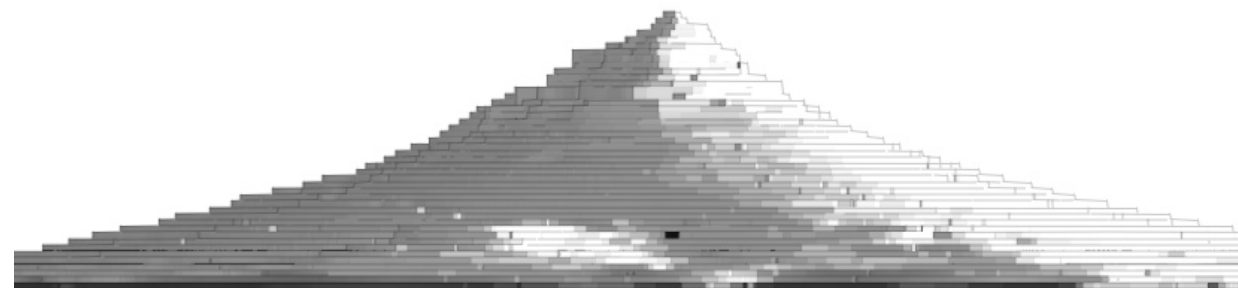
001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



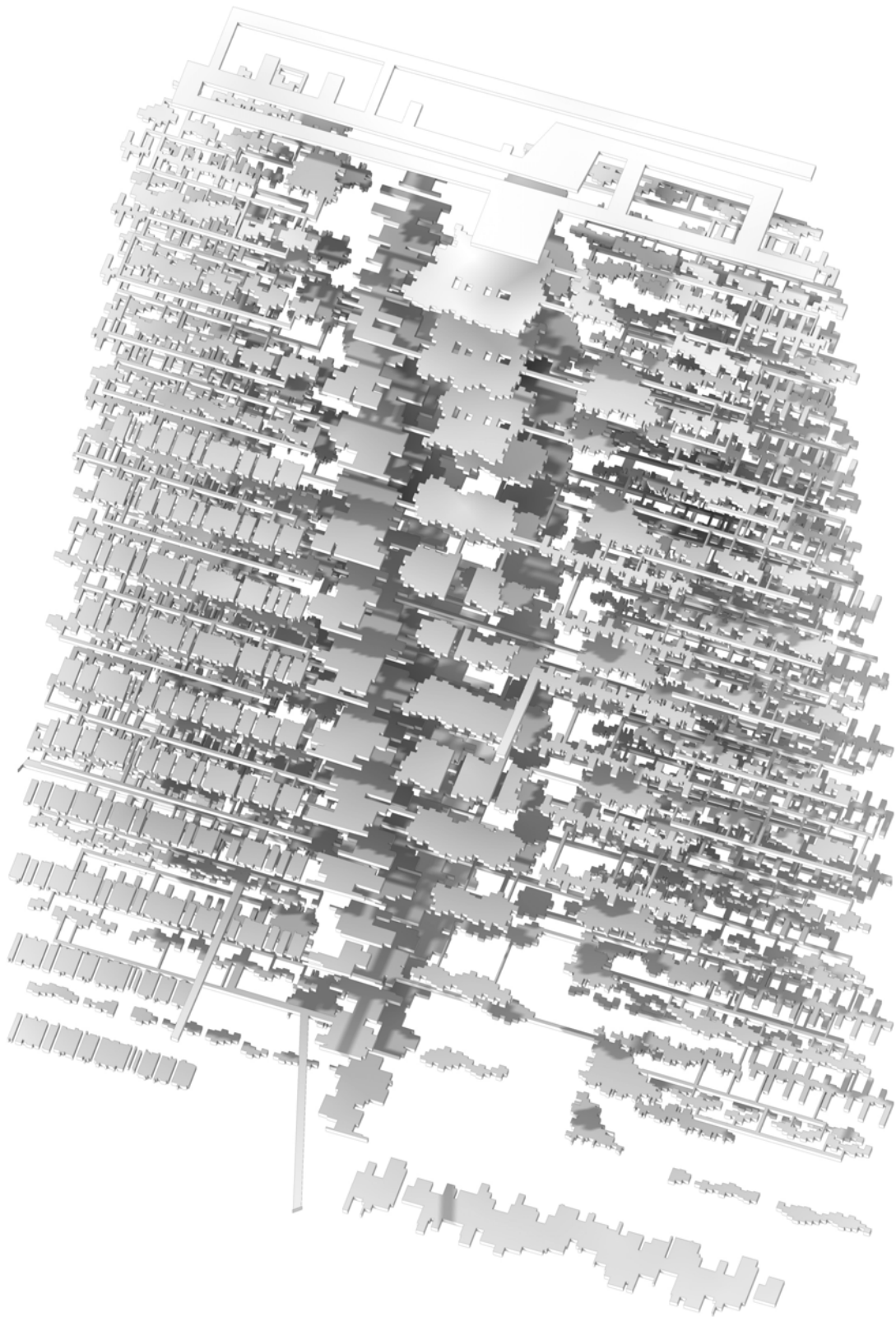
Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια η μέθοδος που ακολουθείται για την δημιουργία του καταφυγίου είναι εκείνη της υπόγειας λατόμευσης μαρμάρου, βασισμένη σε μεθόδους που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται στα λατομεία Διόνυσσος της Πεντέλης. Στην προκειμένη περίπτωση στόχος είναι μέγιστος έλεγχος των ανοιγμάτων ώστε να μπορούν κατά την ολοκλήρωση της κατασκευής να σφραγιστούν επιτρέποντας μόνο ειδικές εισόδους του καταφυγίου για αποφυγή μόλυνσης. Η βασική είσοδος εξόρυξης ξεκινά στο παλιό λατομείο του Λυκαβηττού, εκεί όπου πλέον βρίσκεται το θέατρο, ενώ άλλες μικρότερες εξορύξεις γίνονται στις κλίτες του βουνού και στον υπόγειο χώρο που θα ενώσει το καταφύγιο με τον υπόγειο σταθμό του Ευαγγελισμού.



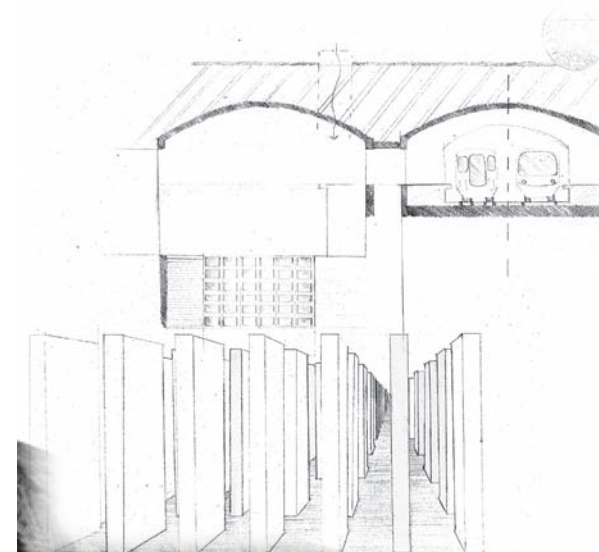
Λόγω των περιορισμών αλλά και των ιδιοτήτων των μηχανημάτων οι όγκοι που αφαιρούνται στους χώρους διαβίωσης κυμαίνονται από 2 έως 4 μ. οδηγώντας σε μορφολογίες που προκύπτουν από αφαίρεση όγκων 2, 3 ή 4 μ. Για την διάνοιξη των διαδρόμων επικοινωνίας χρησιμοποιούνται μηχανήματα διάτρησης σηράγγων - TBM (Tunnel Boring Machine) κλειστού τύπου για σκληρά πετρώματα μικρής διαμέτρου, ανοίγοντας διδρόμους μεγάλης απόστασης σε μικρό σχετικά χρόνο.



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



αναπαράσταση των αφαιρούμενων όγκων σε διάσπαση

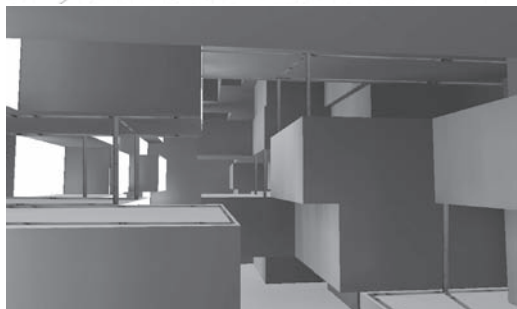
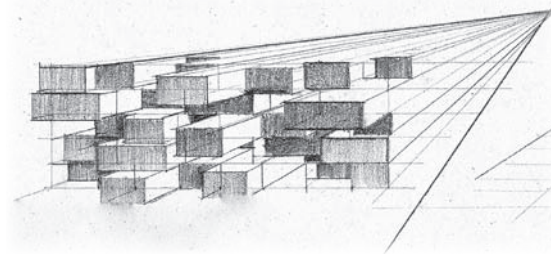
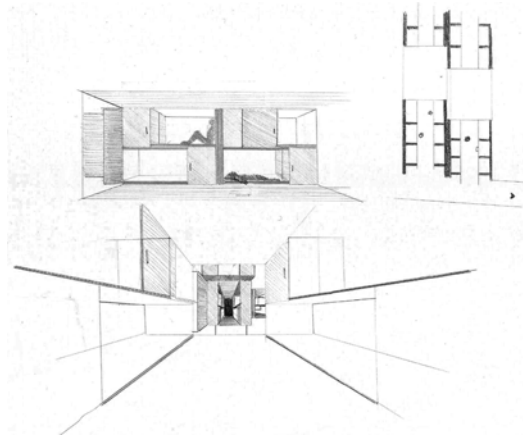
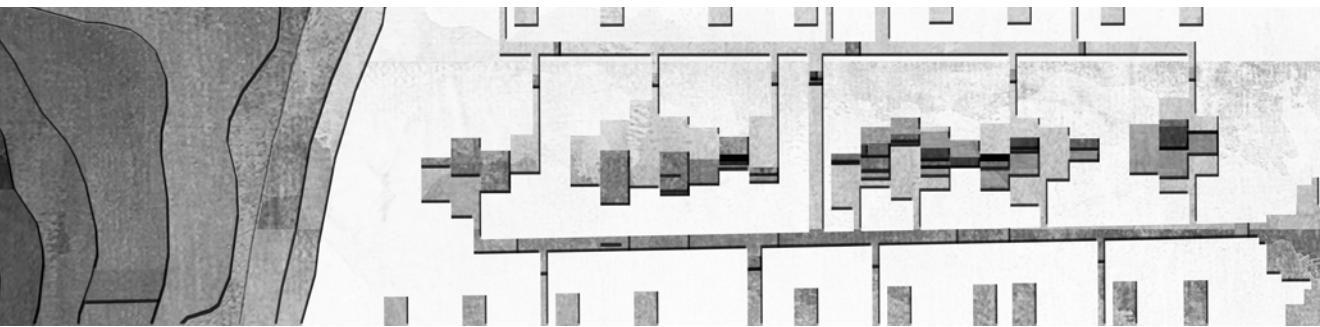


Είσοδοι και διαδρομές

Οι κινήσεις σε οριζόντια κατεύθυνση γίνονται κατά κανόνα μέσω των διαδρόμων που έχουν διανοιχτεί με τα μηχανήματα διάτρησης σηράγγων TBM. Στους χώρους όπου εμφανίζονται φρεάτια μεγάλου βάθους όπως για παράδειγμα στις περιοχές των κατοικιών, των καλλιεργειών και των χώρων εκπαίδευσης (αμφιθέατρο, βιβλιοθήκη, σχολείο) σχηματίζονται γέφυρες από βράχους που υποστηρίζονται με μεταλλικές ενισχύσεις. Στους χώρους υγιεινής και της κλινικής, ο στενός διάδρομος που ενώνει τους εκατέρωθεν χώρους αποτελείται από διάτρητο μεταλλικό πλέγμα επιτρέποντας την μετακίνηση αλλά και τον αερισμό όλων των χώρων που βρίσκονται από κάτω.

