



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ
ΣΙΔΗΡΟΝΙΚΕΛΙΟΥ ΣΤΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΕΥΒΟΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΑΦΕΙΡΟΥΛΗ - ΒΡΕΤΟΥ ΦΑΝΗ
ΠΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή

Μαρία Μενεγάκη

Επίκουρη καθηγήτρια (επιβλέπουσα)

Δαμίγος Δημήτριος

Αναπληρωτής καθηγητής

Μπενάρδος Ανδρέας

Επίκουρος καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Copyright © Ζαφειρούλη - Βρετού Φανή, Πουλοπούλου Ιωάννα, 2016

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Τα τελικά συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το κείμενο εκφράζουν αποκλειστικά τους συγγραφείς και δεν πρέπει να παρερμηνευτεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ή της Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ.

Απαγορεύεται η αντιγραφή και η διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η άντληση στοιχείων, η αποθήκευση και η διανομή αυτών για σκοπό εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως.

Αφιερώνεται στους μεταλλειολόγους που βρίσκονται στην πρώτη γραμμή.

Κόντρα στο συμβιβασμό, κόντρα στην υποταγή.

Αφιερώνεται στον Αριστερό Χώρο Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών...

Πρόλογος

Οι αποφάσεις για τη δημιουργία μεταλλευτικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων, όπως ένα μεταλλείο, βασίζονται κυρίως στα αποθέματα του μεταλλεύματος. Με βάση την εκτίμηση των αποθεμάτων επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος εξόρυξης ενός κοιτάσματος και προγραμματίζονται τα στάδια του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης. Η παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματεύεται σε ένα πρώτο επίπεδο, την εκτίμηση των αποθεμάτων ενός σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος και σε ένα δεύτερο επίπεδο, το σχεδιασμό της υπαίθριας εκμετάλλευσης του κοιτάσματος.

Η διπλωματική εργασία δομείται ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται η συμβολή του νικελίου και των σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων στην τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τη Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ, οι οποίες αφορούν κυρίως τη μέθοδο εκμετάλλευσης που χρησιμοποιεί η εταιρία, το μηχανολογικό εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις της εταιρίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνονται γεωλογικά, κοιτασματολογικά και ορυκτολογικά στοιχεία της Κεντρικής Εύβοιας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται η γεωγραφική θέση και τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται οι αρχές της διαδικασίας της εκτίμησης αποθεμάτων μέσα από την ενότητα «σημασία υπολογισμού αποθεμάτων» και την ενότητα «κύριες διαδικασίες μοντελοποίησης».

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν από την κατασκευή του block model του κοιτάσματος έως τον τελικό σχεδιασμό της εκμετάλλευσης, όπως πραγματοποιήθηκαν από το μεταλλευτικό πρόγραμμα SURPAC 6.1.2, λογισμικό της εταιρίας Dassault Systèmes GEOVIA.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα και ολοκληρώνεται η διπλωματική εργασία.

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, η συνεργασία μας με τα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας καθώς και με τους εργαζόμενους της Λάρκο ήταν άψογη σε επιστημονικό επίπεδο, όπως και σε οργανωτικό επίπεδο. Θα θέλαμε, αρχικά, να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μας εργασίας, Μαρία Μενεγάκη, για τη συμβολή της στη διαμόρφωση του παρόντος θέματος. Η εμπιστοσύνη που μας έδειξε στάθηκε αρωγός ώστε να ξεπεραστούν ταχύτατα όλες οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε κατά τη συγγραφή της εργασίας. Έτσι, με τη συνεχή καθοδήγηση και τις επιστημονικές γνώσεις τις οποίες μας παρείχε, ολοκληρώσαμε την εργασία με άριστη διάθεση και δημιουργικότητα.

Η υπομονή, η κατανόηση και η εφευρετικότητα δεν αρκούν για να χαρακτηρίσουν τον Αθανάσιο Μαυρίκο, μέλος του εργαστηρίου Μεταλλευτικής τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής, ο οποίος άρτια, επιστημονικά καταρτισμένος, και άριστος γνώστης του προγράμματος, συνέβαλλε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής, από το πιο μικρό, έως το πιο σύνθετο. Τον ευχαριστούμε θερμά για τη συμβολή του και το χρόνο που διέθεσε για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ, και συγκεκριμένα το γεωλόγο της εταιρίας κ. Σπύρο Παππά, ο οποίος δέχτηκε εξ αρχής να μας βοηθήσει και μας ενθάρρυνε για το θέμα που επιλέξαμε. Μας παρείχε όλες τις πληροφορίες τις οποίες χρειαστήκαμε, οποιαδήποτε στιγμή τις αναζητήσαμε, επιδεικνύοντας έτσι, έναν άρτιο επαγγελματισμό.

Ονομαστικές ευχαριστίες στους συμφοιτητές-συντρόφους μας δε χρειάζονται, καθώς μαζί εκτιμήσαμε το δύσκολο, συλλογικό δρόμο. Τους ευχαριστούμε θερμά για την παρέμβασή τους στην αισθητική επιμέλεια της διπλωματικής μας εργασίας.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι αρχικά, η εκτίμηση των αποθεμάτων του σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος Σούρτζι, το οποίο εκτείνεται εντός της παραχωρηθείσας μεταλλευτικής περιοχής της εταιρίας Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ στην Κεντρική Εύβοια. Συγκεκριμένα, το υπό μελέτη κοιτάσμα βρίσκεται βορειοανατολικά του δημοτικού διαμερίσματος των Άκρων, στο δήμο Διρφύων-Μεσσαπίων και αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και 198 m από την επιφάνεια του εδάφους

Η εκτίμηση των αποθεμάτων πραγματοποιήθηκε βάσει των γεωλογικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος και των δεδομένων των γεωτρήσεων. Αρχικά, δημιουργήθηκε η προσομοίωση της οροφής και του δαπέδου του κοιτάσματος και έπειτα, κατασκευάστηκαν block models διαφορετικών χαρακτηριστικών προκειμένου να διαμορφωθεί το βέλτιστο μοντέλο του κοιτάσματος. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν τρεις κώνοι εκμετάλλευσης και επιλέχθηκε ο ιδανικότερος, με δεδομένο τη σχέση εκμετάλλευσης όπως δόθηκε από την εταιρία, δηλαδή 15 tn/tn, προκειμένου να διαμορφωθεί το τελικό σχέδιο της εκμετάλλευσης.

Η εκμετάλλευση σχεδιάστηκε με βαθμίδες κλίσης 76°, ύψους 15 m και πλάτους 8 m, ενώ η συνολική κλίση του πρανούς διαμορφώθηκε στις 52°. Ο συνολικός όγκος των αποθεμάτων από τον προτεινόμενο σχεδιασμό υπολογίστηκε σε 2.970.900 m³ ή 9.803.970 tn, με σχέση εκμετάλλευσης 14,71 tn/tn.



Abstract

The purpose of the current thesis is the assessment of the ferronickel ore deposit resource "Sourtzi", which extends into the mining concession area of LARCO G.M.M.S.A. at the central part of Evia. More specifically, the deposit under investigation is located at the northeastern area of the municipal district "Akres", which belongs to the municipality of "Dirfion – Messapion". The deposit expands at a depth of 198 m from the ground surface.

Estimation of the resources was based on the geological characteristics of the ore deposit and the available drilling data. Initially, the roof and the floor of the deposit were simulated and block models with different properties were created, in order to select the optimum ore model. Then, after developing three exploitation conical pits, the ideal one was chosen, considering the break-even stripping ratio as determined by the company, i.e. 15 tn/tn, in order to form to the design of the exploitation.

The benches were designed with a slope angle of 76° , 15 m height and 8 m width. The final slope angle was 52° . The ore reserves were estimated at $2.970.900 \text{ m}^3$ (9.803.970 tn), with a stripping ratio of 14.71 tn/tn.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Χρήσεις νικελίου (Roskill Nickel Market Outlook 2018 n.d.).....	18
Εικόνα 1.2. Χρήσεις νικελίου (Ime n.d.) (oryktosploutos n.d.).....	19
Εικόνα 1.3. Εξαγωγές ορυκτών, πετρωμάτων και μεταλλευμάτων το 2009.....	21
Εικόνα 1.4. Λατερίτης (Ε.Κ.Π.Α. n.d.)	22
Εικόνα 2.1. Ετήσια παραγωγή νικελίου της Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ, 2010-2014 (oryktosploutos n.d.) ..	24
Εικόνα 2.2. Εγκαταστάσεις της Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ (eviawelle n.d.)	30
Εικόνα 2.3: Διατρητικοί φορείς ATLAS COPCO (playground 2016)	31
Εικόνα 2.4 Ελαστιχοφόρος φορτωτής (mascus 2016)	31
Εικόνα 2.5. Φορτηγά KOMATSU για μεταφορά μεταλλεύματος και στείρου	32
Εικόνα 2.6. Θραυστήρας της Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ (oryktosploutos n.d.)	33
Εικόνα 3.1. Στρωματογραφική στήλη της Πελαγογικής ζώνης μη μεταμορφωμένων σχηματισμών της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας (Βασιλείου 2013)	35
Εικόνα 3.2. Κοίτασμα καρστικού νικελίου. Το σιδηρονικελιούχο μέταλλευμα αποτέθηκε εντός καρστικού εγκοίλου τριαδικό-ιουρασικών ασβεστολίθων της Υποελαγικής και καλύπτεται από ασβεστολίθους Ανωκρητιδικής ηλικίας (Ε.Κ.Π.Α. n.d.).....	36
Εικόνα 3.3. Κατανομή της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στους σταθμούς της περιοχής	44
Εικόνα 3.4. Υδρολιθολογικός χάρτης λεκάνης Ψαχνών (Μεσάπιου) Εύβοιας.....	44
Εικόνα 4.1. Φωτογραφία από πίνακα με τα υψόμετρα των βαθμίδων μετά από επίσκεψη στα μεταλλεία Ευβοίας.....	46
Εικόνα 4.2. Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής (google maps n.d.).....	47
Εικόνα 4.3. Παλαιότερη ανοιχτή εκσκαφή στην περιοχή ενδιαφέροντος (κοίτασμα Σούρτζι)	48
Εικόνα 4.4. Χοανοειδής επιφανειακή εκμετάλλευση. Κοίτασμα το οποίο εκτείνεται σε μικρή απόσταση από το Σούρτζι.....	48
Εικόνα 6.1. Πρώτο βήμα δημιουργίας της βάσης δεδομένων (geotriseis).....	59
Εικόνα 6.2. Προσθήκη και ορισμός πινάκων από τους οποίους θα παίρνει τιμές η βάση δεδομένων.	60
Εικόνα 6.3. Ορισμός πεδίων των πινάκων collar, survey, translation & assay	61
Εικόνα 6.4. Δημιουργία αρχείου της μορφής .dsc το οποίο μας δίνει πληροφορίες για τη βάση δεδομένων	61
Εικόνα 6.5. Επιλογή πινάκων οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται στη βάση δεδομένων	62
Εικόνα 6.6. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (collar)	62
Εικόνα 6.7. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (survey)	62
Εικόνα 6.8. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (assay).....	62

Εικόνα 6.9. Αντιστοίχιση αρχείων προκειμένου να πάρουν στοιχεία οι πίνακες.....	63
Εικόνα 6.10. Αρχείο αναφοράς της μορφής .csv	64
Εικόνα 6.11. Κεφαλές των γεωτρήσεων, αρχείο geotriseis.dtb.....	64
Εικόνα 6.12. Ορισμός παραμέτρων για τον προσδιορισμό των τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων	65
Εικόνα 6.13. Αρχείο για τον προσδιορισμό των τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων	66
Εικόνα 6.14. Ορισμός παραμέτρων για τη διάκριση μεταλλεύματος και στείρου	67
Εικόνα 6.15. Το πρώτο αρχείο της μορφής .str.....	68
Εικόνα 6.16. Το δεύτερο αρχείο της μορφής .str	69
Εικόνα 6.17. Διαμόρφωση της οροφής.....	69
Εικόνα 6.18. String file με την οροφή του κοιτάσματος.....	70
Εικόνα 6.19 Διαμόρφωση του δαπέδου	70
Εικόνα 6.20. String file με το δάπεδο του κοιτάσματος	71
Εικόνα 6.21. Οροφή του κοιτάσματος,(αρχείο neworofi.dtm)	71
Εικόνα 6.22. Δάπεδο του κοιτάσματος (αρχείο newdapedo.dtm)	72
Εικόνα 6.23. Report με την ογκομέτρηση μεταξύ της οροφής και του δαπέδου	72
Εικόνα 6.24. Πρώτο βήμα δημιουργίας των block models.....	75
Εικόνα 6.25. Εισαγωγή των συντεταγμένων για τη δημιουργία των block models	76
Εικόνα 6.26. Επιβεβαίωση χαρακτηριστικών των block models	76
Εικόνα 6.27. Αρχείο της μορφής .mdl (Block model).....	77
Εικόνα 6.28. Ορισμός παραμέτρων για το στοιχείο που μας ενδιαφέρει, ακριβέστερα δε το νικέλιο	78
Εικόνα 6.29. Το νικέλιο εισήχθη ως το πρώτο πεδίο περιγραφής (description field).....	79
Εικόνα 6.30. Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία των μοντέλων	80
Εικόνα 6.31. Διαμόρφωση του τετραγώνου της απόστασης και των υποblocks.....	81
Εικόνα 6.32. block 10 με εύρος δειγμάτων επιρροής 2-12	85
Εικόνα 6.33. block 18 με εύρος δειγμάτων επιρροής 2-12	85
Εικόνα 6.34. Μέγιστο δείγμα επιρροής της κάθε γεώτρησης (15 γεωτρήσεις)	86
Εικόνα 6.35. block size 40×40	86
Εικόνα 6.36. block size 30×30	87
Εικόνα 6.37. block 5 - Ύψος Z: 1m	87
Εικόνα 6.38. block 16 Ύψος Z: 2 m.....	88
Εικόνα 6.39. Προβολή του μοντέλου με μοναδικό περιορισμό το τοπογραφικό ανάγλυφο	89
Εικόνα 6.40. Εισαγωγή περιορισμών για την εμφάνιση του block model.....	90