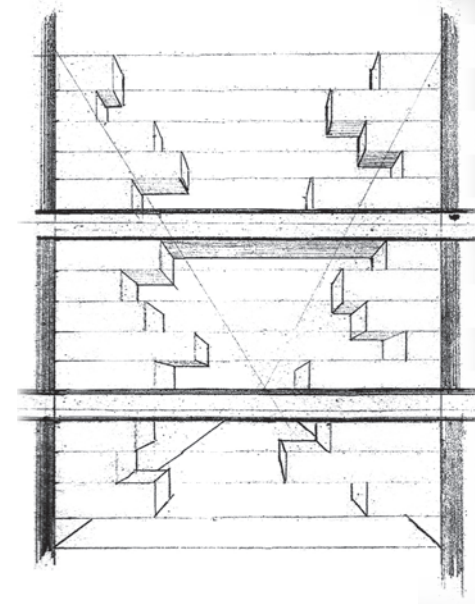
Η επικοινωνία των επιπέδων σε κατακόρυφο άξονα επιτυγχάνεται με ράμπες και σκάλες. Η κατακόρυφη κίνηση εμφανίζεται πιο έντονα στους χώρους συνεστίασης όπου ακολουθώντας μια σπειροειδή κίνηση (λόγω της τοποθέτησης των ανοιγμάτων) μπορεί κάποιος απλά να βρεθεί από το ανώτερο στον κατώτερο επίπεδο. Ανελκυστήρες βοηθούν στην μεταφορά φορτίων στους χώρους των καλλιεργειών και κάνουν πιο γρήγορη την μετακίνηση μεταξύ των επιπέδων όταν είναι τοποθετημένοι σε ειδικά σημεία, επιτρέποντας πρόσβαση μόνο σε ορισμένα άτομα.

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

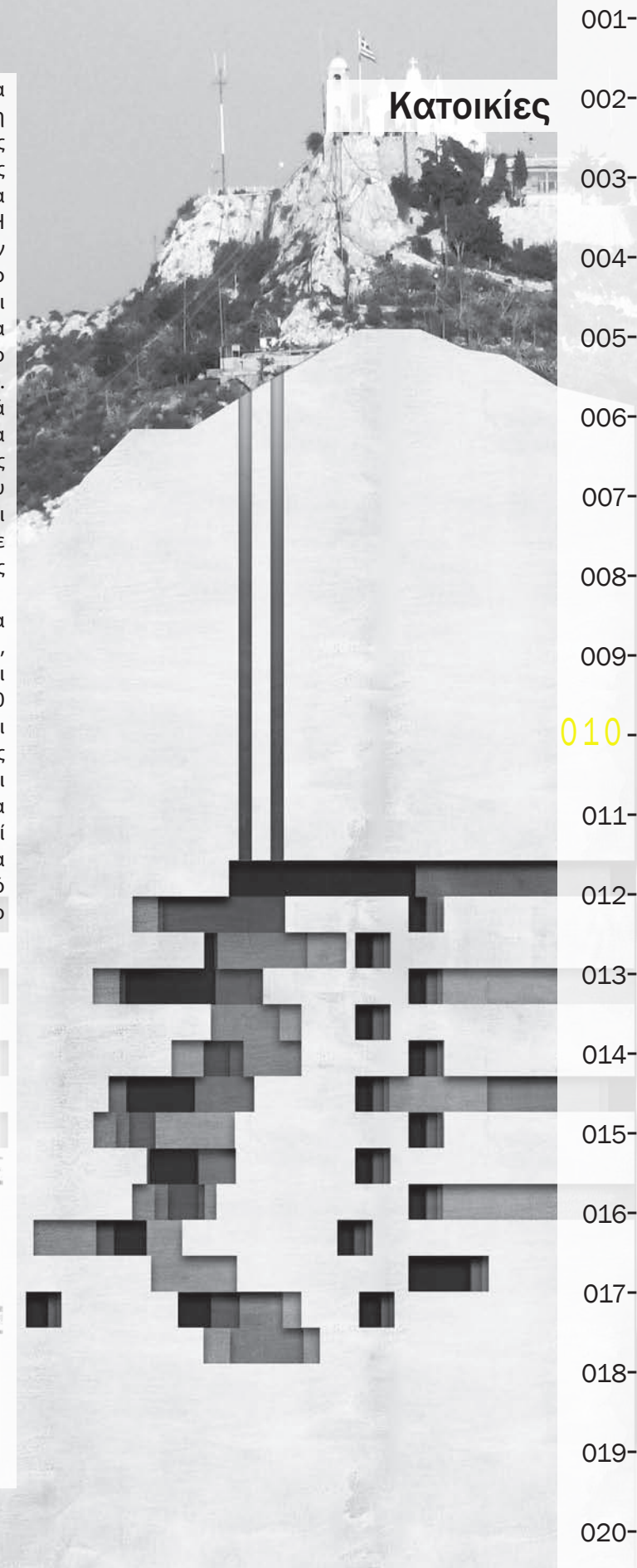


Ο χώρος που διατίθεται για κατοίκηση σχηματίζεται με την αφαίρεση όγκων συνολικού ύψους 4 μ. και πλάτους 8μ. με βάθος που ποικίλει από 2 μ. έως 16 μ., δημιουργώντας το αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην διπλανή τομή. Η εκσκαφή γίνεται κατα μήκος και με την ολοκλήρωση ενός τμήματος συνεχίζει στο αμέσως υποκείμενο επίπεδο. Ορισμένοι όγκοι δεν αφαιρούνται έτσι ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δύο πλευρών του δημιουργούμενου φρεατίου. Οι όγκοι ενισχύονται με μεταλλικά στηρίγματα, αναρτήσεις και κοχλιούς για την αποφυγή πιθανής αστοχίας. Ο κενός χώρος επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση του αέρα που εισέρχεται από την οροφή και την οπτική επαφή μεταξύ των κατοίκων σε μια απόπειρα να ελλатωθεί η αίσθηση της υπόγειας απομόνωσης.

Κάθε κατοικία μπορεί να φιλοξενήσει από 2 έως και 12 άτομα, ενώ στο σύνολο το καταφύγιο έχει βιώσιμη χωρητικότητα περίπου 40.000 ατόμων. Ο χώρος μιας κατοικίας περιέχει τα απαραίτητα, κλίνες και χώρους αποθήκευσης, ενώ περιστοιχίζεται από ενισχυμένο διάφανο πέτασμα για την προστασία των κατοίκων. Μικροί διάδρομοι επιτρέπουν την επικοινωνία κάθε χώρου κατοικίας με τον κεντρικό διάδρομο και συνεπώς με το υπόλοιπο καταφύγιο.



Κατοικίες

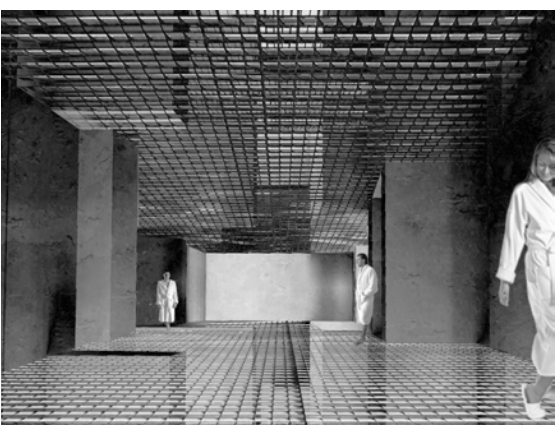
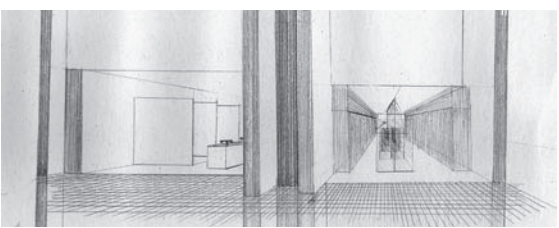
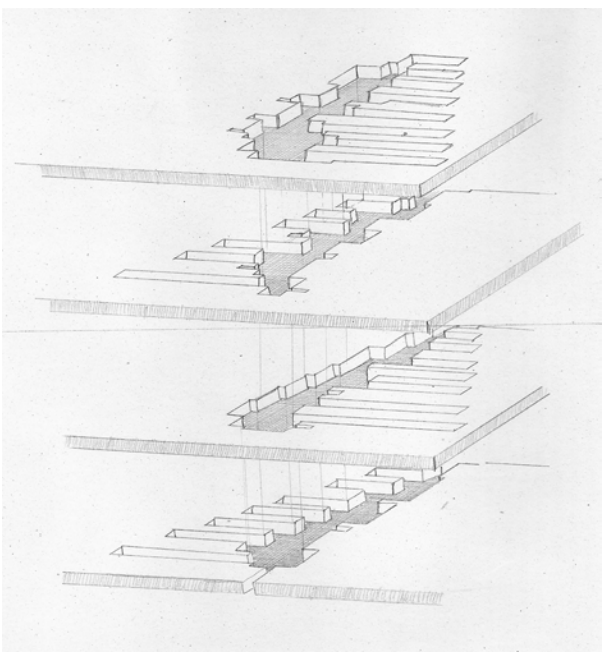
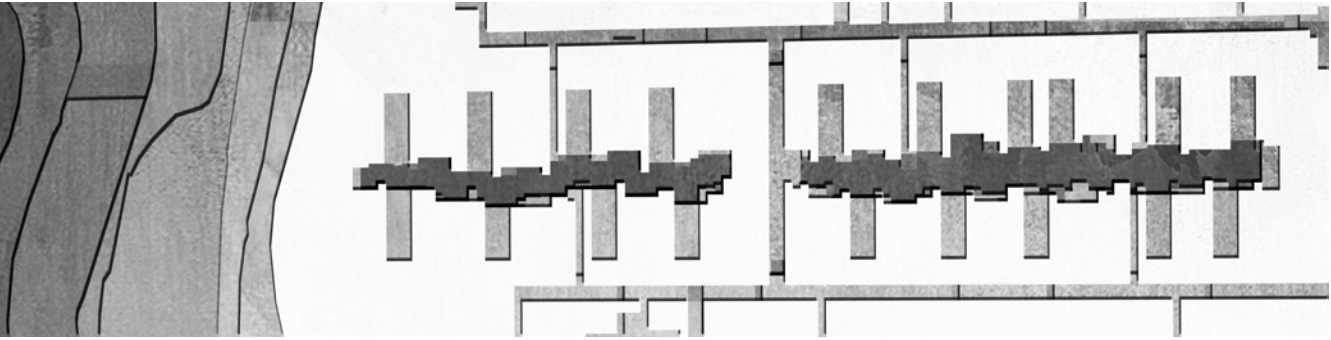


010

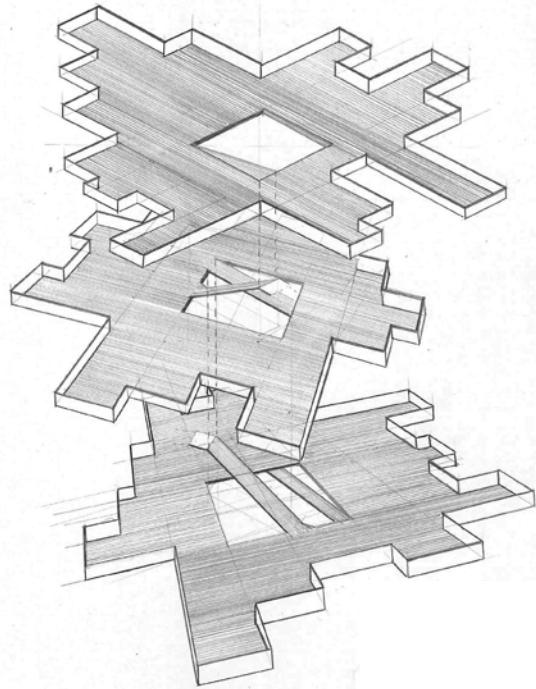


Ανάμεσα από κάθε περιοχή κατοικίας εναλλάσσονται 10 χώροι υγιεινής. Οι χώροι αυτοί αποτελούν τους κύριους χώρους μετά τις καλλιέργειες που έχουν άμεση επαφή με το σύστημα υδροδότησης του καταφυγίου. Οι χώροι αυτοί επικοινωνούν μεταξύ τους με διαδρόμους οι οποίοι σχηματίζονται από μεταλλικές διάτρητες επιφάνειες τοποθετημένες στο κενό του φρεατίου που δημιουργείται ανάμεσα στα ανοίγματα. Η λογική τοποθέτησης των χώρων σε τομή είναι εναλλακτικά κενό | γέμισμα | κενό, όπου κενό ο χώρος των λουτρών.