Εικόνα 6.41. Προβολή του μοντέλου με επιπλέον περιορισμό τα blocks με νικέλιο μεγαλύτερο από 05%.....	90
Εικόνα 6.42. Προβολή του μοντέλου με τους τρεις περιορισμούς που αναφέρθηκαν	91
Εικόνα 6.43. Εμφάνιση μοντέλου με διαβαθμίσεις στις τιμές του νικελίου.....	91
Εικόνα 6.44. Διαμόρφωση των διαβαθμίσεων στις τιμές του νικελίου.....	92
Εικόνα 6.45. Παρουσίαση του μοντέλου με την οροφή του κοιτάσματος και τις γεωτρήσεις.....	93
Εικόνα 6.46. Παρουσίαση του μοντέλου με το δάπεδο του κοιτάσματος	93
Εικόνα 6.47. Διαμόρφωση της αναφοράς του μοντέλου	94
Εικόνα 6.48. Αναφορά του μοντέλου με τον όγκο και τη μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο	95
Εικόνα 6.49. δημιουργία αναφοράς για τη σκάφη	97
Εικόνα 6.50. Ορισμός παραμέτρων για την εξαγωγή της πρώτης αναφοράς	98
Εικόνα 6.51. Ορισμός παραμέτρων για την εξαγωγή της δεύτερης αναφοράς	98
Εικόνα 6.52. 1 ^ο όριο εκσκαφής.....	99
Εικόνα 6.53. Πυθμένας 1 ^{ου} ορίου εκσκαφής στο υψόμετρο των 198 m	100
Εικόνα 6.54. 2 ^ο όριο εκσκαφής.....	101
Εικόνα 6.55. Πυθμένας 2 ^{ου} ορίου εκσκαφής στα 285 m υψόμετρο.....	101
Εικόνα 6.56. Υψομετρική διαφορά μεταξύ πρώτου και δεύτερου ορίου	102
Εικόνα 6.57. Τελικό όριο εκσκαφής.	103
Εικόνα 6.58. Υψομετρική διαφορά μεταξύ δεύτερου και τελικού ορίου εκσκαφής	103
Εικόνα 6.59. Αναφορά μεταλλεύματος και στείρου του τελικού ορίου με το οποίο θα προχωρήσουμε στο σχεδιασμό, σε αρχείο potepad	104
Εικόνα 6.60. Τοπογραφικό ανάγλυφο με ισοϋψείς ανά δύο μέτρα.....	105
Εικόνα 6.61. Τοπογραφικό ανάγλυφο σε ασπρόμαυρο χρώμα με ισοϋψείς ανά δύο μέτρα	106
Εικόνα 6.62. Όριο σχεδιασμού, ανώτερο όριο και πυθμένας	106
Εικόνα 6.63. Ανώτερο όριο της σκάφης	107
Εικόνα 6.64. Βόρειο τμήμα εκσκαφής και αναδιαμόρφωση του ορίου.....	107
Εικόνα 6.65. Βορειοανατολική πλευρά της εκσκαφής και αναδιαμόρφωση του ορίου.....	108
Εικόνα 6.66. Προέκταση του ορίου σχεδιασμού 8 m εξωτερικά	109
Εικόνα 6.67. Διαμόρφωση υψόμετρου της πρώτης βαθμίδας.....	110
Εικόνα 6.68. Διαμόρφωση κλίσης της πρώτης βαθμίδας.....	111
Εικόνα 6.69. Διεπαφή ισοϋψούς και ορίου εκσκαφής	111
Εικόνα 6.70. Διαμόρφωση ύψους της πρώτης βαθμίδας.....	112
Εικόνα 6.71. Διαμόρφωση πλάτους της πρώτης βαθμίδας	113
Εικόνα 6.72. Οι πρώτες βαθμίδες της εκσκαφής	113

Εικόνα 6.73. Βαθμίδες έως το υψόμετρο των 350 m.....	114
Εικόνα 6.74. Υψόμετρο των 530 m όπου οι βαθμίδες ξεκινούν να κλείνουν	115
Εικόνα 6.75. Βαθμίδες έως το υψόμετρο των 350 m.....	115
Εικόνα 6.76. Δημιουργία αρχείου της μορφής .dtm.....	116
Εικόνα 6.77. Αρχείο .dtm της εκσκαφής.....	116
Εικόνα 6.78. Τοπογραφικό ανάγλυφο και σκάφη σχεδιασμού	117
Εικόνα 6.79. Σκάφη σχεδιασμού με το αρχείο των γεωτρήσεων	117
Εικόνα 6.80. Σκάφη σχεδιασμού και δάπεδο του κοιτάσματος	118
Εικόνα 6.81. Σκάφη σχεδιασμού και block model.....	118
Εικόνα 6.82. Blocks τα οποία βρίσκονται εκτός της σκάφης σχεδιασμού.....	119

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 Εδαφολογικές Αναλύσεις της Κεντρικής Εύβοιας.....	41
Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες του χώρου επέμβασης	45
Πίνακας 6.1 Παράμετροι που περιλαμβάνονται στο πρώτο string file.....	67
Πίνακας 6.2 Παράμετροι που περιλαμβάνονται στο δεύτερο string file	68
Πίνακας 6.3 Μοντέλα που δημιουργήθηκαν με διαφοροποιήσεις σε έξι παραμέτρους.....	82
Πίνακας 6.4 Μοντέλα που δημιουργήθηκαν με διαφοροποιήσεις σε έξι παραμέτρους και απορρίφθηκαν εξ' αρχής.....	83
Πίνακας 6.5. Αναφορές των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν.....	104
Πίνακας 7.1 Μέγιστη ακτίνα επιρροής της κάθε γεώτρησης	121
Πίνακας 7.2 Πανομοιότυπα block models	122
Πίνακας 7.3 Αναφορές των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν.....	123

Περιεχόμενα

Πρόλογος	7
Περίληψη	9
Abstract	10
Κατάλογος Εικόνων	11
Κατάλογος Πινάκων	15
Περιεχόμενα	16
1 ΣΥΜΒΟΛΗ ΝΙΚΕΛΙΟΥ - ΣΙΔΗΡΟΝΙΚΕΛΙΟΥΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ.....	18
1.1 Σημασία και χρήσεις Νικελίου	18
1.2 Σημασία και χρήσεις Σιδηρονικελιούχων Μεταλλευμάτων	19
1.3 Κατηγορίες Λατεριτικών Σιδηρονικελιούχων Κοιτασμάτων	22
2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ.....	23
2.1 Προφίλ της εταιρίας - Ετήσια παραγωγή και διάθεση.....	23
2.2 Επεξεργασία Σιδηρονικελιούχου Μεταλλεύματος.....	25
2.3 Μέθοδος εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται από την εταιρία	28
2.4 Μηχανικός εξοπλισμός – Εγκαταστάσεις.....	30
3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	34
3.1 Στρωματογραφία	34
3.2 Τεκτονική.....	36
3.3 Μορφή των κοιτασμάτων	37
3.4 Ορυκτολογικά στοιχεία.....	37
3.5 Υδρογεωλογία	38
3.6 Μορφολογία του εδάφους	41
3.7 Βλάστηση - Πανίδα	42
3.8 Κλιματολογικά στοιχεία.....	43
4 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑ «ΣΟΥΡΤΖΙ»	45
5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ	49
5.1 Σημασία υπολογισμού αποθεμάτων	49
5.2 Εξελικτική πορεία διαδικασίας υπολογισμού αποθεμάτων	51

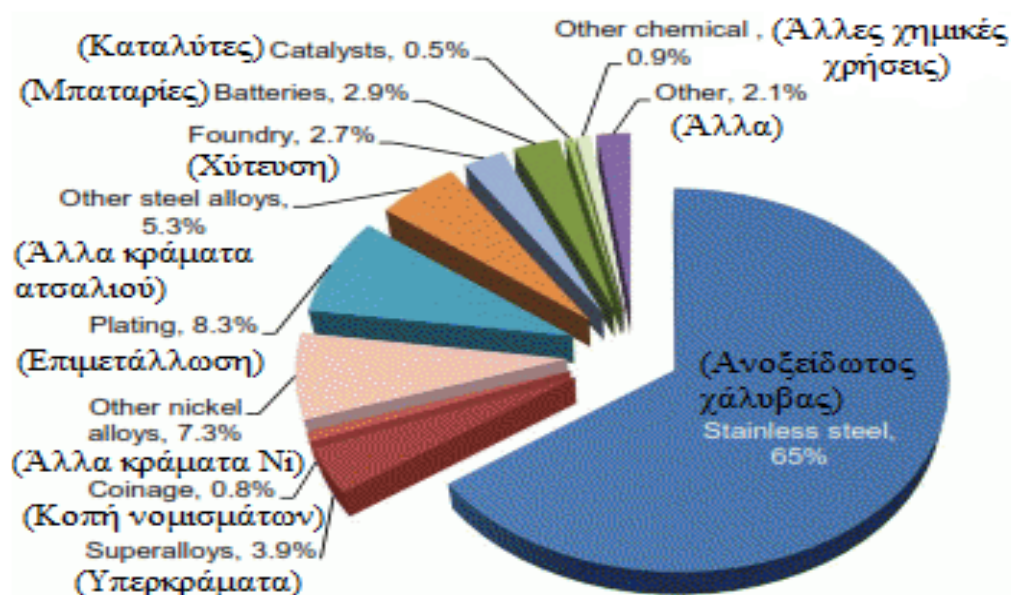
5.3	Κύριες διαδικασίες Μοντελοποίησης.....	53
5.4	Χωρικά Μοντέλα Δεδομένων	54
6	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΟΥΡΤΖΙ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	56
6.1	Η Μεταλλευτική δραστηριότητα μέσα από ένα ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον.	56
	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ (modules)	58
6.2	Δημιουργία της Βάσης Δεδομένων	58
6.3	Δημιουργία οροφής και δαπέδου του κοιτάσματος	66
6.4	Γενικά στοιχεία για τα Block Models	73
6.5	Κατασκευή Block Model με το Πρόγραμμα Surpac	73
	6.5.1 Μέθοδοι προσδιορισμού τιμών.....	78
	6.5.2 Παρουσίαση των Μοντέλων τα οποία απορρίφθηκαν και επιλογή του καταλληλότερου Μοντέλου-Παρατηρήσεις-Διαπιστώσεις	84
	6.5.3 Τρόπος παρουσίασης του Μοντέλου - Ορισμός παραμέτρων.....	89
6.6	Δημιουργία ορίων Εκσκαφής	95
	6.6.1 Μεθοδολογία δημιουργίας ορίων εκσκαφής μέσα από το πρόγραμμα Surpac.....	95
	6.6.2 Εμφάνιση των blocks με νικέλιο $\geq 0,5$	96
	6.6.3 Δημιουργία ανώτερου ορίου και πυθμένα της σκάφης.....	96
	6.6.4 Ομογενοποίηση της σκάφης.....	96
	6.6.5 Εξαγωγή αναφορών για την κάθε σκάφη.....	97
	6.6.6 Παρουσίαση των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν	99
6.7	Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης	105
7	Συμπεράσματα	120
	Βιβλιογραφία	124
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 Χάρτης κλίμακας 5.000:1 με την τελική μορφή του σχεδίου εκμετάλλευσης.....	1266
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε.) για υπαίθριες εκμεταλλεύσεις	128

1 ΣΥΜΒΟΛΗ ΝΙΚΕΛΙΟΥ - ΣΙΔΗΡΟΝΙΚΕΛΙΟΥΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ - ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

1.1 Σημασία και χρήσεις Νικελίου

Τα κοιτάσματα στα μεταλλεία Ευβοίας χαρακτηρίζονται ως σιδηρονικελιούχα, επομένως αξίζει αρχικά, να γίνει μία αναφορά στη σημασία και τη συμβολή του νικελίου. Το νικέλιο αποτελεί το 5^ο πιο κοινό στοιχείο στη γη. Συναντάται στη δομή θειούχων, οξειδίων και αλάτων ανόργανων ουσιών. Οι παράγοντες που καθιστούν το νικέλιο και τα κράματά του σημαντικά εμπορικά προϊόντα και πολύτιμα είναι η αντοχή, η αντίσταση στη διάβρωση, η ελαστικότητα, η καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα μαγνητικά χαρακτηριστικά και οι καταλυτικές ιδιότητες που διαθέτουν.

Το νικέλιο χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή ανοξειδωτού χάλυβα, μέσω του κράματος του σιδηρονικελίου (66%), για την αύξηση της σκληρότητας και της ανθεκτικότητας του χάλυβα. Έτσι, χρησιμεύει στη κατασκευή διαφόρων εργαλείων, αντικειμένων πολυτελείας, χημικών οργάνων, εξαρτήματα ραδιοφώνων και ηλεκτρονικών συσκευών, ασυρμάτων, στην Χημεία ως καταλύτης. Χρησιμοποιείται, επίσης, για την ασφαλή μεταφορά υδρογόνου (διαλύεται στο νικέλιο), ιδιαίτερα σε οχήματα που χρησιμοποιούν το υδρογόνο ως καύσιμο. Χαρακτηριστική επίσης είναι και η επινικέλωση διαφόρων υλικών κυρίως οικιακής χρήσης για προστασία από τη διάβρωση. Ωστόσο, χρησιμοποιείται επίσης στην παραγωγή μη σιδηρούχων κραμάτων(12%), ειδικών κραμάτων χάλυβα(5%), στην επιμετάλλωση (7%), στη χύτευση των μετάλλων (3%) και στους συσσωρευτές(2%). (Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ n.d.)



Εικόνα 1.1. Χρήσεις νικελίου (Roskill Nickel Market Outlook 2018 n.d.)

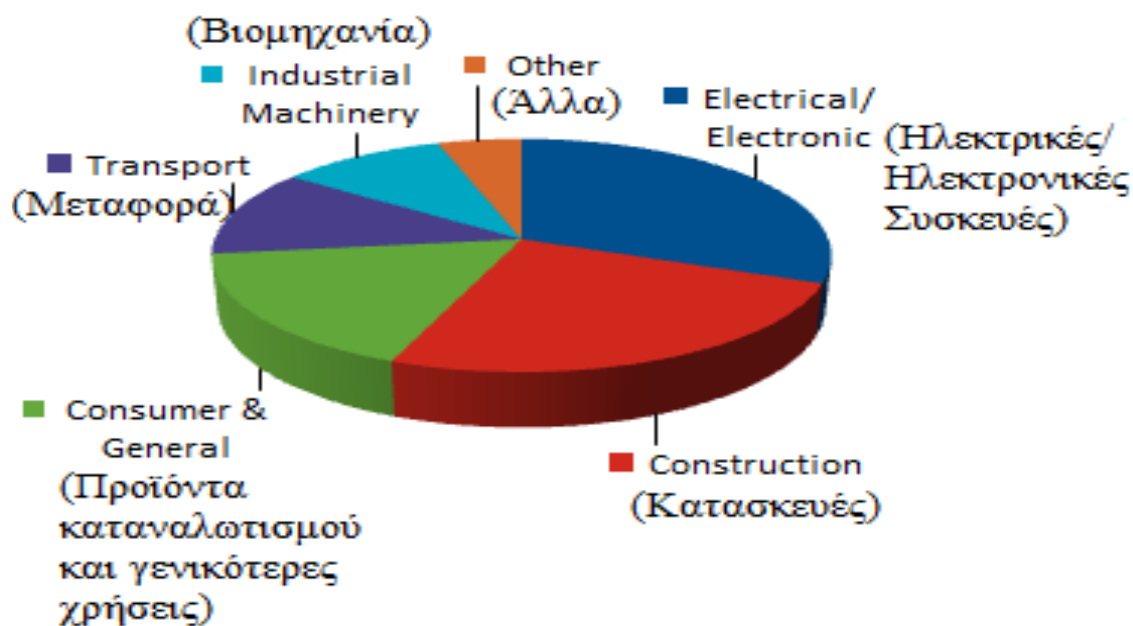
Τα μεταλλεύματα του νικελίου με βάση τον τρόπο γένεσης ταξινομούνται σε :

α) Θειούχα κοιτάσματα (πεντλαδίτες κλπ)

β) Λατεριτικά κοιτάσματα (γαρνιερίτες, λειμωνίτες κλπ)

γ) Ιζηματογενή κοιτάσματα, τα οποία δημιουργήθηκαν από προϊόντα αποσάθρωσης και μεταφοράς του λατεριτικού υλικού.

Σε κάθε περίπτωση, κοινή διαπίστωση είναι ότι τα λατεριτικά κοιτάσματα περιέχουν και το μεγαλύτερο ποσοστό νικελίου (πάνω από 72% παγκοσμίως), ενώ αντιθέτως σήμερα η παγκόσμια παραγωγή νικελίου στο μεγαλύτερο μέρος της προέρχεται από τα θειούχα, σε ποσοστό πάνω από 60%.



Εικόνα 1.2. Χρήσεις νικελίου (Ime n.d.) (oryktosploutos n.d.)

1.2 Σημασία και χρήσεις Σιδηρονικελιούχων Μεταλλευμάτων

Στην Ελλάδα, απαντώνται φτωχά σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα (λατεριτικού τύπου) με μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο περί το 1%. Τα ελληνικά σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα είναι τα μόνα κοιτάσματα νικελίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η ετήσια παραγωγή τους από την εταιρία Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ κυμάνθηκε τα τελευταία χρόνια μεταξύ 1,9-2.3 εκατ. t το χρόνο. Τα υπό εκμετάλλευση κοιτάσματα βρίσκονται στην Κεντρική και Βόρειο Εύβοια, στην Λοκρίδα³ της Στερεάς Ελλάδος και στην περιοχή της Καστοριάς. Στη περιοχή της Λάρυμνας από το 1953 βρίσκονται μεταλλουργικές εγκαταστάσεις παρασκευής σιδηρονικελίου με ταυτόχρονη εκμετάλλευση και του σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος μέσα στο οποίο απαντάται και το νικέλιο.

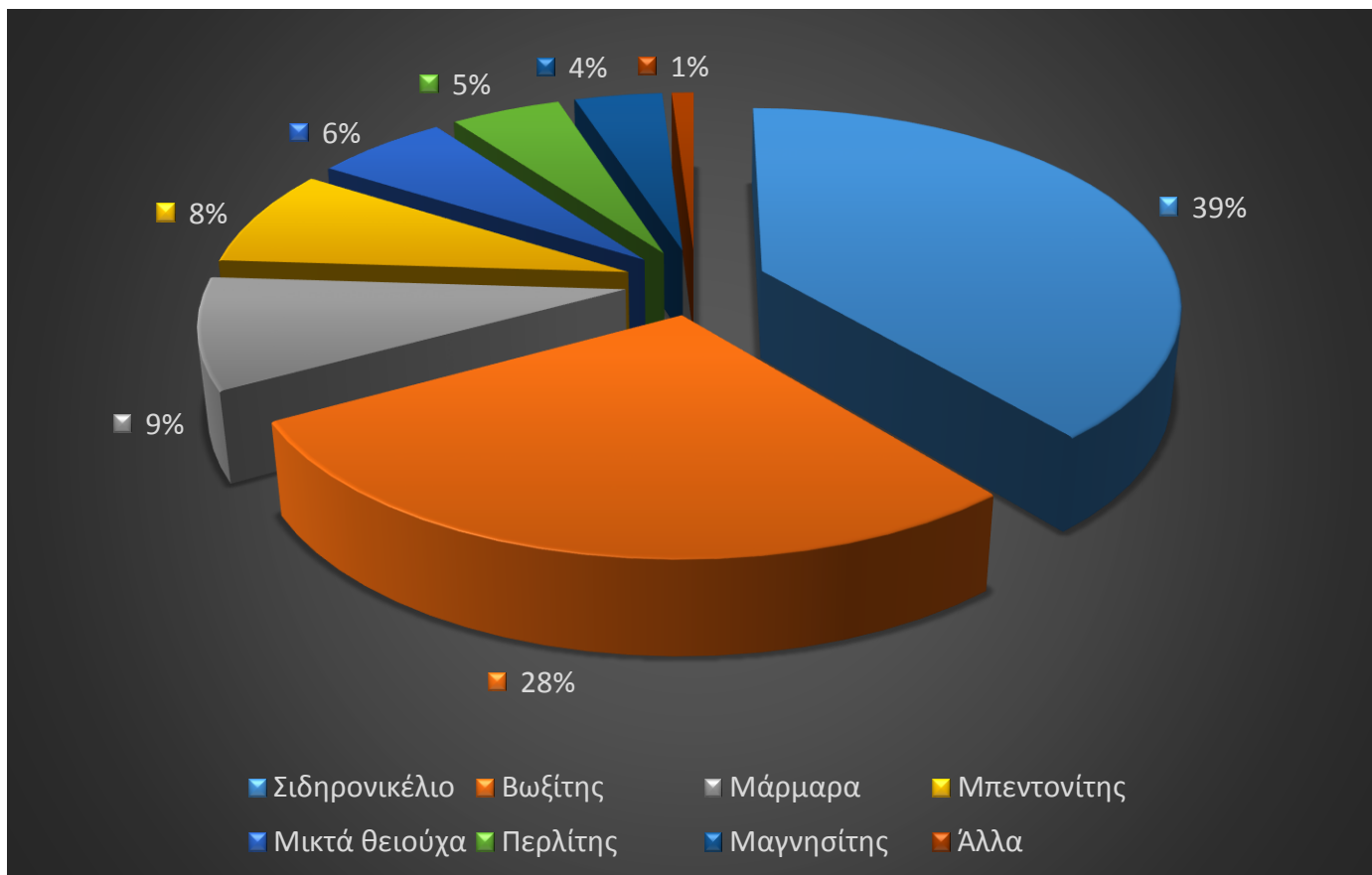
Το ελληνικό σιδηρονικέλιο παράγεται με την εφαρμογή μίας καθαρά ελληνικής μεθόδου (μέθοδος Μούσουλου), η οποία αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε στη σημερινή της μορφή (μέθοδος Λάρκο) από Έλληνες τεχνικούς, οι οποίοι στη μεγαλύτερη πλειοψηφία τους ήταν καθηγητές ή διπλωματούχοι του τμήματος Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του ΕΜΠ. Οι προοπτικές του σιδηρονικελίου ήταν σημαντικές, παρά τα ενδογενή προβλήματα των Ελληνικών νικελιούχων μεταλλευμάτων. Όσον αφορά τη χημική σύσταση, αναφέρεται πως το μέταλλευμα συνίσταται κυρίως από σίδηρο, πυρίτιο, αργίλιο, χρώμιο, μαγνήσιο και νικέλιο. Σε μικροποσότητες απαντώνται μαγγάνιο, ασβέστιο, θείο, κοβάλτιο, αρσενικό κ.α. Η περιεκτικότητα σε νικέλιο αυξάνεται από την οροφή προς το δάπεδο ενώ το αντίστροφο ισχύει για το χρώμιο.

Το σιδηρονικέλιο είναι ένα κράμα που περιέχει νικέλιο και σίδηρο σε αναλογίες που διαφέρουν και κυμαίνονται από 20-40% νικέλιο και από 60-80% σίδηρο.

Το σιδηρονικέλιο συμβάλει σε αποδοτικές τηλεπικοινωνίες, ασφαλείς μεταφορές, αποδοτική παραγωγή πετρελαίου και βενζίνης, καθαρή και αξιόπιστη παραγωγή ενέργειας, υγιεινολογική κατεργασία τροφίμων και ποτών, ασφαλή και αξιόπιστο ιατρικό εξοπλισμό, καθώς και σε εξοπλισμό μειωμένων εκπομπών από συσκευές έκλυσης απαερίων έως υβριδικά οχήματα.

Το σιδηρονικέλιο χρησιμοποιείται πρωτίστως στην κατασκευή ωστενιτικών ανοξειδωτων χαλύβων (γνωστών και ως σειρές 200 και 300). Αυτοί είναι μη μαγνητικοί και περιέχουν 8.5-25% νικέλιο, ενισχύοντας την αντιδιαβρωτική τους αντίσταση. Είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη ομάδα ανοξειδωτων χαλύβων, αναλογώντας στο 70-75% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής.

Σήμερα, το σιδηρονικέλιο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε όλες τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες οικονομίες. Χρησιμοποιείται σε μια πληθώρα εφαρμογών και τομείς: εφαρμοσμένη μηχανική, μεταφορές, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά, κτίρια και κατασκευές, μεταλλικά αντικείμενα, σωλήνες και εξαρτήματα σωλήνων. (Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ n.d.)



Εικόνα 1.3. Εξαγωγές ορυκτών, πετρωμάτων και μεταλλευμάτων το 2009

1.3 Κατηγορίες Λατεριτικών Σιδηρονικελιούχων Κοιτάσμάτων

Τα λατεριτικά σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους.

Ο πρώτος τύπος είναι οι, μάλλον σπάνιοι στην Ελλάδα, αυτόχθονες λατερίτες, κοιτάσματα που σχηματίστηκαν από τη χημική αποσάθρωση υπερβασικών πετρωμάτων (οφιόλιθων), κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Κοιτάσματα τέτοιου τύπου είναι αυτά που συναντώνται στην περιοχή της Καστοριάς.

Ο δεύτερος τύπος είναι οι ιζηματογενείς (μεταφερμένοι) λατερίτες . Είναι λατερίτες που έχουν διαβρωθεί και το υλικό τους μεταφέρθηκε με τη βοήθεια της βαρύτητας ή του νερού και αποτέθηκε εκ νέου σε άλλη περιοχή. Οι λατερίτες αυτού του τύπου είναι πιο ομοιόμορφοι και επομένως, εξορύσσονται πιο εύκολα. Ωστόσο, έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε νικέλιο. Αυτού του τύπου είναι τα κοιτάσματα του Αγίου Ιωάννη και της Εύβοιας.

Για τα μεταλλεύματα νικελίου ή σιδηρονικελίου, ο ρόλος της αποσάθρωσης κατάλληλων πετρωμάτων είναι κρίσιμος. Τυπικά παραδείγματα ορυκτών με κρίσιμο ρόλο για το σχηματισμό λατεριτικού «σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος» ή «νικελιούχου λατερίτη» είναι κυρίως ο ολιβίνης και ο σερπεντίνης. Τα ορυκτά αυτά αποτελούν τυπικά συστατικά υπερβασικών πετρωμάτων, τα οποία συνιστούν συνήθως τα «μητρικά πετρώματα» των νικελιούχων φλοιών λατεριτικής αποσάθρωσης. (Ε.Κ.Π.Α. n.d.)



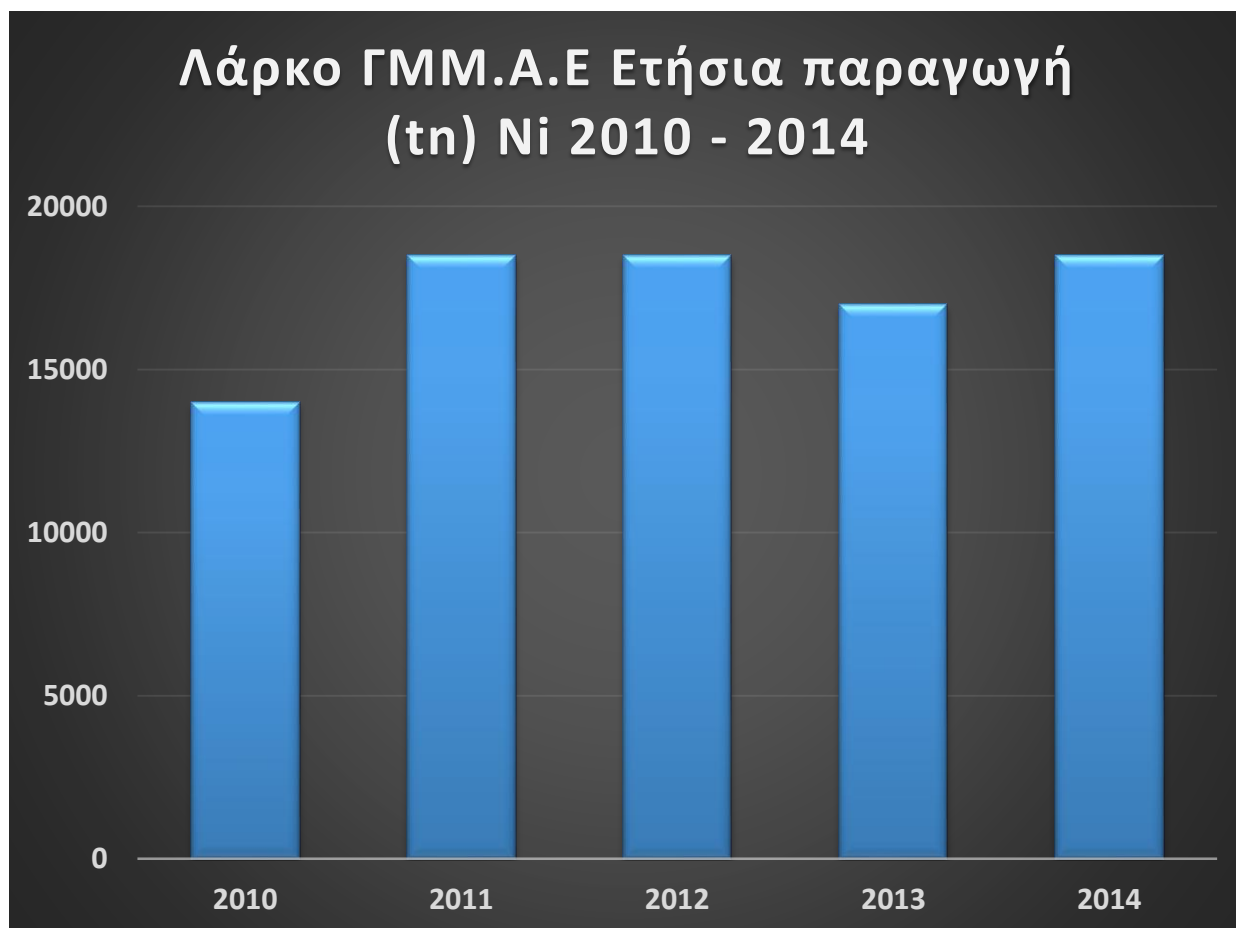
Εικόνα 1.4. Λατερίτης (Ε.Κ.Π.Α. n.d.)

2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ

2.1 Προφίλ της εταιρίας - Ετήσια παραγωγή και διάθεση

Η Γενική Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Ανώνυμη Εταιρία «ΛΑΡΚΟ» είναι εταιρία παραγωγής σιδηρονικελίου καθώς και εκμετάλλευσης νικελιούχων λατεριτικών κοιτασμάτων. Διαθέτει μεταλλεία στην περιοχή της Εύβοιας, στο Νέο Κόκκινο Βοιωτίας, στην Καστοριά και στα Σέρβια Κοζάνης, σε 63 παραχωρήσεις Μεταλλείων και σε 3 μισθωμένους Δημόσιους Μεταλλευτικούς Χώρους (Δ.Μ.Χ. – Λάρυμνα, Βρυσάκια και Λούτσι). Η ετήσια παραγωγή των μεταλλείων της «ΛΑΡΚΟ» κατά την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται από 2,0 έως 2,5 εκατ. t τριμμένου και ομογενοποιημένου μεταλλεύματος και το ετήσιο πρόγραμμα παραγωγής της για την επόμενη πενταετία είναι της τάξης των 2,5 εκατ. t. Το σύνολο της παραγωγής αυτής διατίθεται για την τροφοδοσία του μεταλλουργικού εργοστασίου παραγωγής σιδηρονικελίου, στη Λάρυμνα Φθιώτιδας με μέση ποιότητα 1,01% Ni. Η μονάδα αυτή είναι μία εκ των 57 εγκαταστάσεων μεταλλουργίας νικελίου παγκοσμίως και μία εκ των 22 που επεξεργάζονται λατερίτες. (Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ n.d.)

Ο καθαρά εξαγωγικός χαρακτήρας της δραστηριότητας της εταιρίας αποφέρει τα τελευταία χρόνια καθαρή ετήσια συναλλαγματική εισροή πολλών εκατομμυρίων ευρώ , ανάλογα με το ύψος της παραγωγής της εταιρίας σε νικέλιο, την τιμή του νικελίου στη διεθνή αγορά καθώς και την ισοτιμία € : U.S. dollars. Η εισροή αυτή αποτελεί το 1,6-12,2% των Ελληνικών εξαγωγών και το 0,12-3,1% του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (οι πωλήσεις νικελίου, εξαγωγές και Α.Ε.Π. μεταβάλλονται κάθε έτος). Επίσης, η Λάρκο είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός σιδηρονικελίου στην Ευρώπη και ένας από τους πέντε μεγαλύτερους παγκοσμίως. (Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ n.d.)



Εικόνα 2.1. Ετήσια παραγωγή νικελίου της Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ, 2010-2014 (oryktosploutos n.d.)

A. Τομείς δραστηριοποίησης της εταιρίας

- Κεντρική διοίκηση με έδρα την Αθήνα για τον συντονισμό των ενεργειών όλης της επιχείρησης (περιλαμβάνει διοικητικές υπηρεσίες, νομικό τμήμα, τμήμα πωλήσεων και εξαγωγών).
Διεύθυνση μεταλλείων και λιγνιτωρυχείων που συντονίζει τα μεταλλεία Αγίου Ιωάννη, Καστοριάς και Εύβοιας καθώς και το λιγνιτωρυχείο Κοζάνης.
- Διεύθυνση μεταλλουργίας η οποία συντονίζει και ελέγχει το μεταλλουργικό συγκρότημα της Λάρυμνας.