Χώροι υγιεινής

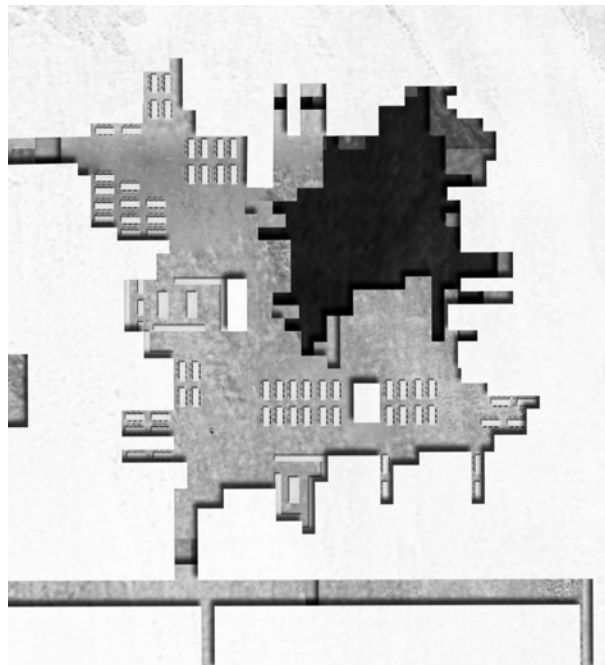
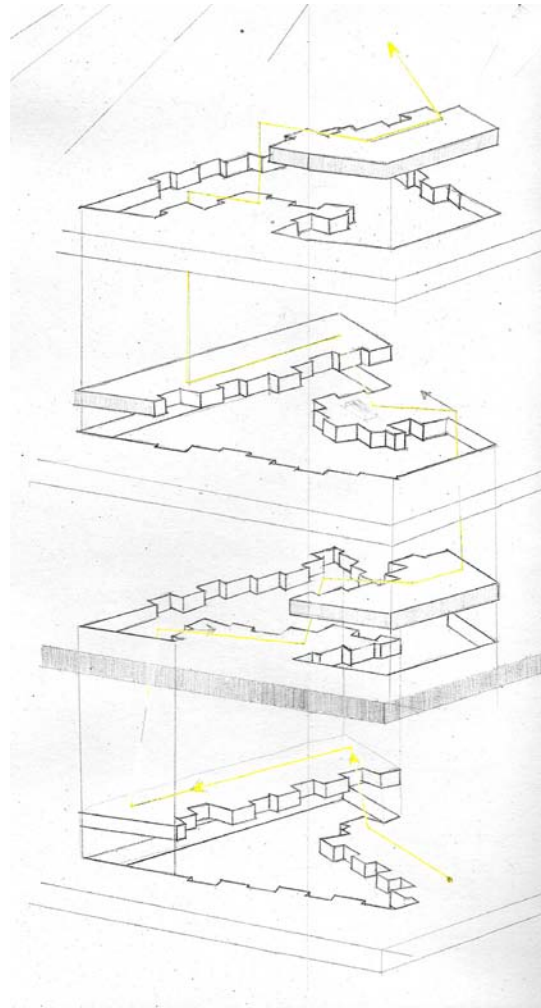


- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-

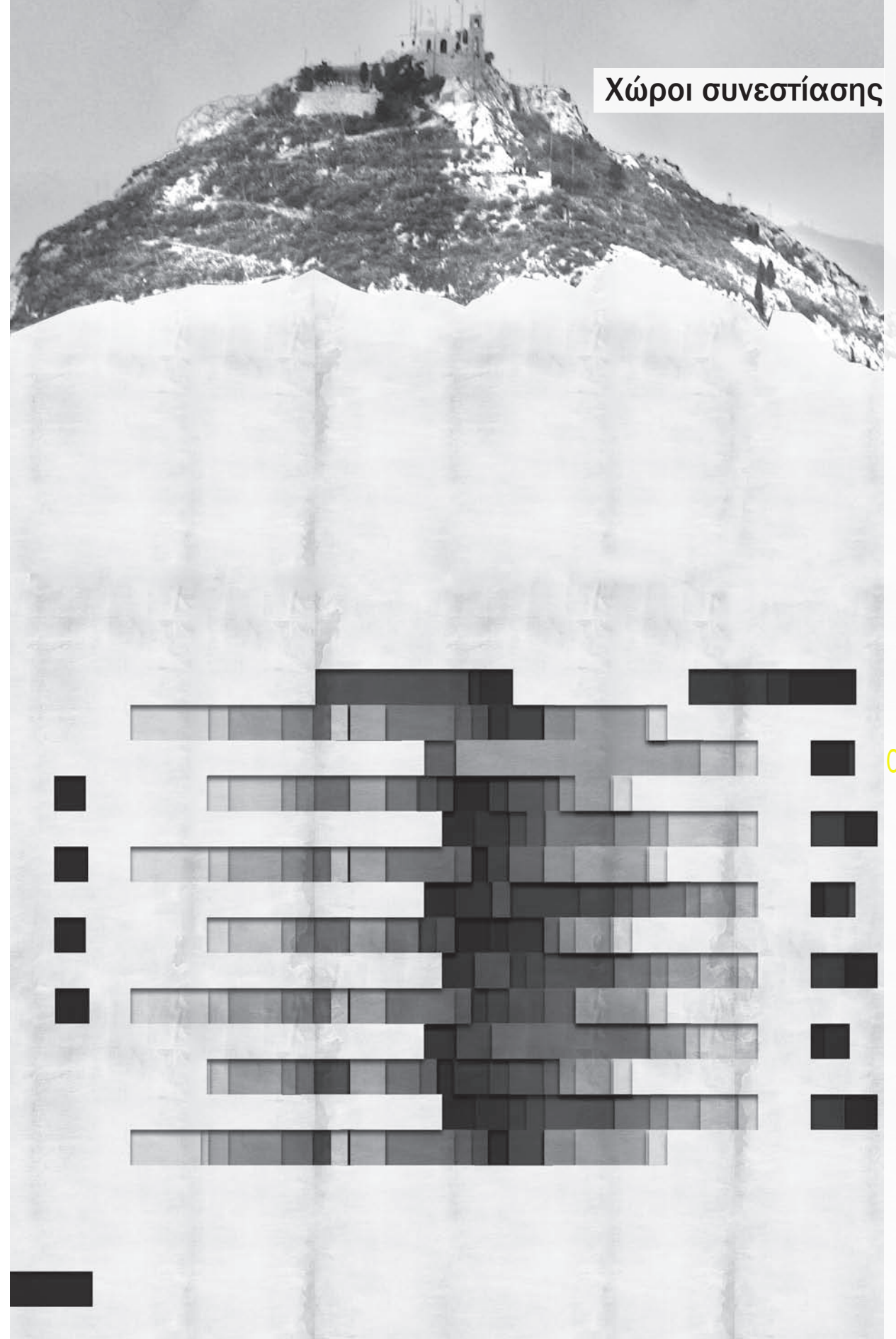


Οι χώροι συνεστίασης ή εναλλακτικά οι εστίες του καταφυγίου είναι οι χώροι που λαμβάνουν και τις περισσότερες λειτουργίες. Αρχικά αποτελούν το σημείο όπου γίνεται η προετοιμασία των γευμάτων. Οι ανοικτές κατόψεις των επιπέδων προσελκύουν την επικοινωνία και κοινωνικότητα των κατοίκων σε έναν χώρο όπου μπορούν να καθίσουν να γευματίσουν ή απλά να βρεθούν με άλλους ανθρώπους. Μικρότεροι χώροι στην περίμετρο επιτρέπουν τον σχηματισμό μικρότερων ομάδων και πιο ιδιωτικών συγκεντρώσεων.

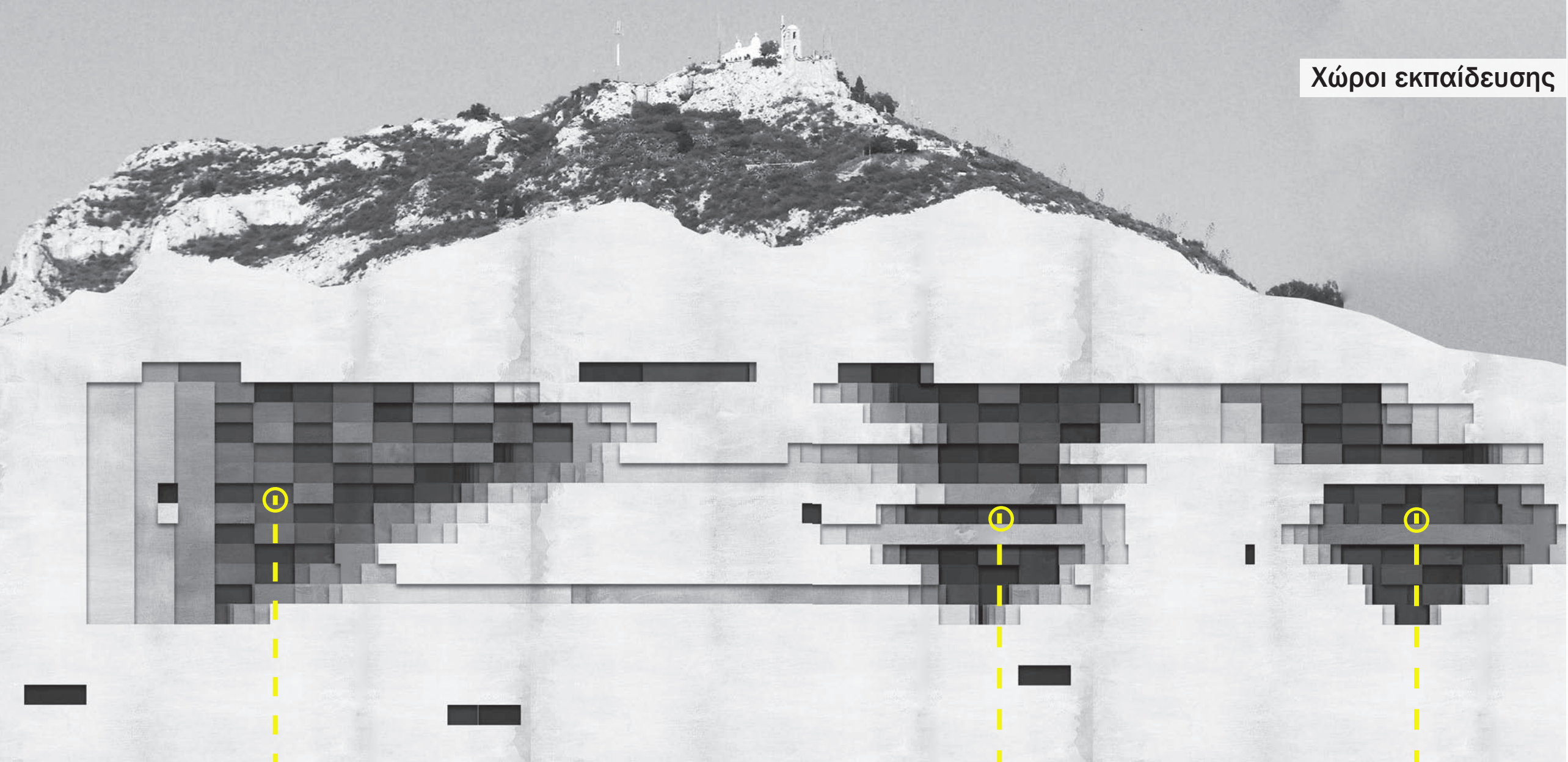
Οι εστίες αποτελούν και τους βασικούς χώρους κατακόρυφης επικοινωνίας μεταξύ των επιπέδων του καταφυγίου. Έτσι, περισσότεροι άνθρωποι από διαφορετικά επίπεδα μπορούν να βρεθούν σε έναν κοινό χώρο με κύρια λειτουργία την διατροφή και την κοινωνικοποίηση.