B. Εργασίες που λαμβάνουν χώρα στην εταιρία

- Γεωλογικές, ορυκτολογικές και κοιτασματολογικές μελέτες κατά τις οποίες εντοπίζεται το κοιτάσμα και ερευνώνται τα ποιοτικά και ποσοτικά του χαρακτηριστικά.
- Εργασίες εκμετάλλευσης κατά τις οποίες εκλέγεται η κατάλληλη μέθοδος εκμετάλλευσης, καθορίζονται τα έργα προσπελάσεως και υποδομής, το χρονοδιάγραμμα εξέλιξης εργασιών, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και λαμβάνει χώρα η εξόρυξη και η αποκατάσταση του Περιβάλλοντος. Σημαντικό τμήμα του σταδίου αυτού αποτελεί το μείζονος σημασίας θέμα της διακίνησης των στείρων υλικών καθώς και του μεταλλεύματος.
- Μηχανική επεξεργασία (θραύση – ομογενοποίηση). Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη θραύση και την ομογενοποίηση του μεταλλεύματος στις εγκαταστάσεις Βύρας και Πολιτικών.
- Εμπλουτισμός. Η μέθοδος εμπλουτισμού η οποία εφαρμόζεται είναι ο διαχωρισμός μεταλλεύματος από στείρα με τη χρήση της μεθόδου των βαρέων διαμέσων.
- Φόρτωση επί πλοίου – θαλάσσια μεταφορά στις εγκαταστάσεις μεταλλουργικής επεξεργασίας στη Λάρυμνα, στο νομό Φθιώτιδας, 130 χιλιόμετρα βορειοανατολικά της Αθήνας.

2.2 Επεξεργασία Σιδηρονικελιούχου Μεταλλεύματος

Στο μεταλλουργικό εργοστάσιο γίνεται πυρομεταλλουργική επεξεργασία των σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων με στόχο την παραγωγή νικελίου περιεκτικότητας 18-24% σε νικέλιο που αποτελεί την πρώτη ύλη για τις βιομηχανίες παραγωγής ανοξειδωτων χαλύβων στον ευρωπαϊκό χώρο. Όλοι οι παραγωγοί ανοξειδωτου χάλυβα παγκοσμίως, όπως οι Thyssen-Krupp, Outokumpu OY & AB, Acerinox, Glencore, Averslarpolarit χρησιμοποιούν στα εργοστάσιά τους κοκκοποιημένο σιδηρονικέλιο της ΛΑΡΚΟ. Η συνολική ετήσια ποσότητα μεταλλεύματος ανέρχεται σε 2,5 εκατ. τόνους ενώ η ετήσια παραγωγή σε νικέλιο ανέρχεται σε 18 έως 20 χιλιάδες τόνους. Η επεξεργασία του λατερίτη στη Λάρυμνα είναι πυρομεταλλουργική (προαναγωγική φρύξη του λατερίτη σε περιστροφική κάμινο με καύσιμο λιγνίτη - αναγωγική τήξη του προϊόντος της περιστροφικής σε ηλεκτρική κάμινο - εξευγενισμός του σιδηρονικελίου σε μεταλλάκτη) με προϊόν το κοκκοποιημένο

σιδηρονικέλιο (FeNi 18-24%Ni). Τα παραπροϊόντα της ως άνω μεταλλουργικής επεξεργασίας είναι, κυρίως, η κοκκοποιημένη σκουριά των ηλεκτροκαμίνων και, δευτερευόντως, η σκουριά των μεταλλακτών. Η πρώτη βρίσκει σήμερα περιορισμένη εφαρμογή στην παραγωγή υλικών αμμοβολής και η δεύτερη κυρίως στην παραγωγή σκυροδεμάτων μεγάλου ειδικού βάρους (μέχρι την επιβολή προδιαγραφών χρωμίου στο σκυρόδεμα από την ΕΕ).

Τα εκμεταλλεύσιμα με την πυρομεταλλουργική μέθοδο αποθέματα λατερίτη ανέρχονται σε 36 εκατ. t. Η δυναμικότητα τροφοδοσίας του εργοστασίου είναι 2.500.000 t λατερίτη ετησίως και η μεταλλουργική του απόδοση (ανάκτηση Ni) είναι 82% περίπου. Η δυναμικότητα παραγωγής νικελίου ανέρχεται σε 20.700 t Ni ετησίως, περιεχομένου στο σιδηρονικέλιο. Το σύνολο του προϊόντος εξάγεται σε χώρες παραγωγούς ανοξειδωτού χάλυβα.

Η επεξεργασία του μεταλλεύματος πραγματοποιείται σε τέσσερις κύριες φάσεις οι οποίες θα αναφερθούν περιληπτικά παρακάτω.

Αρχικά, πραγματοποιείται η διακίνηση των πρώτων υλών και η ανάμιξη προκειμένου να προετοιμαστεί το μεταλλουργικό μίγμα. Το λειοτριβημένο σε διαστάσεις -25mm μετάλλευμα και τα στερεά καύσιμα που απαιτούνται, δηλαδή ο γαιάνθρακας και οι λιγνίτες, παραλαμβάνονται είτε οδικώς είτε δια θαλάσσης και αποθηκεύονται στις πλατείες πρώτων υλών. Από εκεί διακινούνται μέσω ταινιοδρόμων εξοπλισμένων με δοσομετρικούς ζυγούς προς τη δεύτερη φάση επεξεργασίας εντός των Περιτροφικών Καμίνων. Το μετάλλευμα, όπως προαναφέρθηκε, προέρχεται από τα Μεταλλεία Καστοριάς, Αγίου Ιωάννη και Ευβοίας. Ανάλογα με την προέλευση έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά:

- i. Το μετάλλευμα της Εύβοιας έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο και οξειδίο του πυριτίου.
- ii. Το μετάλλευμα της Καστοριάς έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οξειδίο του πυριτίου αλλά μικρή σε οξειδίο του σιδήρου.
- iii. Το μετάλλευμα του Αγίου Ιωάννη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο αλλά μικρή σε οξειδίο του πυριτίου.

Η τυπική σύσταση του μεταλλουργικού μίγματος είναι η εξής: 15% μετάλλευμα από την Καστοριά, 30% μετάλλευμα από τον Αγ. Ιωάννη και 55% μετάλλευμα από την Εύβοια. Τα στερεά καύσιμα, (γαιάνθρακας – λιγνίτες) συναντώνται περίπου στα 200 - 230 kg/tn. φυσικού μεταλλεύματος.

Η παραπάνω αναλογία των μεταλλευμάτων προκύπτει κυρίως από τον όγκο των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων, την περιεκτικότητα των κοιτασμάτων σε νικέλιο, την δυνατότητα και δυναμικότητα των εκμεταλλεύσεων και την εν γένει χημική και ορυκτολογική σύνθεση. Η χρήση ποικιλίας καυσίμων αποσκοπεί στη καλύτερη αξιοποίηση των συστατικών τους για την προθέρμανση και την προαναγωγή του μεταλλεύματος στις Περιτροφικές Καμίνους.

Δεύτερη φάση είναι εκείνη στην οποία γίνεται η επεξεργασία εντός των περιστροφικών καμίνων. Διεξάγεται προθέρμανση και περιαγωγή του μεταλλεύματος σε περιστροφικές καμίνους. Η δυνατότητα παραγωγής φρίγματος είναι περίπου 2,5 εκατ. t ανά έτος, ενώ το μείγμα στην είσοδο της καμίνου εισέρχεται σε θερμοκρασία 400° C και εξέρχεται στους 800° C. Το υλικό το οποίο εξέρχεται από τα περιστροφικά, με γεραμούς, τοποθετείται στα καμίνια. Το υλικό ψήνεται και εκεί γίνεται ο καταμερισμός των υλικών. Η σκωρία ανεβαίνει στην επιφάνεια ενώ το μέταλλο κατεβαίνει χαμηλότερα. Ταυτόχρονα, εντός Π/Κ κατά τη διέλευση του μεταλλουργικού μίγματος, σε αντιρροή με τον αέρα - αέρια καύσης λαμβάνουν χώρα αναγωγικές αντιδράσεις και επιτυγχάνεται η ξήρανση και προαναγωγή των οξειδίων του νικελίου και του σιδήρου. Έτσι, διαμορφώνονται και εκεί δύο φάσεις. Μία μεταλλική και μία της σκωρίας.

Σ ένα επόμενο στάδιο, πραγματοποιείται αναγωγική τήξη σε Ηλεκτρικές Καμίνους (Η/Κ).

Το προϊόν των περιστροφικών καμίνων, ΠΕΚ, τροφοδοτείται εντός πέντε Ηλεκτροκαμίνων εμβαπτισμένου τόξου. Το ύψος του σώματος και των πέντε Ηλεκτροκαμίνων είναι 6 μέτρα, και η διάμετρος τεσσάρων Η/Κ είναι 12, ενώ της πέμπτης είναι 18 μέτρα.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται, με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, για την τήξη και τον διαχωρισμό των συστατικών του ΠΕΚ είναι της τάξης των 1600 °C. Ταυτόχρονα με την τήξη προωθείται και η αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου και του νικελίου προς μεταλλικό νικέλιο και σίδηρο. Έτσι διαμορφώνονται δύο φάσεις, μια μεταλλική, γνωστή σαν σιδηρονικέλιο ή FeNi 15, όπου συγκεντρώνεται το νικέλιο και μέρος του σιδήρου και μια φάση σκουριάς με κύρια συστατικά οξείδια του σιδήρου, ασβεστίου και πυριτίου. Η περιεκτικότητα του Ni στο FeNi 15 ρυθμίζεται μέσω της αναλογίας του μόνιμου άνθρακα (CFix) στο ΠΕΚ. Οι φάσεις του μετάλλου και της σκουριάς απομακρύνονται συστηματικά από τις κατάλληλες οπές που ευρίσκονται στο σώμα των Η/Κ και απέχουν μεταξύ των 90 - 135 μοίρες κατά περιφέρεια και 50-70 εκατοστά καθ' ύψος. Η παραγόμενη ως παραπροϊόν σκουριά Ηλεκτροκαμίνων αποτελεί το 85% περίπου της τροφοδοσίας και προκύπτει από αναγωγικές διεργασίες, όπως ήδη προαναφέρθηκε, κατά την έξοδο της από τις Η/Κ κοκκοποιείται με ισχυρό ρεύμα θαλασσινού νερού και απορρίπτεται ή πωλείται στις τσιμεντοβιομηχανίες και τις μονάδες παραγωγής αμμοβολής. Υπάρχουν σημαντικές ποσότητες για διάθεση στην αγορά και για το σκοπό αυτό καταβάλλονται διαρκείς προσπάθειες. Επισημαίνεται ότι η σκουριά είναι προϊόν τήξης και διαχωρισμού λόγω διαφοράς ειδικού βάρους των φυσικών συστατικών του μεταλλεύματος και συνεπώς εντελώς αδρανής. Συνεχείς και συστηματικές μελέτες και έρευνες τόσο από το Ε.Μ.Π. Αθηνών όσο και από το Ε.ΚΘ.Ε. (Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών) καταδεικνύουν την αδρανή συμπεριφορά της σκουριάς προς το περιβάλλον.

Η φάση του σιδηρονικελίου που είναι το προϊόν των Η/Κ παραλαμβάνεται με την περιοδική διάνοιξη της οπής απομετάλλωσης με χρήση σωλήνων οξυγόνου και προωθείται με κατάλληλους κάδους των 50 τόνων στην επόμενη βαθμίδα της τελικής επεξεργασίας.

Κατά το τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται ο Εμπλουτισμός - Εξευγενισμός σε Μεταλλάκτες (M/T) OBM.

Το προϊόν των Η/Κ (FeNi) με κατάλληλους κάδους χωρητικότητας 50 τόνων και γερανογέφυρα ανυψωτικής ικανότητας 100 τόνων τροφοδοτείται σε μεταλλάκτες τύπου OBM, όπου με εμφύσηση οξυγόνου και προπανίου από τον πυθμένα οξειδώνεται μία ποσότητα σιδήρου και επιτυγχάνεται έτσι ο εμπλουτισμός του σιδηρονικελίου στην επιθυμητή τελική περιεκτικότητα σε Ni (συνήθως 18-23% Ni).

Για τον σκοπό αυτό διατίθενται δύο μεταλλάκτες των 50 τόνων ο καθένας. Ταυτόχρονα, με τον εμπλουτισμό σε Ni επιτυγχάνεται και ο εξευγενισμός του προϊόντος, με την προσθήκη κατάλληλων συλλιπασμάτων. Έτσι, περιορίζονται οι περιεκτικότητες θείου και φωσφόρου στα εμπορικά επιτρεπτά επίπεδα.

Κατά την επεξεργασία οι θερμοκρασίες είναι της τάξης των 1600 - 1700 °C. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας το τελικό τήγμα κοκκοποιείται σε διαστάσεις +3 έως 40 mm και αποτελεί το εμπορεύσιμο τελικό προϊόν. Αυτό συγκεντρώνεται σε σωρούς ανάλογα με την περιεκτικότητα σε Ni και από το λιμάνι της Λάρυμνας προωθείται στην αγορά

Η παραγόμενη κατά τον εμπλουτισμό σκουριά αποτελεί παραπροϊόν, που αποθηκεύεται προσωρινά και αφού λειοτριβηθεί σε διαστάσεις -5mm. πωλείται στο σύνολο, σαν βαρύ και αδρανές υλικό για την παραγωγή ειδικού τύπου μπετόν για επικάλυψη αγωγών πετρελαίου ή άλλων παρόμοιων έργων στην Ευρώπη την Βόρειο Αφρική και την Μέση Ανατολή. (Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ n.d.)

2.3 Μέθοδος εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται από την εταιρία

Η κύρια μέθοδος εκμετάλλευσης της εταιρείας είναι η επιφανειακή και συνδυάζει ανοιχτή και κλειστή εκσκαφή. Το ύψος των βαθμίδων κυμαίνεται μεταξύ 12-15 m, με το πλάτος να εξαρτάται από το αν είναι σε λειτουργία ή είναι κοντά στο όριο της εκσκαφής. Αρχικά, το πλάτος τους είναι περίπου 25 m, το οποίο όμως μειώνεται προοδευτικά περίπου στα 12 m προς το όριο της τελικής εκσκαφής. Η αποκάλυψη γίνεται με τη χρήση εκρηκτικών ενώ η κοπή του μεταλλεύματος γίνεται με υδραυλική τσάπα ή προωθητή γαιών. Η όρυξη των διατρημάτων γίνεται με ειδικά ντιζελοκίνητα διατρητικά φορεία. Τα διατρήματα ορύσσονται με κλίση 70-75° με μήκη 13-17m. Η διάμετρός τους είναι 4-6,5 ίντσες, ενώ η διεύθυνσή τους παράλληλη με του μετώπου της βαθμίδας. Στη συνέχεια, ακολουθεί η γόμωση (δηλαδή το γέμισμα των διατρημάτων με εκρηκτικά και με τα μέσα πυροδότησής τους),

για την οποία χρησιμοποιείται η εκρηκτική ύλη ANFO παράλληλα με τη χρήση αμμωνίτιδας. Η πυροδότηση των διατρημάτων και συνεπώς η ανατίναξη και απόσπαση του μεταλλεύματος γίνεται με καψύλλια (ηλεκτρικά ή μη), τα οποία ανάβουν με ειδικό δυναμοεκρηκτήρα από απόσταση.

Μετά την ανατίναξη γίνεται η φόρτωση του εξορυγμένου υλικού με τη χρήση ελαστικοφόρων φορτωτών σε ειδικά χωματουργικά φορτηγά, τα οποία και μεταφέρουν το υλικό είτε προς απόρριψη αν είναι στείρο ή προς περαιτέρω επεξεργασία αν πρόκειται για μετάλλευμα. Το εξορυγμένο μετάλλευμα μεταφέρεται σε τριβεία για να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία σε όρους θραύσης και εμπλουτισμού. Το εμπλουτισμένο μετάλλευμα οδηγείται στον αποθέτη και από αυτόν στην πλατεία ομογενοποίησης. Το ομογενοποιημένο μετάλλευμα φορτώνεται και μεταφέρεται στο εργοστάσιο, όπου ζυγίζεται και τροφοδοτείται στις περιστροφικές καμίνους για περαιτέρω επεξεργασία.

Σε περιορισμένη κλίμακα (2%) εφαρμόζεται η υπόγεια εκμετάλλευση και γίνεται με τη μέθοδο της κατακρήμνισης της οροφής. Η προσπέλαση στο κοίτασμα γίνεται με οριζόντιες ασβεστολιθικές στοές και ελικοειδείς ράμπες. Οι κύριες φάσεις είναι η διάτρηση, η γόμωση των διατρημάτων με εκρηκτικά και η πυροδότησή τους, η συλλογή του παραγόμενου μεταλλεύματος και η υποστήριξη των στοών. Το παραγόμενο μετάλλευμα μεταφέρεται στην επιφάνεια μέσω ηλεκτρικού σιδηρόδρομου.

2.4 Μηχανικός εξοπλισμός – Εγκαταστάσεις

i. Εγκαταστάσεις

Το τριβείο Βύρας περιλαμβάνει σφαιρόμυλο, δονούμενη σχάρα, ανεμιστήρα αποκονίωσης, ταινίες, κόσκινα, αεροσυμπιεστή αποκονίωσης, τροφοδότες. Επίσης, η εταιρία διαθέτει τριβείο στα Πολιτικά, αποθέτη, απολήπτη και μονάδα υδρομηχανικού εμπλουτισμού.



Εικόνα 2.2. Εγκαταστάσεις της Γ.Μ.Μ.Α.Ε ΛΑΡΚΟ (eviwelle n.d.)

ii. Φορητός μηχανικός εξοπλισμός

➤ Εξόρυξης

Στον εξοπλισμό της εταιρείας περιλαμβάνονται αυτοκινούμενοι ερπυστριοφόροι διατρητικοί φορείς κατασκευής GARDNER – DENVER τύπου GD – 120 για διατρήματα διαμέτρου 12,25 in (τεμάχια 2) ισχύος 650 HP, κατασκευής INGERSOLL RAND τύπου DM – 45 για διατρήματα διαμέτρου 6,75 in (τεμάχια 2) ισχύος 456 HP, κατασκευής ATLAS COPCO τύπου ROC L8 – 64 για διατρήματα 6,5 in (τεμάχιο 1) ισχύος 425 HP και κατασκευής GARDNER – DENVER τύπου HYDRA TRAC SCH – 3500 για διατρήματα διαμέτρου 2 – 3,5 in (τεμάχιο 1) ισχύος 150 HP.

Επιπλέον, διατίθενται για τις δραστηριότητες ερπυστριοφόροι προωθητές κατασκευής CATERPILLAR CAT – D8H ισχύος ανάγκες τις εξορυκτικής 270 HP (τεμάχιο 1), κατασκευής CATERPILLAR CAT –

D9H ισχύος 410 HP (τεμάχια 2) και κατασκευής CATERPILLAR CAT – D9N ισχύος 370 HP (τεμάχια 4).



Εικόνα 2.3: Διατρητικοί φορείς ATLAS COPCO (playground 2016)

➤ Φόρτωσης

Περιλαμβάνονται ελαστιχοφόροι φορτωτές χωρητικότητας κάδου από 6-15,6 και ισχύος από 315 – 808 HP, κατασκευής CATERPILLAR CAT και KOMATSU.



Εικόνα 2.4 Ελαστιχοφόρος φορτωτής (mascus 2016)

➤ Μεταφοράς Στείρων

Η μεταφορά των στείρων γίνεται με φορητά UNIT RING τύπου LECTRA HALL M – 120 – 17 ωφέλιμου φορτίου 120 t και ισχύος 1200HP (τεμάχια 7), φορητά CATERPILLAR τύπου CAT – 773B ωφέλιμου φορτίου 45,4 t και ισχύος 650 HP (τεμάχια 6) και φορητά KOMATSU τύπου HD 785 – 5 ωφέλιμου φορτίου 91 t και ισχύος 1011HP (τεμάχια 9).



Εικόνα 2.5. Φορητά KOMATSU για μεταφορά μεταλλεύματος και στείρου

➤ Βοηθητικός εξοπλισμός

- Ισοπεδωτής GRADER κατασκευής KOMATSU τύπου GD – 40 HT 2 A και ισχύος 165 HP (τεμάχιο 1).
- Οδοστρωτήρας κατασκευής RAY – GO τύπου RASCAI 500 A ισχύος 119 HP (τεμάχιο 1).
- Γερανός κατασκευής P and H τύπου W – 250 ισχύος 160 HP (τεμάχιο 1).
- Γερανός κατασκευής P and H τύπου OMEGA ισχύος 140 HP (τεμάχιο 1).
- Υδραυλικός εκσκαφέας κατασκευής O & K τύπου MH – 6 ισχύος 95 HP (τεμάχιο 1).
- Φωτιστικά φορεία κατασκευής TRIDENT τύπου 2/30/6/7.0 ισχύος 12 HP (τεμάχια 4).
- Όχημα μεταφοράς εκρηκτικών υλών κατασκευής AMERIND MACK – KISSIC τύπου FORD LT 8000 ισχύος 210 HP (τεμάχιο 1).

- Όχημα χειρισμού ελαστικών κατασκευής IMTCO τύπου MANTIS 15000 ισχύος 286 HP (τεμάχιο 1).
- Φορητό αυτοκίνητο κατασκευής MERCEDES τύπου 814 ισχύος 140 HP (τεμάχιο 1).
- Ελκυστήρες κατασκευής MERCEDES τύπου UNIMOC 406 ισχύος 80 HP (τεμάχιο 1).
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις (τεμάχια 7).
- Τζιπ τύπου SUZUKI (τεμάχια 8).
- Επιβατικά τύπου αγροτικού MITSUBISHI ισχύος 72 HP (τεμάχια 2).
- Νοσοκομειακό τύπου PEUGEOT ισχύος 77HP (τεμάχιο 1).
- Φορητό τύπου VW ισχύος 85 HP (τεμάχιο 1).
- Φορητό βυτίο κατασκευής MERCEDES τύπου 1717 ισχύος 170 HP (τεμάχιο 1).
- Φορητό βυτίο κατασκευής MERCEDES τύπου 1619 ισχύος 190 HP (τεμάχιο 1).
- Φορητά κατασκευής MAN τύπου 41403 VF ωφέλιμου φορτίου 27,5 TON ισχύος 400 HP (τεμάχια 8).



Εικόνα 2.6. Θραυστήρας της Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ (oryktosploutos n.d.)

3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

Η Κεντρική Εύβοια ανήκει σε ένα χώρο, που διακρίνεται για το πλήθος των παλαιοτεκτονισμένων ενοτήτων, οι οποίες έχουν ομογενοποιηθεί από την Ανωκρητιδική επίκλυση. Πιο συγκεκριμένα, στην κεντρική Εύβοια απαντούν η "Υποπελαγονική" ενότητα, η ύπαρξη της οποίας περιορίζεται στο Τριαδικο-Ιουρασικό (μέχρι το Κάτω Κρητιδικό), ενώ για τη μεταγενέστερη περίοδο εντάσσεται στην ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, όπως και η Πελαγονική.

Κύριο γνώρισμα της ζώνης αυτής είναι η συνύπαρξη της σχιστοκερατολιθικής μετ' οφιολίθων διάπλασης και της άνω κρητιδικής επίκλυσης, χαρακτηριστικό δε της τεκτονικής είναι η έντονη λεπίωση με τοπικές επωθήσεις.

Η Υποπελαγονική ζώνη στον Ελλαδικό χώρο έχει ένα παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο. Εμφανίζεται στις περιοχές της Βόρειας Εύβοιας και Στροπώνων-Μετοχίου της Κεντρικής Εύβοιας και η ηλικία των σχηματισμών του είναι προμεσολιθανθορακοφόρα. Στη Βόρεια Εύβοια το υπόβαθρο φθάνει τα 800 m. και είναι κυρίως βιοτιπικοί και διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι και γνευσιοσχιστόλιθοι, που κατά θέσεις μεταπίπτουν σε μιγματίτες. Σε αντίθεση με τη Βόρεια Εύβοια, όπου απουσιάζουν παντελώς τα ανθρακικά πετρώματα, στην Κεντρική Εύβοια απαντώνται ενστρώσεις λευκών μαρμάρων. (Προβηγκίας(Γαλλία) n.d.)

3.1 Στρωματογραφία

Ο παλαιότερος γνωστός σχηματισμός της ζώνης αποτελείται από ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους. Εντός των σχηματισμών αυτών παρεμβάλλονται κατά το πλείστον βασικά εκρηξιγενή πετρώματα και τράπεζες ασβεστολίθων άνω παλαιοζωϊκής ηλικίας.

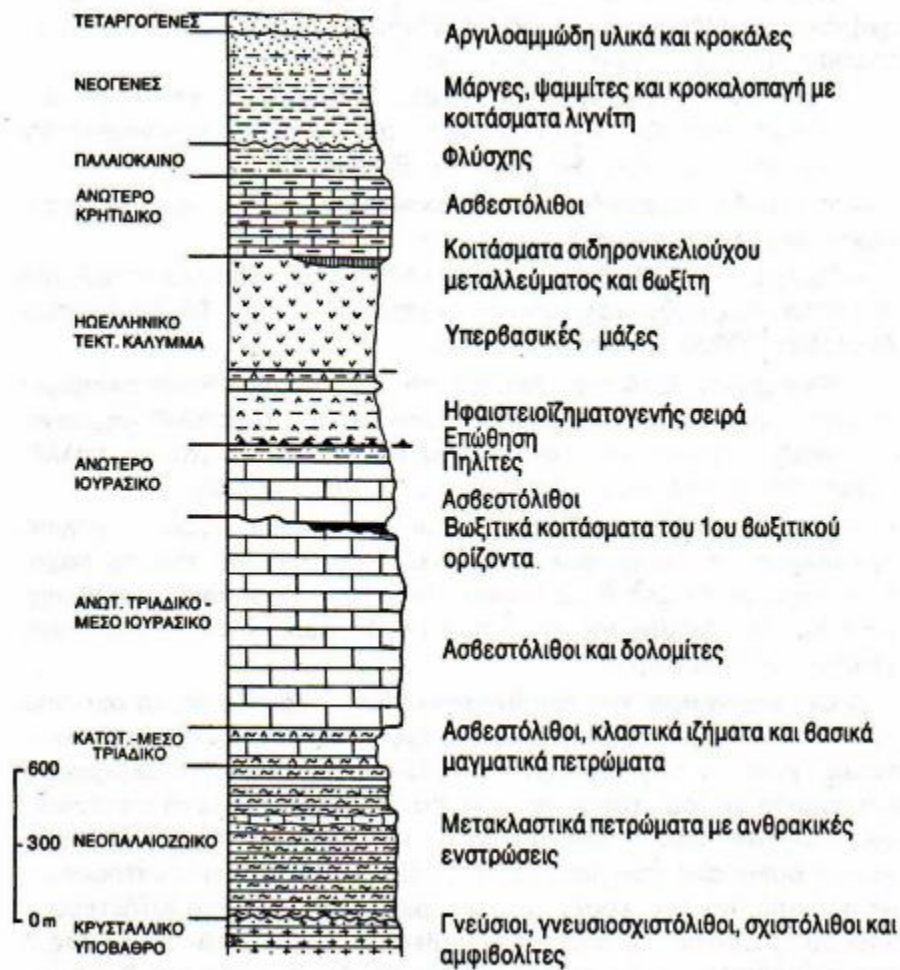
Άνω τριαδικοί δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι επίκεινται σε ασυμφωνία και περιέχουν *Diplogora*, *Gyrosporella* και μεγάλου μεγέθους *Megalodon*.

Η ασβεστολιθική σειρά ιζημάτων του Ιουρασικού που εξελίσσεται με συμφωνία επί των προηγούμενων αποτελείται από:

- i. Βαθύχρους ασβεστόλιθους με *Pinnidae* και μικρού μεγέθους *Megalodon* (Λιάσιο)
- ii. Ωολιθικούς ανοικτόχρους ασβεστόλιθους (Δογγέριο-κατ. Μάλμιο)
- iii. Βαθύχρους βιτουμενιούχους στιφρούς ασβεστόλιθους με *Cladocoropsis mirabilis* FELIX και λοιπών φυκών (αν.Μάλμιο)

“Μεταξύ των (ii) και (iii) παρεμβάλλεται ορίζοντας βωξίτη. Οι ασβεστόλιθοι με Cladocoropsis εξελίσσονται προς τα πάνω σε φαιούς λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους με κονδύλους από πυριτόλιθους και παρεμβολές μαργαϊκών ενστρώσεων.”

- iv. Μάργες, ψαμμίτες και σχιστοκερατόλιθοι μετ’ οφιολίθων άνω Ιουρασικής - κάτω Κρητιδικής ηλικίας υπέρκεινται με συμφωνία στρώσης.
- v. Άνω Κρητιδικόι ρουδιστοφόροι ασβεστόλιθοι μετά σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων υπέρκεινται με ασυμφωνία στρώσης κατά μήκος της επικλυσιγενούς επαφής .
- vi. Φλύσχης Παλαιοτριτογενούς αποτελούμενος από ψαμμίτες και μάργες αναπτύσσεται με συμφωνία στρώσεως πάνω από τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους. (Προβηγκίας(Γαλλία) n.d.)



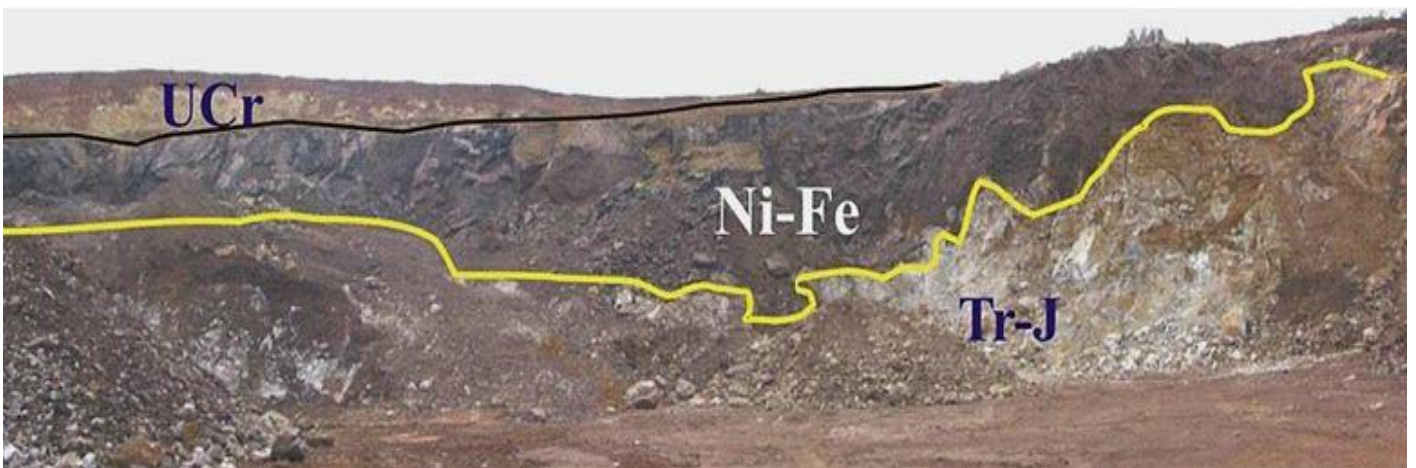
Εικόνα 3.1. Στρωματογραφική στήλη της Πελαγογικής ζώνης μη μεταμορφωμένων σχηματισμών της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας (Βασιλείου 2013)

3.2 Τεκτονική

Οι παλαιοζωικοί σχηματισμοί είναι πολλαπλώς πτυχωμένοι και κατά το πλείστον μεταμορφωμένοι από δυναμομεταμορφώσεις συνέπεια των παλαιοζωικών – κάτω τριαδικών ορογενετικών κινήσεων. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι οι υπερκείμενοι του παλαιοζωικού μεσοζωικού σχηματισμοί δεν παρουσιάζουν φαινόμενα μεταμόρφωσης.