Χώροι συνεστίασης



- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-



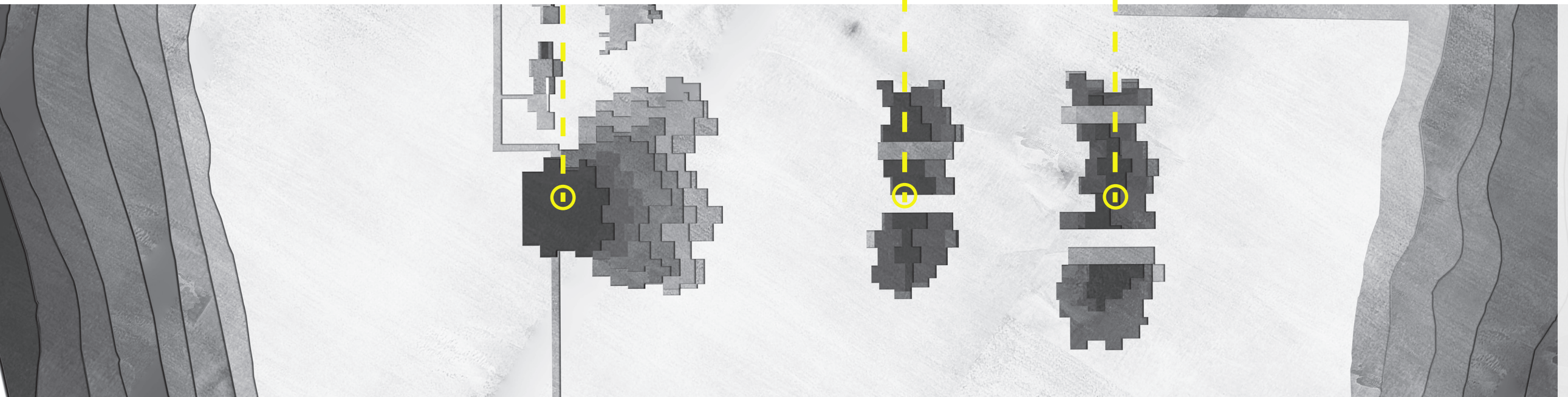
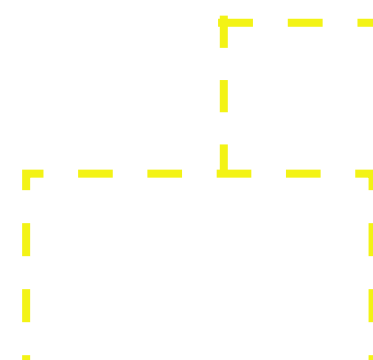
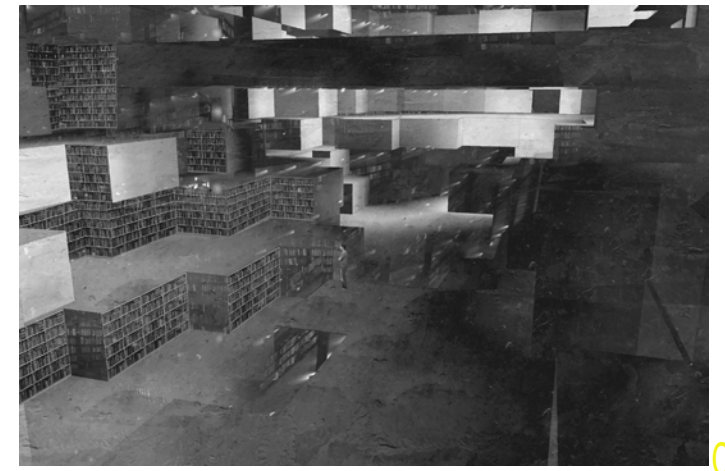
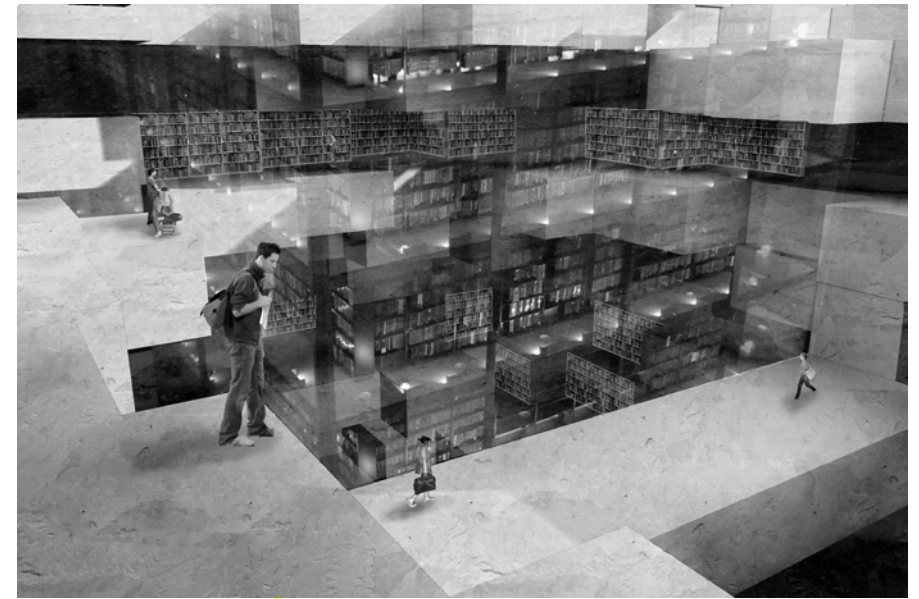
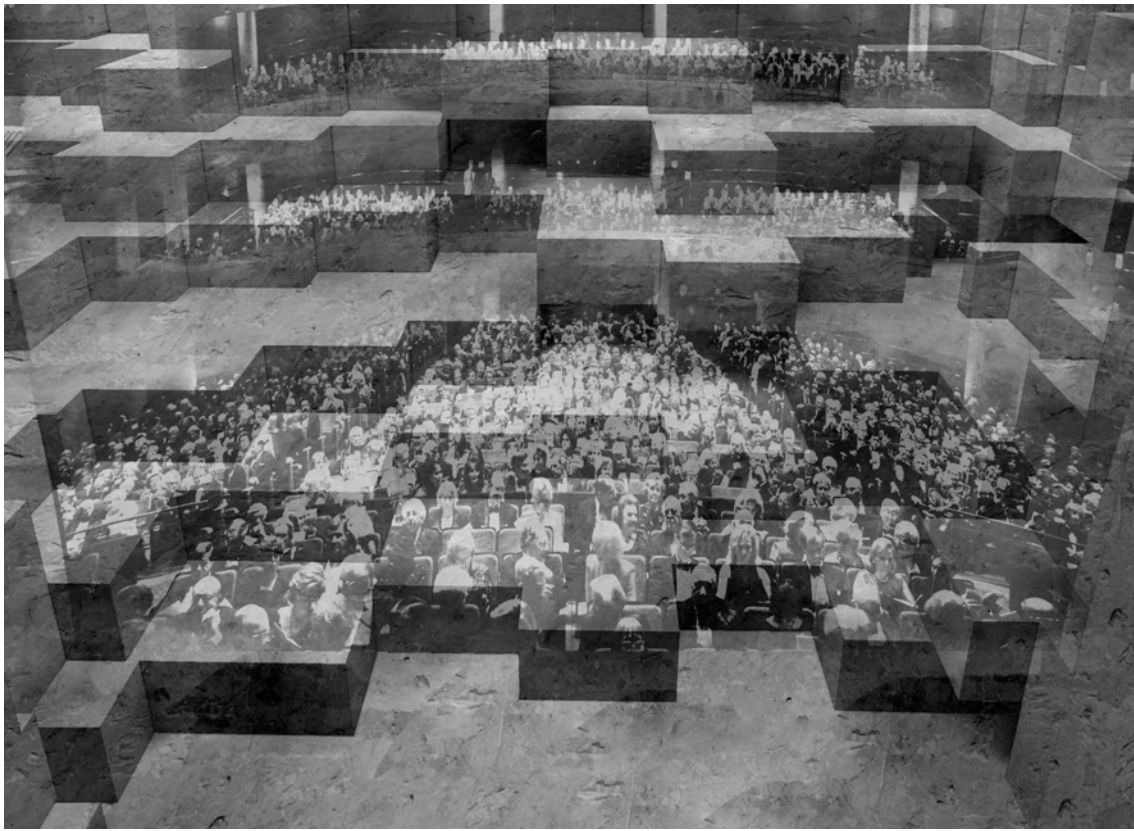
αμφιθέατρο

Συνεχίζοντας με τους χώρους συνεστίασης μεταφερόμαστε σε άλλον έναν κύριο χώρο που βρίσκεται στην καρδιά του καταφυγίου. Το αμφιθέατρο φέρει εκπαιδευτικές, οργανωτικές, διοικητικές και φυσικά κοινωνικές λειτουργίες. Στο ανώτατο σημείο του αμφιθέατρου βρίσκονται τα γραφεία της διοίκησης τα οποία “στεγάζονται” στο κενό που έχει απομείνει από την έναρξη της εκσκαφής στο σημείο του αρχικού λατομείου του Λυκαβηττού. Η τοποθεσία τους επιτρέπει την εύκολη και άμεση μετακίνηση σε οποιοδήποτε σημείο του καταφυγίου μέσω των διαδρόμων που διαπερνούν το αμφιθέατρο και την βιβλιοθήκη. Ο χώρος είναι ιδανικός παραστάσεις και διάφορες μορφές διασκέδασης που θα ψυχαγωγήσουν το πλήθος κατά την γενικά μονότονη διαβίωση στο καταφύγιο αλλά ακόμη πιο σημαντικό ο χώρος είναι ιδανικός για συγκεντρώσεις μεγάλου αριθμού ατόμων και μαζί με την βιβλιοθήκη και τις καλλιέργειες μπορούν να απομονωθούν από το υπόλοιπο καταφύγιο σε περίπτωση διαρροής μόλυνσης σε κάποιους από τους άλλους χώρους.

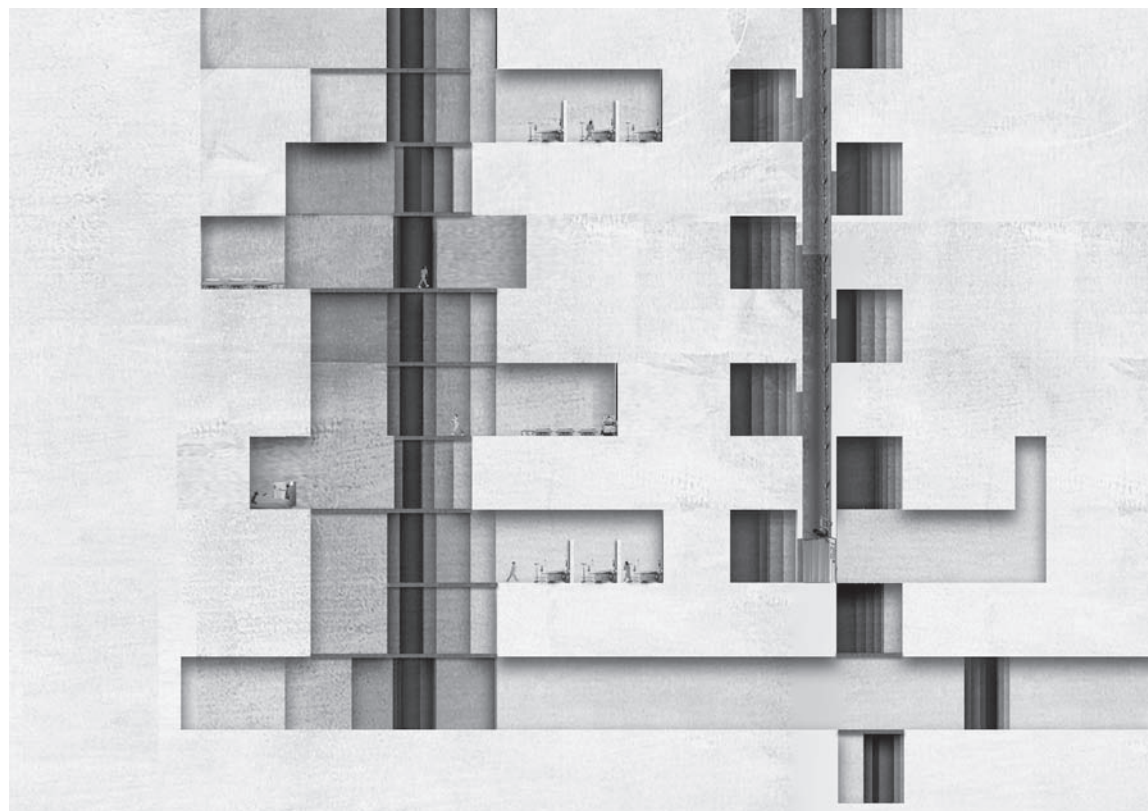
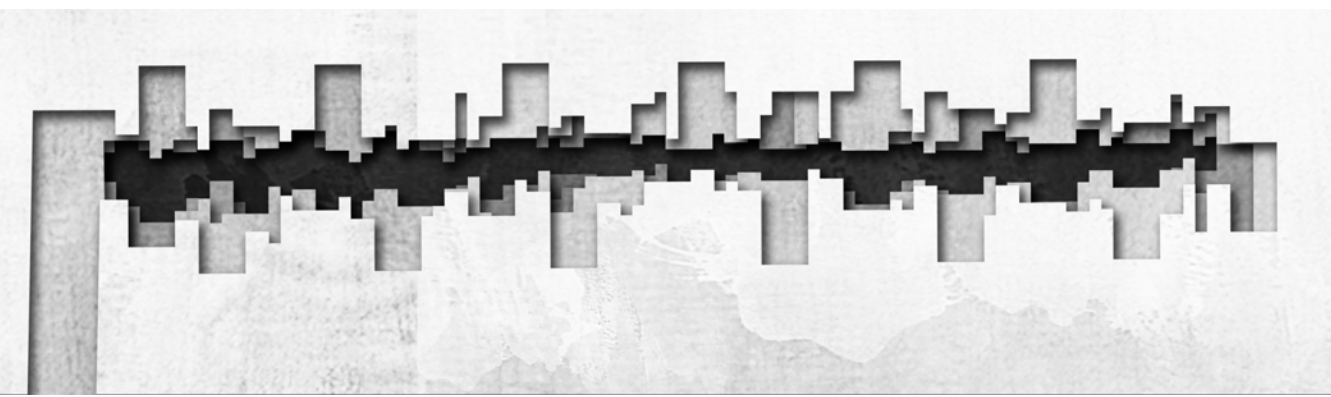
βιβλιοθήκη | σχολείο

Πέρα από τις λειτουργίες που συμμερίζεται με το αμφιθέατρο, η βιβλιοθήκη αποτελεί ένα είδος κιβωτού του καταφυγίου. Σε αυτό τον χώρο μπορεί να φυλαχτεί ένα μεγάλο μέρος εκπαιδευτικού υλικού και όχι μόνο, το οποίο θα προφυλάσσεται από την εξωτερική διαβρωτική ατμόσφαιρα που ακόμη και τώρα καταστρέφει πολλά έργα του ανθρώπινου γνωστικού πλούτου. Κατά την διάρκεια χρήσης του καταφυγίου το περιεχόμενο της βιβλιοθήκης θα χρησιμοποιείται για την ψυχαγωγία των κατοίκων και την εκπαίδευση του νεαρότερου πληθυσμού.

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

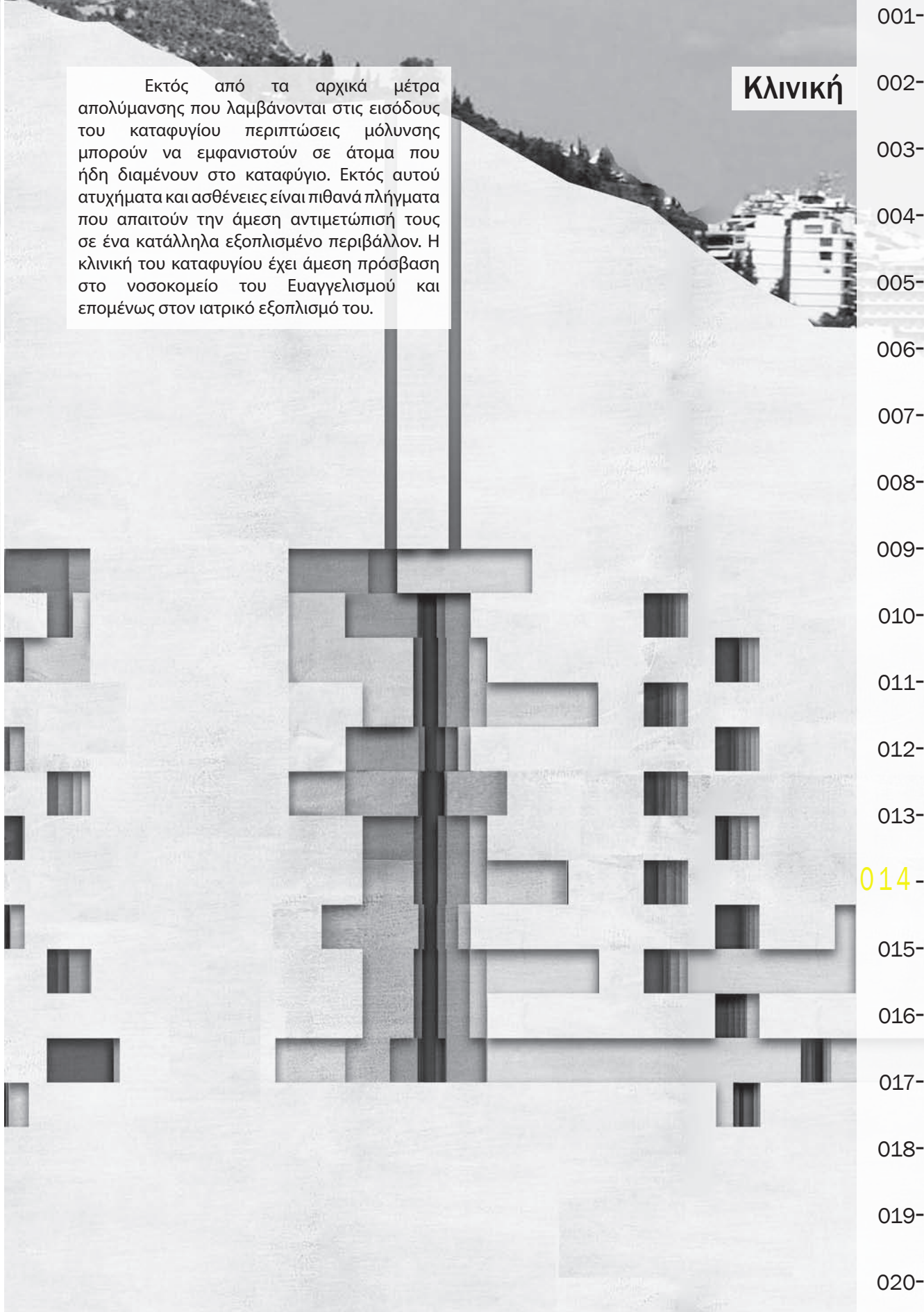


001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



Εκτός από τα αρχικά μέτρα απολύμανσης που λαμβάνονται στις εισόδους του καταφυγίου περιπτώσεις μόλυνσης μπορούν να εμφανιστούν σε άτομα που ήδη διαμένουν στο καταφύγιο. Εκτός αυτού ατυχήματα και ασθένειες είναι πιθανά πλήγματα που απαιτούν την άμεση αντιμετώπισή τους σε ένα κατάλληλα εξοπλισμένο περιβάλλον. Η κλινική του καταφυγίου έχει άμεση πρόσβαση στο νοσοκομείο του Ευαγγελισμού και επομένως στον ιατρικό εξοπλισμό του.

Κλινική



- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-

H₂O

Κάθε Φθινόπωρο και Χειμώνα μετά από μεγάλες βροχοπτώσεις πολλές πολυκατοικίες και άλλα κτίρια με υπόγεια σε συγκεκριμένα σημεία της Αθήνας αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα από τα νερά που πλημμυρίζουν. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι κατά την οικοδόμηση της πόλης από την αρχαία Αθήνα μέχρι σήμερα πολλά ποτάμια, παραπόταμοι και χείμαροι θάφτηκαν κάτω από τσιμέντο και άσφαλτο. Τα υδροφόρα αυτά ρεύματα συνεχίζουν να κυλούν υπογείως αλλά κατά την περίοδο των βροχών η άνοδος του υδροφόρου ορίζοντα έχει ως αποτέλεσμα την διέξοδό τους στα υπόγεια και στους δρόμους από τα φρεατία των αποχετεύσεων.