Κατά την Αλπική ορογένεση εκτός από τις λεπιώσεις συνέβησαν και τοπικά φαινόμενα επωθήσεων λόγω εφαπτομενικών (πλευρικών) πιέσεων, τα οποία συναντώνται σε διάφορες περιοχές όπως βόρεια του οικισμού Σταυρός της Εύβοιας. Έτσι, μεταξύ των ορέων Ροδιά και Κοτρώνι παρατηρείται επώθηση των κάτω έως και άνω Ιουρασικών ασβεστολίθων επί της σχιστοκερατολιθικής με οφιόλιθους διάπλαση. Επίσης, μεταξύ των θέσεων Πηγαδάκι και Κατσικίζα έχει επωθηθεί ο φλύσχης, οι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και τμήμα των υπό αυτών οφιολίθων επί των ετερόχθονων ασβεστολίθων του Ιουρασικού ή επί των Κρητιδικών ασβεστολίθων.

Επίσης, η οφιολιθική μάζα που εκτείνεται δυτικά του οικισμού Κοντοδεσπότι και Βόρεια του Σταυρού εφιππεύει μετά των απ' αυτής επικλύσιγενών άνω Κρητιδικών ασβεστολίθων τους άνω Κρητιδικούς ασβεστολίθους του όρους Κοτρώνι και της θέσης Κατσικίζα. Σειρά από λέπια παρατηρούνται στο ΒΑ πρανές του Κανδηλίου όρους, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και κλίση ΒΑ, όπως επίσης και στο δυτικό πρανές του όρους Πυξαριά όπου τα λέπια κλίνουν προς ΝΔ.



Εικόνα 3.2. Κοίτασμα καρστικού νικελίου. Το σιδηρονικελιούχο μετάλλευμα αποτέθηκε εντός καρστικού εγκοίλου τριαδικό-ιουρασικών ασβεστολίθων της Υποελαγικής και καλύπτεται από ασβεστολίθους Ανωκρητιδικής ηλικίας (Ε.Κ.Π.Α. n.d.)

3.3 Μορφή των κοιτασμάτων

Τα κοιτάσματα που αναπτύσσονται πάνω σε ιουρασικούς ασβεστόλιθους έχουν μορφή στρώματος με ακανόνιστο δάπεδο, ενώ η οροφή τους είναι επίπεδη. Έτσι, το κοιτάσμα Αγ.Ιωάννου Λαρύμνης εμφανίζεται επί μήκους τεσσάρων και πλέον km με μέσο πάχος 8m περίπου.

Τα κοιτάσματα που αναπτύσσονται πάνω σε οφιόλιθους έχουν φακοειδή και σπανιότερα στρωματοειδή μορφή με ακανόνιστο δάπεδο και επίπεδη οροφή. Το πάχος τους κυμαίνεται 2-15m με οριζόντια ανάπτυξη 50 ως μερικές εκατοντάδες m, σπάνια δε, υπερβαίνουν τα 1000-2000m .

3.4 Ορυκτολογικά στοιχεία

Είναι γνωστό ότι τα νικελιούχα σιδηρομεταλλεύματα Λοκρίδας, Εύβοιας και Σκύρου αποτελούνται από αιματίτη, λειμωνίτη, γκαιτίτη, μαγνητίτη, τιτανομαγνητίτη, λεπιδοκροκίτη, μαρκίτη, κοβελλίτη, μαλαχίτη, μαρκασίτη και κλαστικούς κόκκους χρωμίτη.

Η ορυκτολογική μορφή που συναντάται το νικέλιο είναι η κολλοειδής. Στα πλούσια σε νικέλιο πράσινα υλικά που συναντώνται στη βάση του κοιτάσματος Αγ.Ιωάννου Λαρύμνης αναγνωρίστηκαν πυριτικά ορυκτά του νικελίου, συγγενή προς τους χλωρίτες και τον αντιγορίτη, ενώ από νεώτερες έρευνες διαπιστώθηκε η ύπαρξη συγκεντρώσεων μαρκασίτη ο οποίος θεωρείται ότι αποτέθηκε μαζί με το μετάλλευμα. Συχνά, παρατηρούνται επίσης, στρωματίδια γύψου στον Κεντρικό και Νότιο Τομέα του κοιτάσματος Αγ.Ιωάννου. Τα στρωματίδια αυτά δεν υπερβαίνουν συνήθως σε μήκος το 1m και σε πάχος τα 5cm. Κείτονται παράλληλα στη στρώση του μεταλλεύματος αποδεικνύοντας έτσι, την ιζηματογενή τους απόθεση.

Το νικελιούχο σιδηρομετάλλευμα παρουσιάζεται με δύο κυρίως τύπους: "τον πισσολιθικό και τον συμπαγή". Ο πισσολιθικός τύπος συναντάται κυρίως στα κατώτερα τμήματα των κοιτασμάτων ενώ ο συμπαγής στα ανώτερα, χωρίς αυτό να αποτελεί γενικό κανόνα. Σε κάποιες θέσεις όπως π.χ. στον Βόρειο Τομέα του κοιτάσματος Αγ.Ιωάννη, παρατηρούνται εναλλασσόμενα στρώματα πισσολιθικού και συμπαγούς σιδηρομεταλλεύματος καθ' όλο το πάχος του κοιτάσματος. Ο σχηματισμός των πισσολιθικών μορφών οφείλεται στη δράση των δυνάμεων επιφάνειας στον καθιζάνοντα κολλοειδή σίδηρο στο περιβάλλον της αβαθούς θάλασσας. Η κινητική ενέργεια του θαλάσσιου νερού ευνόησε την ανάπτυξη του φαινομένου. Συγκεκριμένα, η κίνηση του νερού λόγω κυματισμού ή ρευμάτων συνετέλεσε ώστε να διατηρηθούν σε αιώρηση επί αρκετό χρόνο οι σχηματιζόμενοι πισσολίθοι με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους τους.

Το πισσολιθικό μετάλλευμα αποτελείται κυρίως από αιματίτη και κατά δεύτερο λόγο από υδροξειδία του σιδήρου, ενώ το συμπαγές από γκαιτίτη και λειμωνίτη. Ο ιστός των κοιτασμάτων δεν έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές κατά το διαγενετικό στάδιο μετά την ιζηματογένεσή του.

3.5 Υδρογεωλογία

Στην περιοχή της Εύβοιας διακρίνονται δύο κύριες ομάδες πετρωμάτων, στις οποίες τόσο ο μηχανισμός κίνησης του υπόγειου νερού, όσο και η ικανότητα αποθήκευσης και απόληψής τους, διαφέρει σημαντικά. Στη μία ομάδα ταξινομούνται όλα τα κοκκώδη πετρώματα, στα οποία η περατότητα οφείλεται στους πόρους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων (τεταρτογενείς - νεογενείς σχηματισμοί). Στη δεύτερη ομάδα ταξινομούνται τα συμπαγή πετρώματα του υπόβαθρου, δηλαδή οι ασβεστόλιθοι και οι οφιόλιθοι, η περατότητα των οποίων οφείλεται στο δίκτυο των διαρρήξεων, ρωγμών, καρστικών αγωγών και άλλων ασυνεχειών που διασχίζουν τη μάζα τους. Στην ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν ποταμοί. Τα ρέματα και οι χείμαρροι που υφίστανται είναι ουσιαστικά χαμηλής παροχής και ενεργοποιούνται περιοδικά και σπάνια ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. (Βασιλείου 2013)

Σημειώνεται ότι μέρος των ποσοτήτων αυτών χρησιμοποιούνται για εργοταξιακές ανάγκες (καταστολή σκόνης, πότισμα περιοχών αποκατάστασης κ.λ.π.), οι υπόλοιπες ποσότητες νερού παροχετεύονται στην εσωτερική πλευρά των ραμπλέδων, διηθούνται μέσα από αυτές (αδρομερές υλικό) και εξέρχονται στην εξωτερική πλευρά τους ακολουθώντας το τεχνητό κανάλι που καταλήγει στον φυσικό αποδέκτη.

Με βάση την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά οι σχηματισμοί της περιοχής, διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και πρακτικά υδροστεγανούς σχηματισμούς. Στους υδροπερατούς σχηματισμούς ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του Τεταρτογενούς, οι ψαμμίτες του Νεογενούς, τα κροκαλοπαγή, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι.

Στους ημιπερατούς σχηματισμούς ανήκουν τα νεογενή ιζήματα. στα οποία παρατηρείται εναλλαγή αδρομερών και λεπτομερών στοιχείων και ο μανδύας. αποσάθρωσης του σχηματισμού του φλύσχη και των οφιολίθων.

Τέλος, στους υδατοστεγούς σχηματισμούς ανήκουν τα νεογενή ιζήματα αργιλικής σύστασης, ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Στις περιοχές όπου ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιολίθους παρουσιάζουν έντονη διάρρηξη, χαρακτηρίζονται ημιπερατοί έως υδροστεγανοί σχηματισμοί. (Βασιλείου 2013)

Στην Κεντρική Εύβοια, αναπτύσσονται τρία μεγάλα υδροφόρα συστήματα:

- I. **Το καρστικό σύστημα Μαντουδίου:** Καταλαμβάνει τμήμα της Βορειοανατολικής Εύβοιας, και έχει έκταση περίπου 115m². Κατά τόπους, αναπτύσσονται πολύ αβαθείς, υδροφόροι στις Τεταρτογενείς και Νεογενείς, αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής δυναμικότητας. Υποκείμενοι αυτών στη περιοχή Μαντουδίου βρίσκονται οι ασβεστόλιθοι και δολομίτες του Τριαδικού, οι οποίοι παρουσιάζουν έντονη υδροφορία. Οι περιδοτίτες, και τα εκρηξιγενή είναι πρακτικά μη υδροπερατοί σχηματισμοί, αλλά λόγω του εντόνου τεκτονισμού, έχουν έντονο κερματισμό και τροφοδοτούνται μέσω διηθήσεων από τους ποταμούς Νηλέα και Κηρέα. Τοπικά εμφανίζουν μια ικανοποιητική υδροφορία, ενώ σε υψηλότερες τοπογραφικά περιοχές παρουσιάζονται εκροές, μέσω ανάβλυσης πηγών επαφής. Η διεύθυνση της υπόγειας ροής των καρστικών υδροφόρων είναι Α προς Δ και ΝΔ. Οι υδροφόροι αυτοί είναι υπό πίεση. Η μεταβολή της πιεζομετρίας στους ανθρακικούς είναι ελάχιστη, της τάξεως των μερικών μέτρων. Η κίνηση του υπογείου νερού υποδηλώνει τροφοδοσία, προς το κεντρικό τμήμα της περιοχής έρευνας από τους καρστικούς σχηματισμούς προς τους ρωγμώδεις, όπου αναπτύσσεται υδροφορία μέσα στους οφιολίθους.
- II. **Το καρστικό σύστημα Δίρφους:** Καταλαμβάνει την κεντρική και Βόρεια περιοχή της Εύβοιας, και έχει έκταση περίπου 273 m². Κατά τόπους, αναπτύσσονται πολύ αβαθείς υδροφόροι στις Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας – χαμηλής δυναμικότητας. Σε μεγαλύτερα βάθη συναντώνται επάλληλοι καρστικοί υδροφόροι με ή χωρίς υδραυλική επικοινωνία. Οι ανάγκες των Δήμων Δίρφους, Μεσαπίων, Χαλκίδας καλύπτονται από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στη βάση του ορεινού όγκου. Το υδροσύστημα τροφοδοτείται κυρία από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί είναι υδρευτικές και περιορισμένος αριθμός αρδευτικών, με συνεπεία το σύστημα να μην δέχεται έντονη εκμετάλλευση. Το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό και για το λόγο αυτό εμφανίζονται απορροές σε υδρορέματα και πλευρική τροφοδότηση υδροφόρων σε μικρότερα υψόμετρα
- III. **Το κοκκώδες των Ψαχνών:** Καταλαμβάνει την πεδινή έκταση των Ψαχνών και την λοφώδη περιοχή στο Βόρειο τμήμα της, με εμβαδόν περίπου 39m². Στις αποθέσεις του Νεογενούς αναπτύσσεται υδροφορία μέτριας δυναμικότητας, κυρίως, στα κροκαλοπαγή, η οποία εκδηλώνεται με την εμφάνιση πηγών. Οι γεωτρήσεις οι οποίες έχουν ανορυχθεί είναι κυρίως αρδευτικές, και έχουν βάθη 150 m. Το υδροσύστημα τροφοδοτείται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, από τις περιβάλλουσες ανθρακικές, μάζες μέσω πλευρικής τροφοδοσίας και από διηθήσεις υδρορεμάτων, που διασχίζουν την περιοχή. Ο μεγάλος αριθμός αρδευτικών γεωτρήσεων και φρεάτων σε συνδυασμό με την έντονη καλλιέργεια, που υφίσταται η πεδινή περιοχή έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κίνδυνου θαλασσίας διείσδυσης. (Βασιλείου 2013)

Όσον αφορά τις ενότητες μέσα στις οποίες αναπτύσσονται οι υδροφόροι χωρίζονται ειδικότερα στις εξής κατηγορίες, με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

i. Υδροφόροι Προσχωματικών Αποθέσεων (Κοκκώδεις)

Οι υδροφόροι των προσχωματικών υποθέσεων αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή των δέλτα των ποταμοχειμάρρων Μεσάπιου και Λίλαντα. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις που συναντώνται σε μεγάλα υψόμετρα και έχουν ως υπόβαθρο υδροστεγανούς σχηματισμούς, διαμορφώνονται οριζόντες μικρής δυναμικότητας λόγω των μικρών διαστάσεων και της σύστασης τους. Οι υδροφόροι που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις είναι ελεύθεροι και μόνο στα κατώτερα τμήματα των δέλτα των ποταμών Λίλαντα και Μεσάπιου μεταπίπτουν σε υπό πίεση. λόγω της παρουσίας αργιλικών υλικών.

ii. Υδροφόροι Συνεκτικών Πετρωμάτων του Νεογενούς (ημιπερατοί)

Στα αδρομερή μέλη του Νεογενούς. που αποτελούνται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και τα οποία εναλλάσσονται με υδροστεγανά πετρώματα, όπως μάργες., αργίλους και αποσαθρωμένα τεμάχη φλύσχη και οφιολιθικών πετρωμάτων, αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι οριζόντες μικρής έως μέτριας δυναμικότητας. Η απόδοση των υδροληπτικών έργων στους υδροφόρους αυτούς δεν είναι αρκετά ικανοποιητική αλλά η ποιότητα των νερών είναι καλή.

iii. Υδροφόροι οριζόντες. σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με οφιόλιθους (ρωγμώδεις)

Στο σύμπλεγμα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου κυριαρχούν οφιόλιθοι, μπορεί να αναπτυχθεί υδροφόρος μικρής έως μέτριας δυναμικότητας, όταν ο σχηματισμός παρουσιάζει έντονη διάρρηξη. Το βάθος. του υδροφόρου ποικίλει κατά θέσεις ανάλογα με το πάχος. του μανδύα αποσάθρωσης του πετρώματος και του βαθμού διάρρηξης. Γενικά το βάθος της υδροφορίας δεν είναι μεγάλο και σπάνια υπερβαίνει τα 50m. Πολλά πηγάδια και γεωτρήσεις στη κοιλάδα Ψαχνών - Αγ. Τριάδας εκμεταλλεύονται υδροφόρους. σε οφιόλιθους και νεότερους σχηματισμούς. που έχουν προέλθει από αυτούς. Η απόδοση των υδροληπτικών έργων στους υδροφόρους αυτούς είναι μικρή.

iv. Καρστικοί Υδροφόροι

Πρόκειται για πετρώματα υψηλής υδροπερατότητας, έντονα καρστικοποιημένα. Οι τριαδικοιουρασικοί ασβεστόλιθοι λόγω της μεγάλης επιφανειακής τους έκτασης και της υψηλής υδροπερατότητάς τους, αποτελούν υπόγειους υδροφορείς μεγάλης δυναμικότητας. Η δυναμικότητα του σχηματισμού καθορίζεται από το δευτερογενές πορώδες και κυρίως από την τεκτονική

καταπόνηση και το βαθμό ανάπτυξης των μορφών καρστικής διάβρωσης στη μάζα τους. (Βασιλείου 2013)

ν. Προσχωματική Λεκάνη Ψαχνών

Στην περιοχή των προσχώσεων της λεκάνης των Ψαχνών, ο προσχωματικός υδροφόρος, αναπτύσσεται στην παράκτια ζώνη της υδρολογικής λεκάνης του Μεσαπίου ποταμού, έχει μέσο υψόμετρο 40m. και η έκτασή του είναι περίπου 23,98 km². Ως προς τη μορφολογία, η περιοχή μπορεί να διαχωριστεί σε δυο τμήματα: α) στο χαμηλό πεδινό έως ημιορεινό τμήμα με ήπιο ανάγλυφο, το οποίο αναπτύσσεται από την παραλιακή ζώνη μέχρι βάθους και πέρα από 10km στο εσωτερικό του νησιού και β) στο υψηλό ορεινό και με ισχυρό ανάγλυφο, το οποίο κατέχει τα απότομα πρηνή των ορεινών όγκων Κανδηλίου, Δίρφυος και Ολύμπου και των μεταξύ αυτών λόφων. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, όπου αυτές παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη και πάχος και σύσταση αδρομερούς υλικού, διαμορφώνονται προσχωματικοί υδροφόροι ορίζοντες. ικανοποιητικής απόδοσης. Οι προσχωματικοί υδροφόροι τροφοδοτούνται και αναπληρώνονται με νερό μέσω της κατείδυσης των βροχοπτώσεων, των διηθήσεων από τις επιφανειακές απορροές χειμάρρων και από υπόγειες μεταγίσεις νερών από παρακείμενους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστική υδροφορία υψηλής δυναμικότητας. (Βασιλείου 2013)

3.6 Μορφολογία του εδάφους

Τα εδάφη της περιοχής μελέτης είναι αλκαλικά, πτωχά σε θρεπτικά συστατικά, ιδίως οργανικές ουσίες, αλλά δεν είναι προβληματικά από την παρουσία βαρέων τοξικών μετάλλων σε περιεκτικότητες επικίνδυνες για την ανάπτυξη φυτών. Αξίζει επίσης, να σημειωθεί ότι το έδαφος είναι αμμώδους υφής με μεγάλες περιεκτικότητες σε CaCO₃ και SiO₂.

Πίνακας 3.1 Εδαφολογικές Αναλύσεις της Κεντρικής Εύβοιας

Δείγμα εδάφους	PH	Οργανική Ουσία gr. %	Μηχανική Ανάλυση			Ανταλλάξιμα Κατιόντα(meg./100 gr. Εδάφους)				PPm
			Άργιλος	Πηλός	Άμμος	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Fe	
1	8.35	0.23	17.96	21.36	60.68	52.5	9.58	0.37	13	18
2	8.3	0.35	19.96	22.08	57.96	52.5	2.27	0.27	20	32
3	8.0	0.77	44.96	23.26	31.68	62.0	7.08	0.45	7	7
4	8.3	0.56	18.96	16.36	64.68	55.0	3.0	0.37	8	14
5	8.3	0.78	20.96	17.08	61.98	55.0	0.91	0.20	4	5
6	8.35	0.49	23.96	20.00	56.04	57.5	1.08	0.22	5	3

3.7 Βλάστηση - Πανίδα

Η δασική βλάστηση της ευρύτερης περιοχής, φυτογεωγραφικά ανήκει στην ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης (ζώνη αειφυλλων – πλατύφυλλων) *Quevetalia Ilicis*, υποζώνη *Quercion Ilicis* και αυξητικό χώρο *Orno – Quercetum Ilicis*.

Στη ζώνη αυτή εμφανίζονται διάφορες φυτοκοινωνίες που κατά ένα μέρος είναι υποβαθμισμένες και κατά ένα άλλο εδαφικά εξαρτώμενες. Έτσι, στις ράχες και τις νότιες εκθέσεις κλιτύων, εμφανίζονται συνήθως ενώσεις με *Erica Manipuliflora* και *Erica Arborea* (ρίκια), *Calycotone Vilosa*, *Spartium*, *Junceum* και στις υγρότερες θέσεις (Μισγαγγίες – Βόρειες εκθέσεις κλιτύων), *Quercus ilex* (αριά), *Phillyrea Latifolia* κλπ.

Στην υποζώνη αυτή βρίσκεται το άριστο (ορτινίμιο) της ανάπτυξης της *Pinus Halepensis* (Χαλέπιος Πεύκη).

Από γεωργικής άποψης η καλλιέργεια της ελιάς βρίσκεται στα ψυχρά όριά της. Η αμπελλουργία βρίσκει άριστες συνθήκες καλλιέργειας καθώς και οι καλλιέργειες δημητριακών .

Δασικά είδη που απαντώνται:

- *Quercus coccifera* (πουνάρι)
- *Pistacia lentiscus* (σχοίνο)
- *Pistacia terebinthius* (κοκορεβυθιά)
- *Myrtus communis* (μυρτιά)
- *Rosa sempervirens* (αγριοτριανταφυλλιά)
- *Rinus communis* (γκορτζιά)
- *Robinia psedocacia* (ψευδακακία)

Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν μικροί πληθυσμοί άγριας πανίδας και ο χώρος επεμβάσεως δεν αποτελεί τόπο διαμονής ενδημικών ειδών.

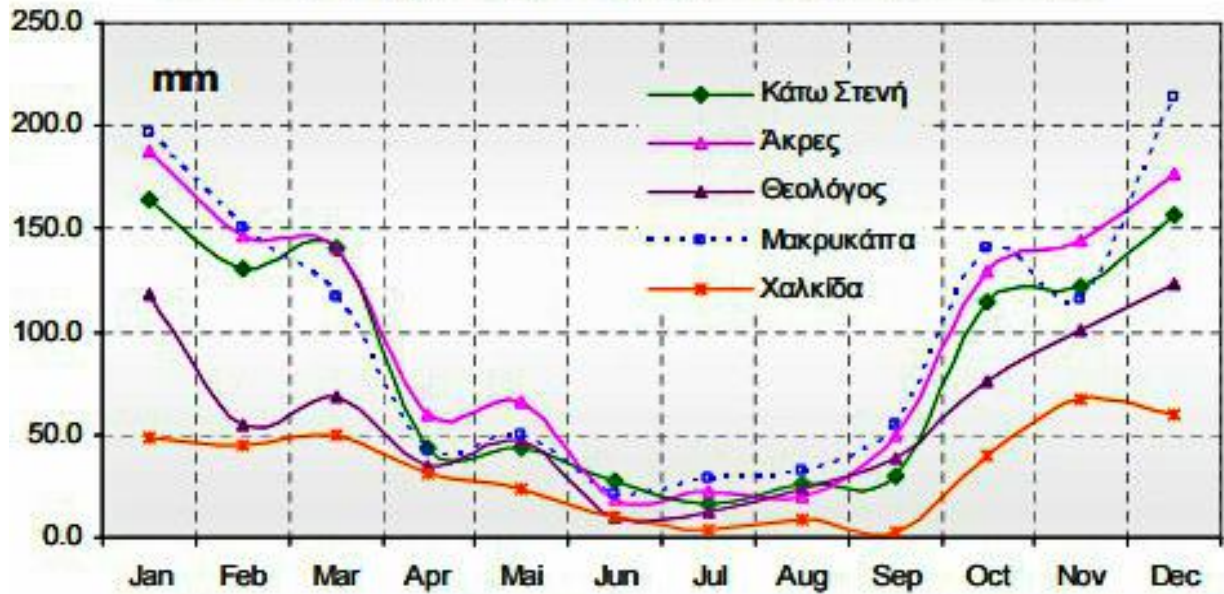
3.8 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο, με θερμοκρασίες όχι πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές το καλοκαίρι ή το χειμώνα αντίστοιχα και αυτό γιατί επηρεάζεται άμεσα από το ιδιάζον ανάγλυφο της οροσειράς Δίρφυος αφ' ενός και από την γειτνίαση της θάλασσας αφετέρου.

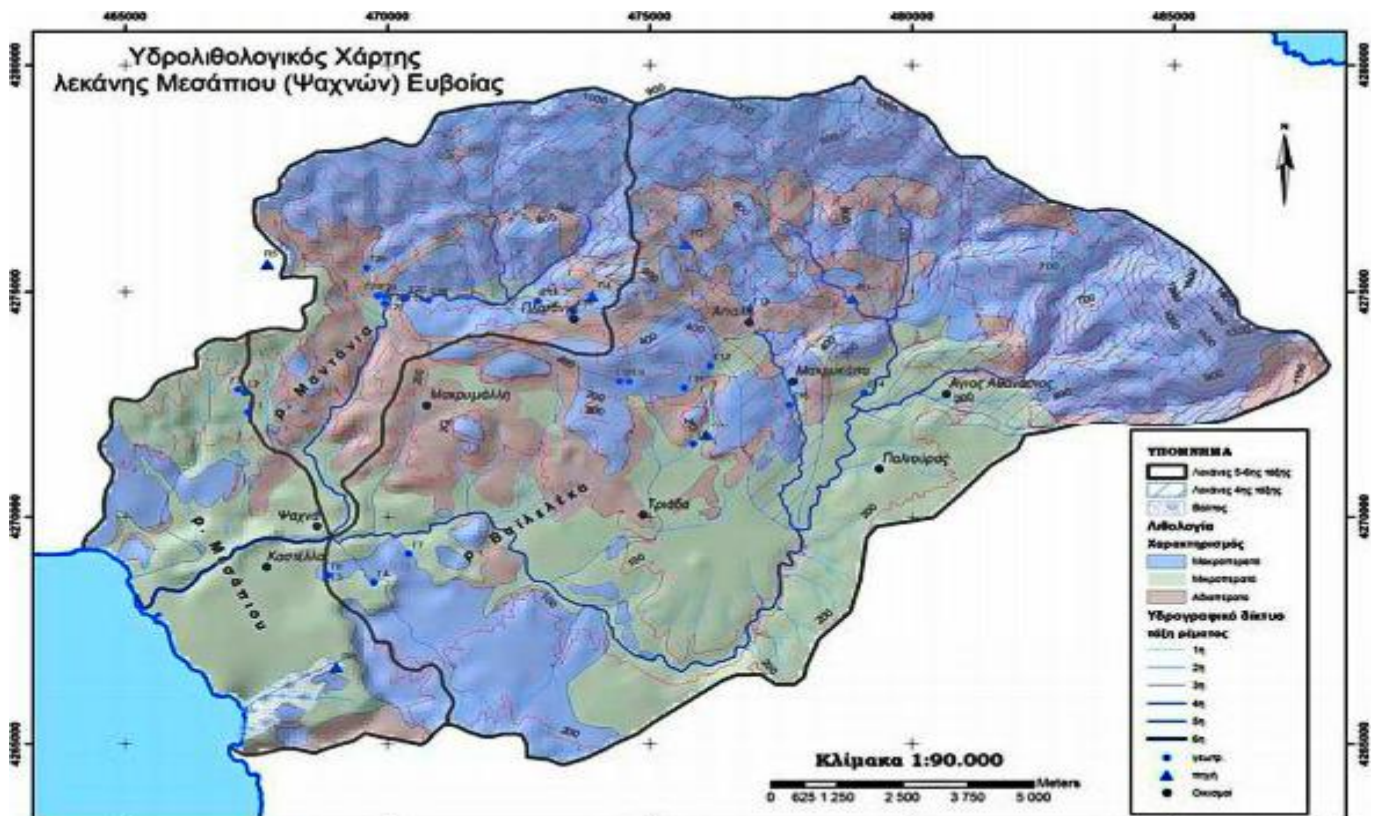
Συμπερασματικά, για κάθε ένα από τα κλιματολογικά στοιχεία, σημειώνονται τα παρακάτω:

- A. **Θερμοκρασία:** Δεν παρατηρούνται πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ των μέσων θερμοκρασιών του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα του έτους – Ιούλιος 26,7⁰ Κελσίου και Ιανουάριος 8,9⁰ Κελσίου αντίστοιχα. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία (Ιούλιος 30,7⁰ Κελσίου) και η μέση ελάχιστη (Ιανουάριος 5,7⁰ Κελσίου) δεν υπερβαίνουν τα όρια πέρα από τα οποία η διαβίωση γίνεται γενικά προβληματική.
- B. **Βροχοπτώσεις:** Γενικά η περιοχή χαρακτηρίζεται ως υγρή, αφού το ετήσιο βροχομετρικό ύψος ανέρχεται σε 76,38 cm. Ο Δεκέμβριος μήνας είναι ο πλέον βροχερός (128,1 cm), εν αντιθέσει με τον Ιούλιο που είναι ο μήνας του χρόνου με τις λιγότερες βροχές.
- Γ. **Χιόνι:** Τους χειμερινούς μήνες συχνά η περιοχή καλύπτεται από χιόνι.
- Δ. **Πάχνη-Παγετοί:** Συχνά σημειώνονται κατά την διάρκεια του χειμώνα.
- E. **Χαλάζι-Καταιγίδες:** Σημειώνονται μάλλον συχνά. Ιδιαίτερα για τις καταιγίδες ενσκήπτουν κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο.