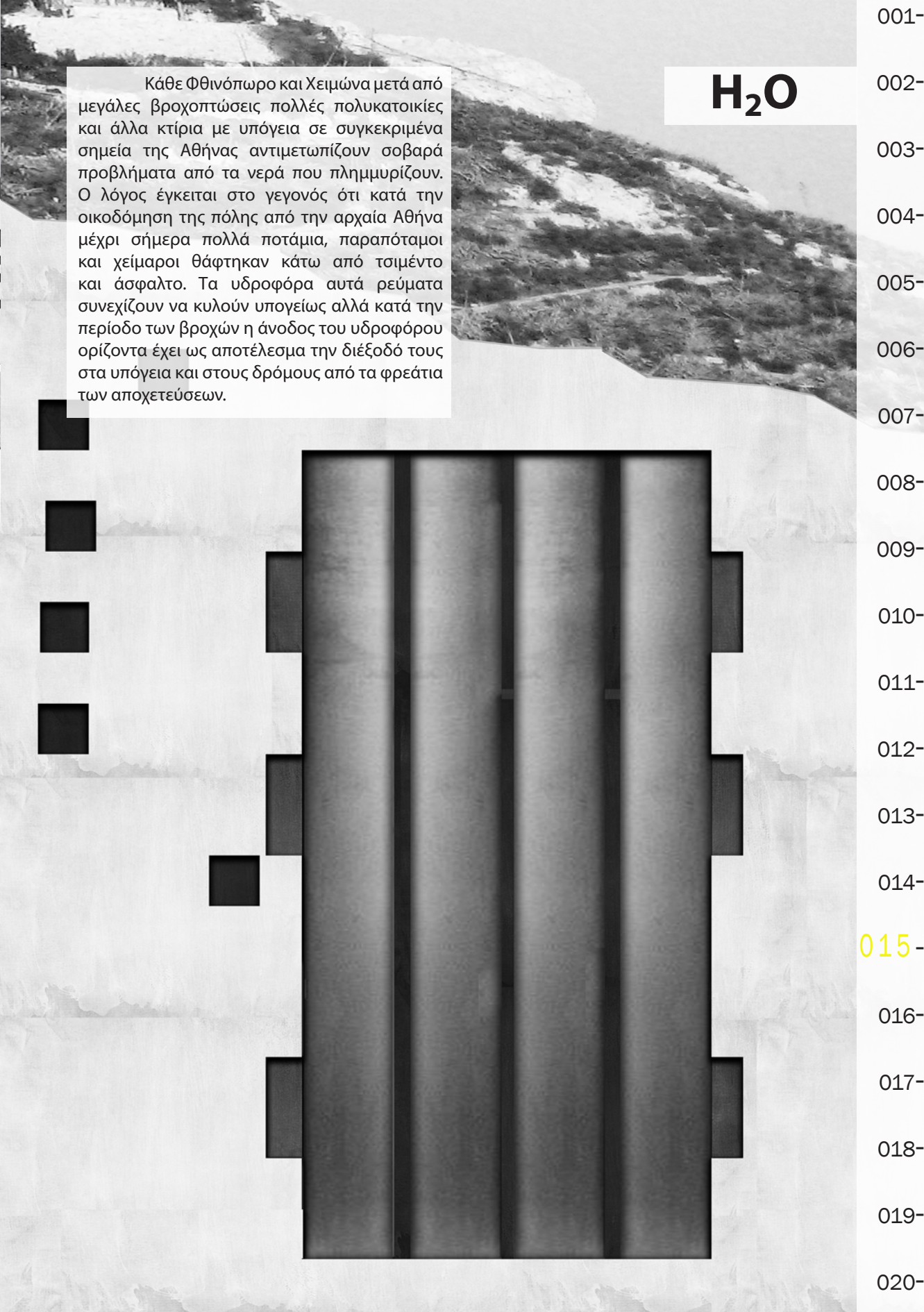
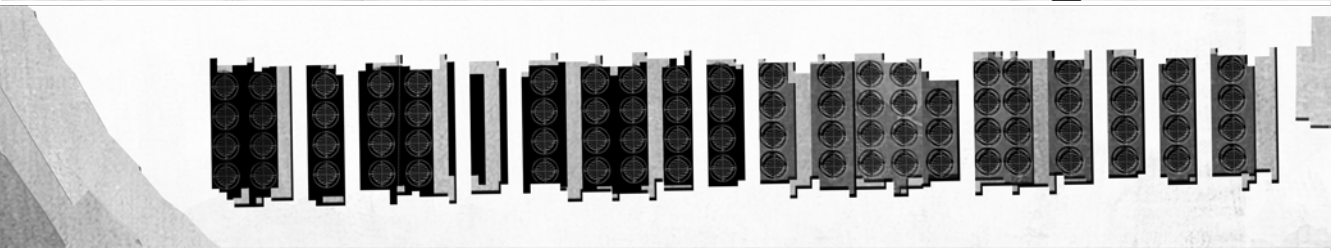
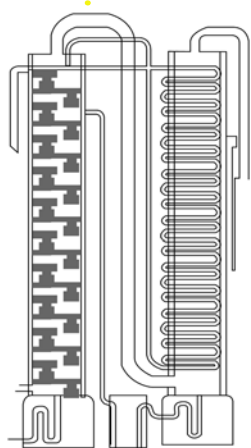
Από τον Λυκαβηττό πηγάζουν τουλάχιστον δύο ποτάμια που γνωρίζουμε⁴, ο Βοΐοδοπνίχτης και ο Ηριδανός. Ο Ηριδανός, ο μόνος αρχαίος ποταμός του οποίου τμήματα έχουν αποκαλυφθεί στο Μετρό Συντάγματος, στο Μοναστηράκι και στον Κεραμεικό είναι ο Ηριδανός, του οποίου οι πηγές εντοπίζονται στη νοτιοδυτική πλαγιά του Λυκαβηττού. Η κοίτη του, σύμφωνα με μετρήσεις, έχει πλάτος έως 20 μέτρα δυτικά της πλατείας Συντάγματος και βρίσκεται σε βάθος τουλάχιστον 6 μέτρων από την επιφάνεια. Από εκεί, κατευθυνόμενος σχεδόν παράλληλα με την οδό Μητροπόλεως ο Ηριδανός φτάνει στην πλατεία στο Μοναστηράκι, στη Ρωμαϊκή Αγορά, τον Κεραμεικό και μπαίνει κάτω από την Πειραιώς. Λίγο πιο κάτω πιθανολογείται ότι η πορεία του στρέφεται προς νότο και εκτιμάται ότι ενώνεται με τον Ιλισό, λίγο πριν ο τελευταίος ενωθεί με τον Κηφισό κάτω από την οδό Χαροκόπου στην Καλλιθέα. Ο Βοΐοδοπνίχτης πηγάζοντας από την νοτιοδυτική πλαγιά, ακολουθεί νοτιοδυτική κατεύθυνση διασταυρώνεται με τον Ηριδανό και συνεχίζει προς την περιοχή της Ομόνοιας πρίν ξαναενωθεί με τον Ηριδανό.

Το υδραγωγείο του καταφυγίου βρίσκεται στο σημείο όπου πηγάζουν και οι δύο αυτοί ποταμοί. Το νερό που έχει ήδη φιλτραριστεί από τον βράχο συλλέγεται στο υδραγωγείο και απο εκεί υπόκειται σε διύλιση πρίν προωθηθεί στο σύστημα υδροδότησης του καταφυγίου.

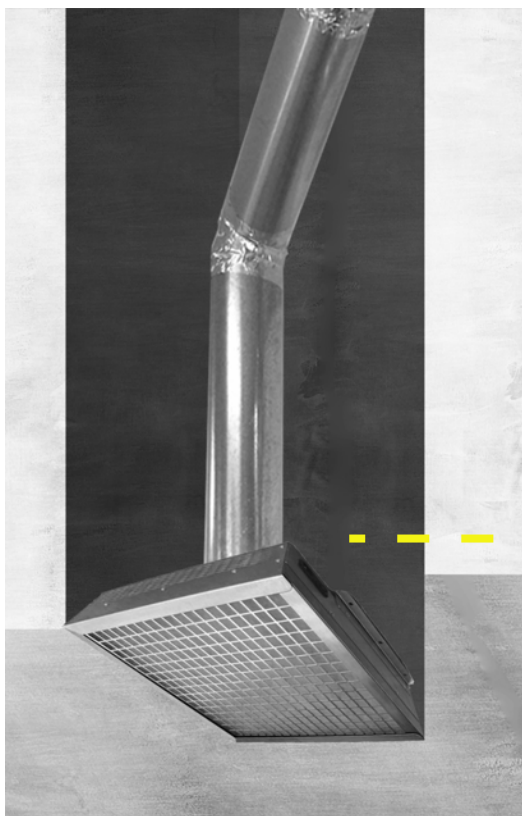
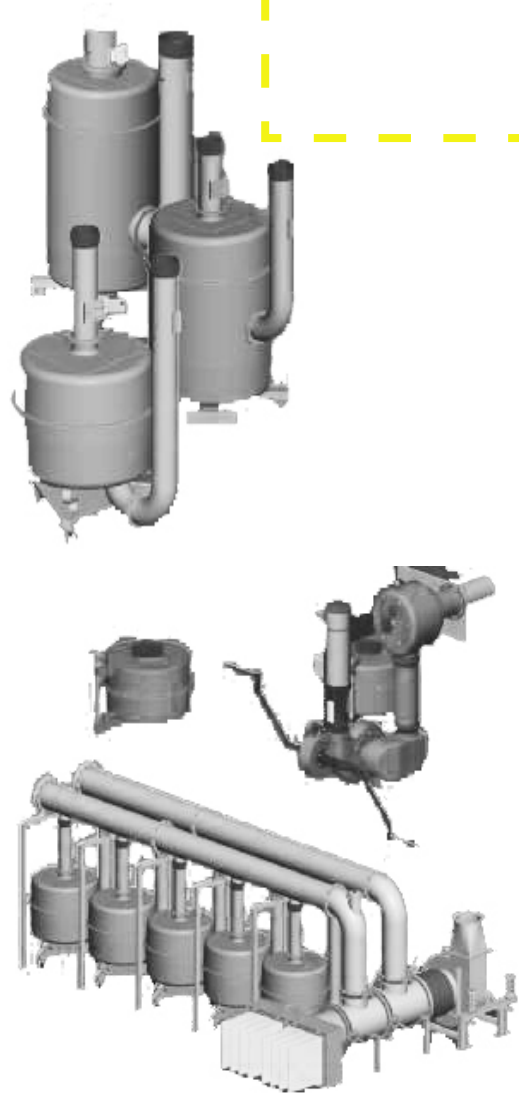
4. Τα Νέα Online, *Κάτω από την άσφαλτο υπάρχει το ποτάμι*, Σάββατο 04 Ιουλίου 2009 < <http://www.tanea.gr/ellada/article/?aid=4524936> >

υπόγεια ποτάμια
της Αθήνας

διύλιστήριο



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



εξαερισμός
Κάθε τμήμα του καταφυγίου έχει την δική του πρόσβαση στην επιφάνεια, όπου ειδικά μηχανήματα φιλτράρουν και προωθούν αέρα στις σωλήνες εξαερισμού όπου ο αέρας ξαναφιλτράρεται πρίν ελευθερωθεί στο εσωτερικό του καταφυγίου από φίλτρα NBC (nuclear, biological, chemical).

O₂

001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-

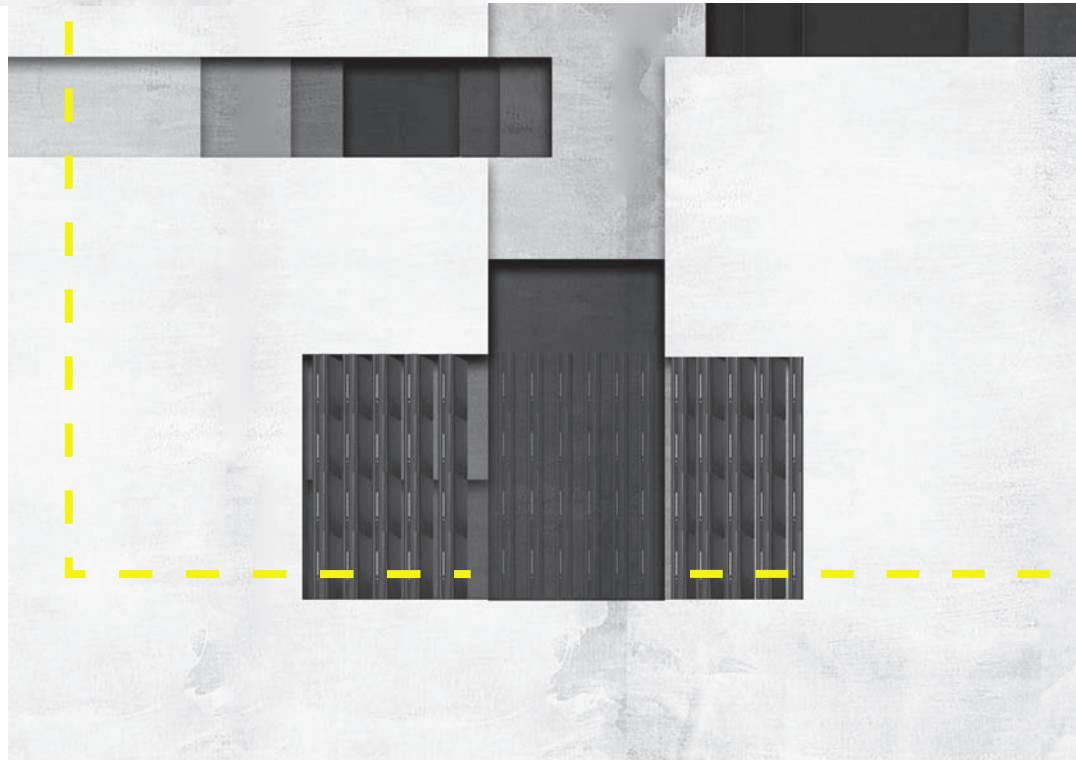
ηλιακοί + πόλη

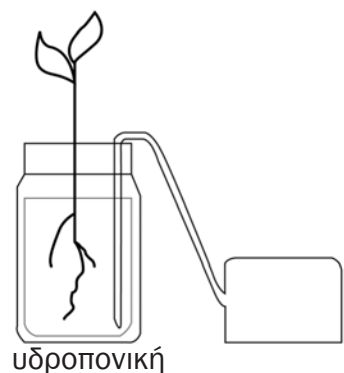
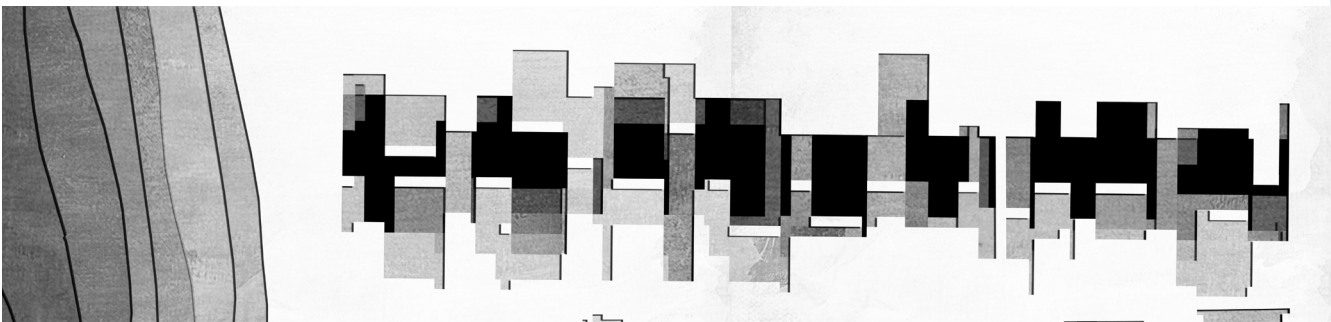
Πολλές από τις λειτουργίες του καταφυγίου απαιτούν ενέργεια. Η διαμονή στο καταφύγιο μπορεί να διαρκέσει από μερικές μέρες έως και μήνες. Στην πιθανότητα που το διάστημα που το καταφύγιο θα κατοικηθεί υπερβεί τις 3 εβδομάδες η ενέργεια είναι αναγκαίο να είναι ανανεώσιμη. Ειδάλλως απόθεμα ενέργειας σε μπαταρίες βρίσκεται σε υπόγειους αποθηκευτικούς χώρους κάθε τμήματος. Μετά την τρίτη εβδομάδα ενεργοποιείται το σύστημα που ενώνει τους ηλιακούς θερμοσίφωνες της πόλης με τον κεντρικό συλλέκτη ενέργειας, επαναφορτίζοντας έτσι τις μπαταρίες. Οι θερμοσίφωνες της κάθε πολυκατοικίας μετατρέπονται σε ηλιακούς συλλέκτες του καταφυγίου και η πόλη σε ένα ηλιακό χωριό και βασική πηγή ενέργειας του καταφυγίου.



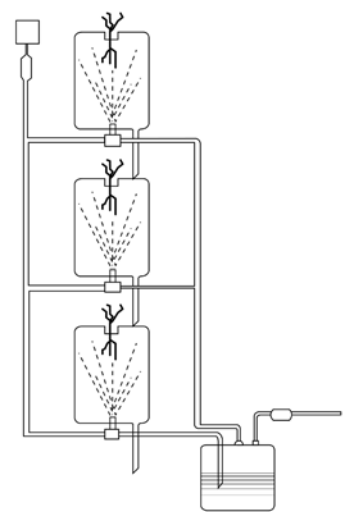
E

- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-

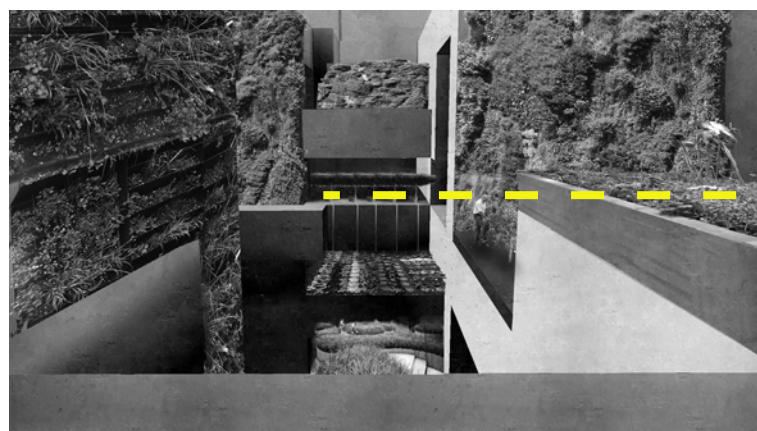




υδροπονική



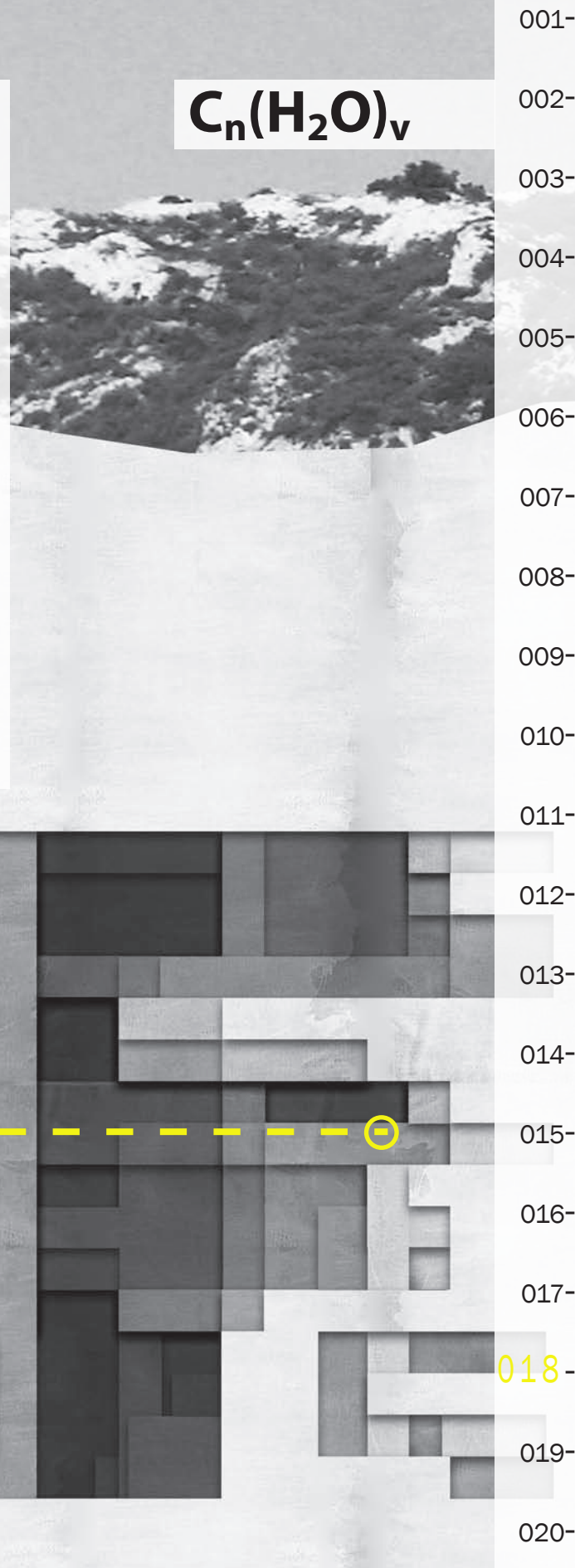
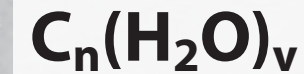
αεροπονική



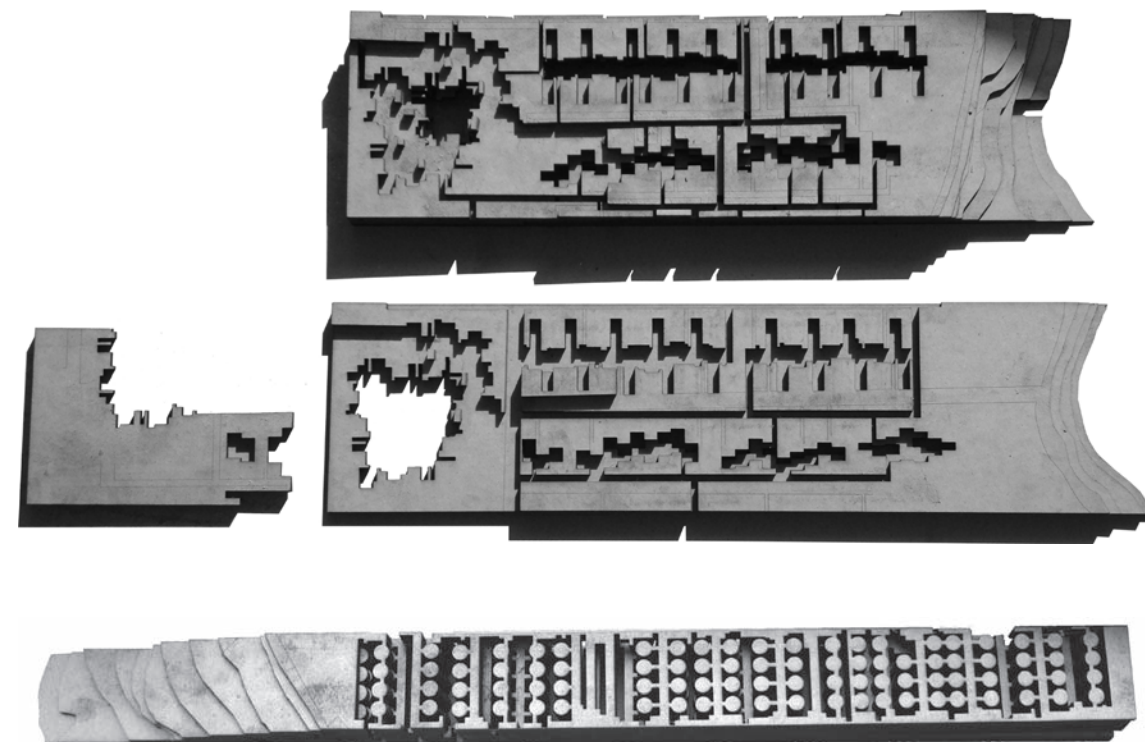
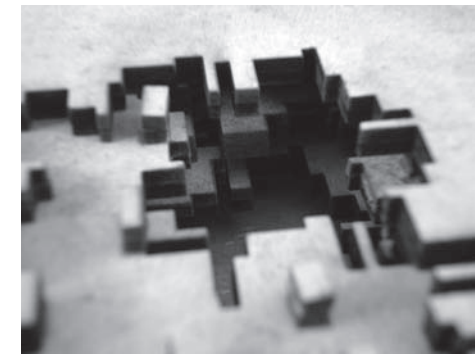
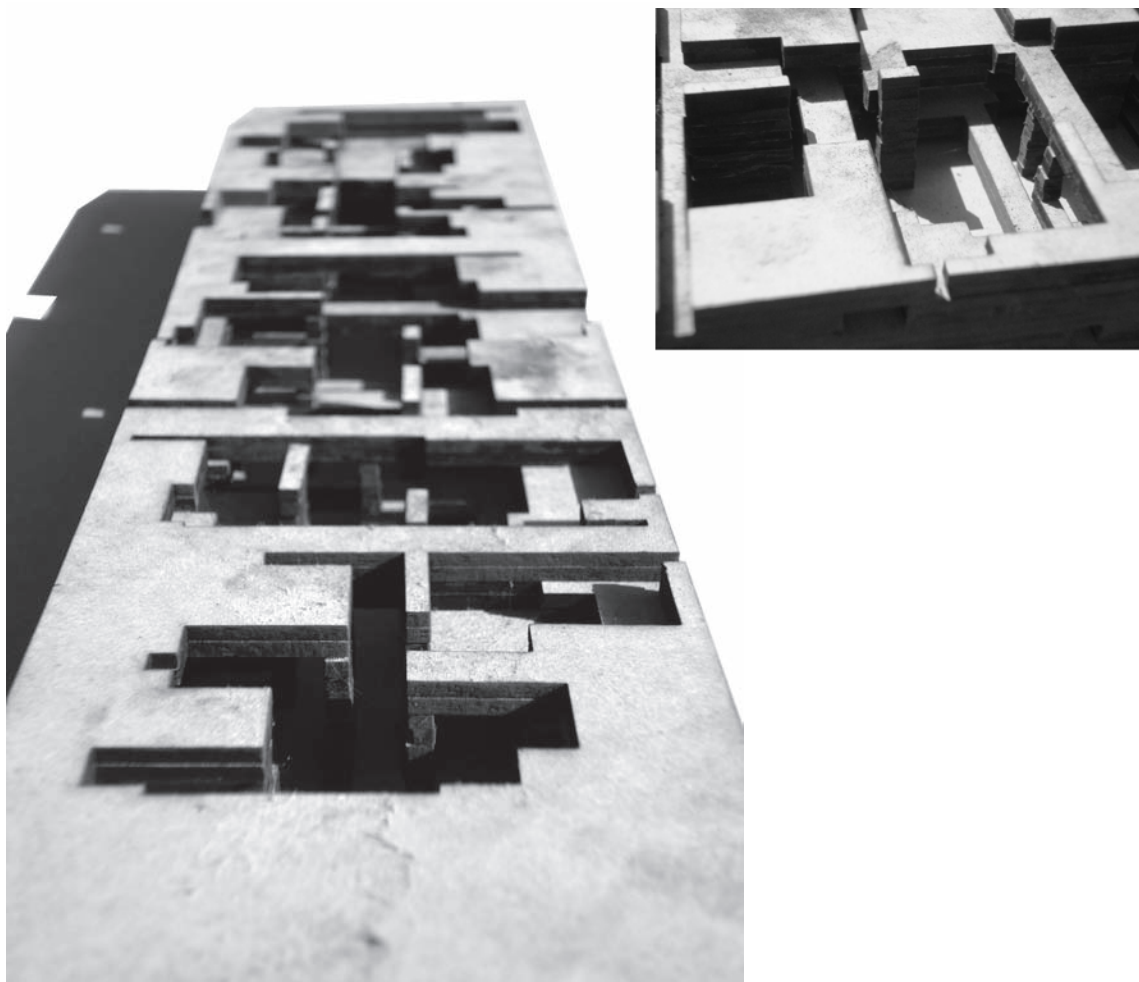
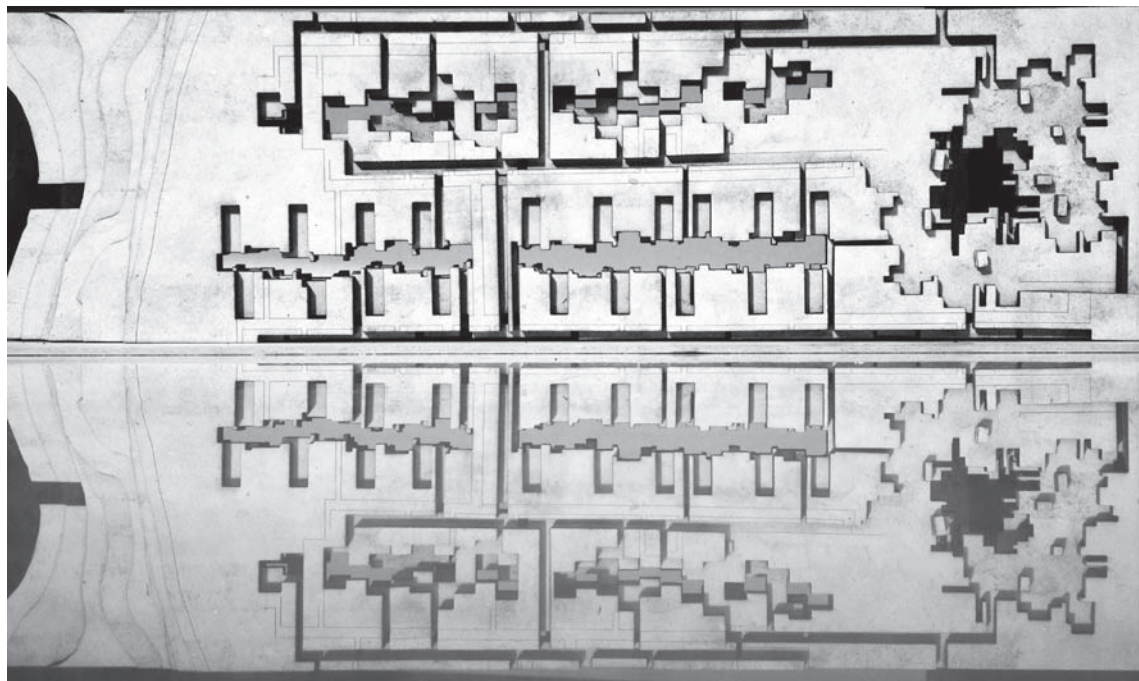
Οι χώροι των καλλιέργειών είναι οι μεγαλύτεροι του καταφυγίου. Η λειτουργία τους απαιτεί το μεγαλύτερο τμήμα του χρόνου των κατοίκων και απαιτεί το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού για να λειτουργήσει επιτυχώς. Κάθε χώρος ανατίθεται σε μια ομάδα ατόμων που αναλαμβάνουν την φύτευση, την φροντίδα και την συγκομιδή διαφορετικών ειδών φυτών.

Οι καλλιέργειες είναι η βασική αν όχι και η μόνη πηγή τροφής του καταφυγίου. Βασίζονται σε μια σύγχρονη μέθοδο υπόγειας καλλιέργειας⁵ με την χρήση ειδικού φωτισμού, μεθόδους υδροπονικής και αεροπονικής. Λευκά ή RGB LEDs και metal halids spotlights χρησιμοποιούνται για τα άνθη, metal halids λάμπες και λαμπτήρες υψηλού νατρίου πίεσης για τα δημητριακά, υψηλής συχνότητας φθορισμού λαμπτήρες για τα φρούτα και τα λαχανικά. Η χρήση των λαμπτήρων έχει υψηλή κατανάλωση ενέργειας που όμως αντισταθμίζεται από την τριπλάσια συγκομιδή που θα είχαν κανονικά σε κανονικές συνθήκες σε έναν χρόνο.

5. Pasona O2 : *Urban Underground Farming*, <<http://www.treehugger.com/green-food/pasona-o2-urban-underground-farming.html>>



001-
002-
003-
004-
005-
006-
007-
008-
009-
010-
011-
012-
013-
014-
015-
016-
017-
018-
019-
020-



Μοντέλο

- 001-
- 002-
- 003-
- 004-
- 005-
- 006-
- 007-
- 008-
- 009-
- 010-
- 011-
- 012-
- 013-
- 014-
- 015-
- 016-
- 017-
- 018-
- 019-
- 020-

- A.Δάρας, 2004, *Το παντορροϊκό σύστημα της Αθήνας*, ημερίδα «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής», Αθήνα
- E. Κορρές, Αθήνα 1993: Από την Πεντέλη στο Παρθενώνα
- Γ. Κωνσταντοπούλου, Ι.Γ.Μ.Ε(δ/ση τεχνικής γεωλογίας), *Η εμπειρία από την αποκατάσταση των εγκαταλειμμένων λατομείων του λεκανοπεδίου Αθηνών*, τεύχος VI «Ν. Αττικής», Αθήνα 2009
- Δ. Ι. Παπανικολάου, Σ. Γ. Λόζιος, Κ. Ι. Σούκης και Εμ. Ν. Σκούρτσος, *Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΛΛΟΧΘΟΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ «ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΩΝ ΑΘΗΝΩΝ»*, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Παν/μιο Αθηνών.
- Bullock, R.L., 1994, '*Underground hard rock continuous mining*', Mining Engineering, November 1994, pp. 1254-1258.
- Chadwick, J., 1995, '*Mechanised drivage*', Mining Magazine, April, 1995, pp. 227-236.
- CMTE, 2000, '*Oscillating disc cutter*' [Online, accessed 4/5/00], <<http://www.cmtte.org.au> <http://www.cmtte.org.au>>, Centre for Mining Technology and Equipment, Brisbane, Australia.
- Forrester, D. 1996, '*Underground continuous mining – an overview*', CIM Bulletin, vol. 89, no. 1000, pp32-37, May 1996.
- Gertsch, R.E., 1994, '*Mechanical mining – challenges and directions*', Mining Engineering, November 1994, pp. 1250-1253.
- Hood, M.C. and Roxborough, F.F., '*Rock breakage – mechanical*', SME Mining Engineering Handbook, Chapt 9.1, vol. 1, pp. 680-721, Hartman, (Ed.), H.L., Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., Littleton, Colorado.
- Olson, J., 1993, '*Rapid excavation research – a retrospective view*', Proceedings of Mine Mechanisation and Automation conference, Editors Algren et al, Balkema, Rotterdam.
- Speight, H., 1997, '*Observations on drag tool excavation and the consequent performance of roadheaders in strong rock*', The AusIMM Proceedings, No. 1, 1997.
- Αττικό Μετρό, [Online, accessed 10/1/12] < <http://www.ametro.gr>>
- Τα Νέα Online, *Κάτω από την ασφαλτο υπάρχει το ποτάμι*, Σάββατο 04 Ιουλίου 2009 < <http://www.tanea.gr/ellada/article/?aid=4524936>>
- G-Can, *Tokyo flood tunnels*, [Online, accessed 12/2/12] <<http://paradoxoff.com/tokyo-flood-tunnels---g-cans-project.html>>
- Graniteland, *Quarry Equipment General considerations*, [Online, accessed 10/1/12] <<http://www.graniteland.com/infos/production/quarry-equipment>>
- Pasona O2 : *Urban Underground Farming*, [Online, accessed 12/2/12] <<http://www.treehugger.com/green-food/pasona-o2-urban-underground-farming.html>>
- Richard Ross, 2004, *Waiting for the end of the world*, Princeton Architectural Press, [Online, accessed 12/2/12] <<http://www.richardross.net/portfolios/13081-waiting-for-the-end-of-the-world>>