Κατανομή της μέσης υπερμηνιαίας βροχόπτωσης



Εικόνα 3.3. Κατανομή της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στους σταθμούς της περιοχής



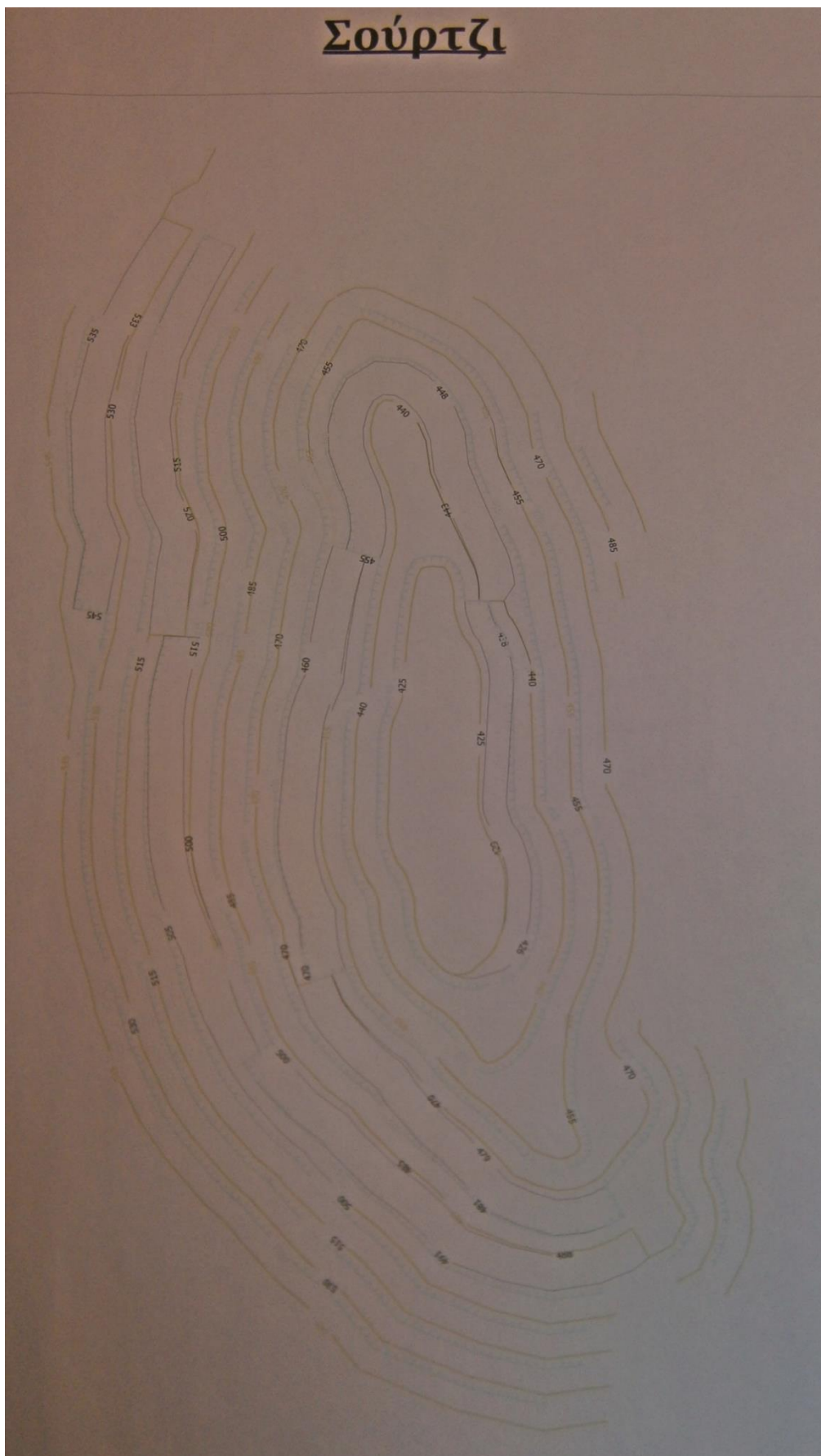
Εικόνα 3.4. Υδρολιθολογικός χάρτης λεκάνης Ψαχνών (Μεσάπιου) Εύβοιας

4 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑ «ΣΟΥΡΤΖΙ»

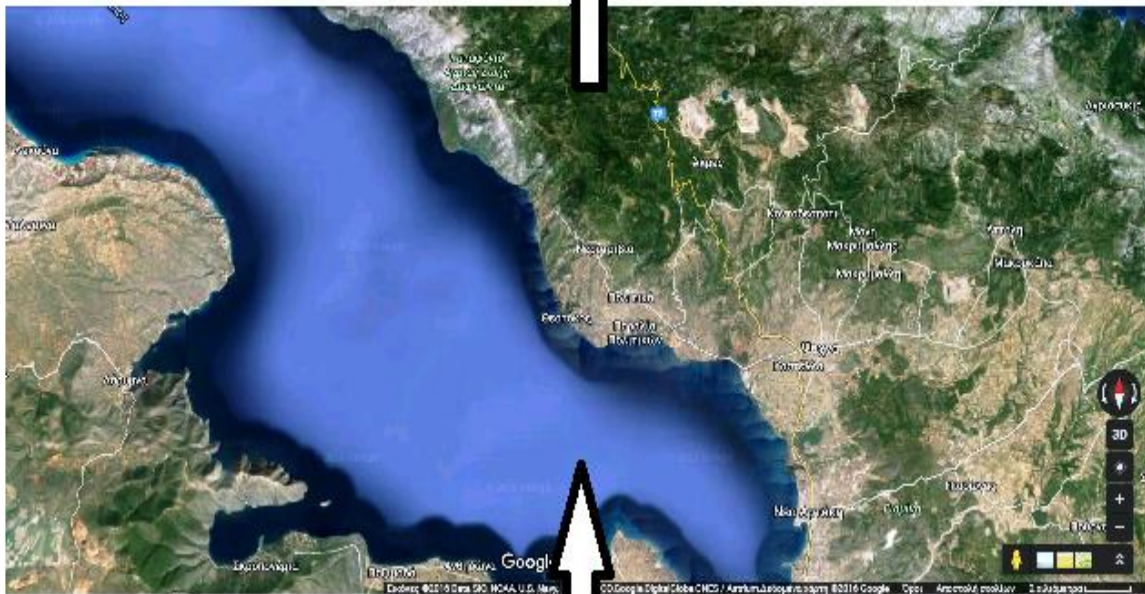
Η ευρύτερη περιοχή επέμβασης της εταιρίας, βρίσκεται στην Κεντρική Εύβοια ακριβέστερα δε στους ανατολικούς πρόποδες της οροσειράς Κανδήλιον. Το υπό μελέτη κοίτασμα βρίσκεται βορειοανατολικά του δημοτικού διαμερίσματος των Άκρων, στο δήμο Διρφύων-Μεσσαπίων, στο νομό Ευβοίας και αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και 198 m από την επιφάνεια του εδάφους. Πρόκειται για ένα μέσου μεγέθους κοίτασμα. Ειδικότερα, η προς έρευνα περιοχή αναφέρεται στο σιδηρονικελιούχο κοίτασμα Σούρτζι, ένα εκ των πέντε κοιτασμάτων της περιοχής, με συνολική έκταση σταδιακής αποψίλωσης τα 000000 στρέμματα. Τέλος, η εξεταζόμενη περιοχή μπορεί να τοποθετηθεί ανατολικά της επαρχιακής οδού Ψαχνών-Αιδηψού, στο ύψος του 30^{ου} χιλιομέτρου στη θέση Άγιος.

Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες του χώρου επέμβασης

Συντεταγμένες Χώρου Επέμβασης		
X	465800.0	467600.0
Y	4277700.0	4279400.0
Z	800.0	200.0



Εικόνα 4.1. Φωτογραφία από πίνακα με τα υψόμετρα των βαθμίδων μετά από επίσκεψη στα μεταλλεία Ευβοίας.



Εικόνα 4.2. Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής (google maps n.d.)



Εικόνα 4.3. Παλαιότερη ανοιχτή εκσκαφή στην περιοχή ενδιαφέροντος (κοίτασμα Σούρτζι)



Εικόνα 4.4. Χοανοειδής επιφανειακή εκμετάλλευση. Κοίτασμα το οποίο εκτείνεται σε μικρή απόσταση από το Σούρτζι

5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

5.1 Σημασία υπολογισμού αποθεμάτων

Η απόκτηση μίας ολοκληρωμένης εικόνας για το κοιτάσμα, βασίζεται σε σημειακές παρατηρήσεις στο χώρο και καταλήγει να αντιμετωπίζεται με πολλούς τρόπους, ανάλογα με τη φύση και την πυκνότητα των δεδομένων. Η παραδοσιακή προσέγγιση, η οποία σήμερα χρησιμοποιείται μόνο σε πρώιμα στάδια της έρευνας και συνίσταται στην απεικόνιση του υπό έρευνα κοιτάσματος σε μία συλλογή πρότυπων κοιτασμάτων ονομάζεται **δημιουργία γεωλογικών μοντέλων**. Στη συνέχεια, όταν τα δεδομένα της έρευνας πληθύνουν, προχωρούμε στην ανάπτυξη ενός **αριθμητικού μοντέλου** του κοιτάσματος για να εκτιμήσουμε τα αποθέματα του και αυτό γίνεται με πιο σύνθετες μαθηματικές μεθόδους (Μόδης και Σταματάκη 2015).

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων είναι αποτέλεσμα των ερευνητικών εργασιών, γεωτρήσεων και γεωλογικών εκτιμήσεων. Έτσι, εμπεριέχει μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας που εξαρτάται από τον βαθμό της έρευνας. Περισσότερες ερευνητικές εργασίες μειώνουν, αλλά δεν μηδενίζουν τον βαθμό της αβεβαιότητας. Είναι δεδομένο ότι μεγαλύτερη πυκνότητα ερευνητικών εργασιών καταλήγει σε διαφορετική γνώση σε σχέση με την ποσότητα του μεταλλεύματος, την περιεκτικότητα σε χρήσιμα συστατικά κ.λπ. και, κατά συνέπεια, σε διαφοροποιήσεις ως προς τον βαθμό της αβεβαιότητας που υπεισέρχεται στην τελική απόφαση εκμετάλλευσης. Από την άλλη μεριά, αύξηση της πυκνότητας των ερευνητικών εργασιών σημαίνει μεγαλύτερο κόστος και αύξηση του χρόνου έρευνας. Έτσι, η εκτίμηση του βαθμού αβεβαιότητας και η παραμονή του μέσα σε ορισμένα όρια έχουν καίρια σημασία για τον σχεδιασμό της έρευνας και την τελική απόφαση εκμετάλλευσης. Η έκφραση αυτής της αβεβαιότητας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των κοιτασμάτων οδηγεί στην ανάγκη κατάταξης των αποθεμάτων σε κατηγορίες (βέβαια, πιθανά, δυνατά κ.λπ.). Ο χαρακτηρισμός αυτός, με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές για τις προαπαιτούμενες ερευνητικές εργασίες, υπήρξε ο μοναδικός τρόπος συστηματικής έκφρασης της αβεβαιότητας την εποχή που οι στατιστικές μέθοδοι εκτίμησης αποθεμάτων δεν είχαν λάβει τη σημερινή εξάπλωση. Οι πρώτοι χαρακτηρισμοί των κατηγοριών των αποθεμάτων (βέβαια, πιθανά, δυνατά κ.λπ.) είναι καθαρά περιγραφικοί και εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητας, βασισμένης στην πείρα και το πρόσωπο του μελετητή. Προϊόντος του χρόνου, γίνεται προσπάθεια εξορθολογισμού των κριτηρίων ταξινόμησης με βάση τις προαπαιτούμενες ερευνητικές εργασίες, αλλά και τις καινούργιες στατιστικές μεθόδους, όπως η γεωστατιστική. Η κατάταξη των αποθεμάτων σε κατηγορίες παραμένει και συστηματοποιείται. Το κύριο πρόβλημα, όμως, του όλου εγχειρήματος είναι υπαρκτό. Η έλλειψη ενός ενιαίου συστήματος ταξινόμησης σε παγκόσμιο επίπεδο οφείλεται στο ότι κάθε σύστημα δημιουργήθηκε για να

ικανοποιήσει συγκεκριμένες ανάγκες, διαφορετικές το ένα από το άλλο. Ακόμη, στοιχεία όπως η αναφορά σε διαφορετικούς ορίζοντες προγραμματισμού (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) ανάλογα με το μέγεθος και τις απαιτήσεις του ενδιαφερόμενου φορέα οδηγούν σε διαφοροποιήσεις των συστημάτων κατάταξης. Τέλος, το διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο των χρηστών- μελετητών (οικονομολόγοι, γεωλόγοι, μεταλλειολόγοι) συντελεί σε μικρό βαθμό στη διαφοροποίηση της ταξινόμησης.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούν τα περισσότερα συστήματα κατάταξης για τη διάκριση των αποθεμάτων σε κατηγορίες, τα οποία μερικές φορές δεν είναι διατυπωμένα με σαφήνεια, διαφέρουν από σύστημα σε σύστημα. Βασικό κριτήριο είναι ο βαθμός γεωλογικής γνώσης, ο οποίος σχετίζεται με τις προαπαιτούμενες ερευνητικές εργασίες και, κατά συνέπεια, με τη γνώση των παραμέτρων του κοιτάσματος (μέγεθος, περιεκτικότητα), εμπεριέχει δε μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Δεύτερο βασικό κριτήριο είναι η οικονομικότητα του κοιτάσματος, η οποία σχετίζεται με το δεδομένο οικονομικό και πολιτικό περιβάλλον, τα χαρακτηριστικά της μεταλλοφορίας, καθώς και τις τεχνολογικές δυνατότητες εξόρυξης. Τέλος, θα πρέπει να προσθέσουμε ότι, παρά τις συνεχείς προσπάθειες βελτίωσης, οι εγγενείς ατέλειες των συστημάτων κατάταξης και η ασάφεια, πολλές φορές, των κριτηρίων τους, οδήγησαν στον περιορισμό της λειτουργικότητάς τους στην καταγραφή αποθεμάτων ορυκτών πόρων αποκλειστικά σε επίπεδο μεγάλων περιοχών ή εθνικό επίπεδο, όπου η ασάφεια δεν βλάπτει σημαντικά τον βαθμό αξιοπιστίας. Σε μια μεγάλη περιοχή, όπου διαπιστώνουμε αποθέματα δεκάδων εκατομμυρίων τόνων, σφάλμα της τάξης των χιλιάδων ή δεκάδων χιλιάδων τόνων, απέχει πολύ από το να θεωρηθεί σημαντικό. Κυρίαρχο πρόβλημα στη μεταλλευτική πρακτική αποτελεί η γνώση της τιμής της παραμέτρου ενδιαφέροντος σε όλο τον χώρο που χαρακτηρίζεται γεωλογικά ως κοιτάσμα. Ανάλογο πρόβλημα είναι και η περίπτωση όπου τη θέση του κοιτάσματος κατέχει ένας οποιοσδήποτε γεωλογικός σχηματισμός. Ενώ στην περίπτωση του κοιτάσματος κατά κανόνα ενδιαφέρει η περιεκτικότητα ή το πάχος του, στη γενικότερη περίπτωση ενός γεωλογικού σχηματισμού μπορεί να είναι χρήσιμη η γνώση παραμέτρων τεχνικής γεωλογίας όπως το πορώδες, η γεωμετρία και ο προσανατολισμός των διακλάσεων, η αντοχή, κ.λπ.

Σε όλες τις περιπτώσεις το ζητούμενο είναι, με αφετηρία τα διαθέσιμα δείγματα, να γίνουν εκτιμήσεις που να καλύπτουν όλο τον χώρο ενδιαφέροντος. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα πρόβλημα παρεμβολής τιμών. Στον χώρο της μεταλλευτικής είναι γνωστή ποικιλία μεθόδων υπολογισμού των αποθεμάτων και εκτίμησης της περιεκτικότητας. Όλη η ανωτέρω μεθοδολογία βασίζεται σε υποθέσεις επέκτασης της τιμής καθενός από τα δείγματα στον περιβάλλοντα χώρο ή στάθμισης της βαρύτητας των τιμών των δειγμάτων με διαφορετικούς τρόπους (Μόδης και Σταματάκη 2015).

Με εφαρμογή κατάλληλου λογισμικού, από τις βάσεις δεδομένων μας, μπορούν να προκύψουν αντίστοιχα μοντέλα κοιτασμάτων με μπλοκ. Τέλος, χρησιμοποιώντας την έννοια της οριακής περιεκτικότητας σε χρήσιμο συστατικό, η επεξεργασία ενός μοντέλου με μπλοκ μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία καμπυλών περιεκτικότητας αποθεμάτων.

5.2 Εξελικτική πορεία διαδικασίας υπολογισμού αποθεμάτων

Η διαδικασία του υπολογισμού των αποθεμάτων παλαιότερα ήταν κοινή σε όλα τα μοντέλα. Περιλάμβανε την εφαρμογή μιας σειράς μαθηματικών αλγορίθμων για την παρεμβολή και την παρέκταση από μία ομάδα ακανόνιστα διατεταγμένων δεδομένων σε ένα σημείο πλέγματος ή στο κέντρο ενός κύβου. Οι τεχνικές του υπολογισμού διέφεραν και ξεκινούσαν από έναν απλό τριγωνισμό σε μία πολυγωνική προσέγγιση, όπου δίνεται μία περιοχή επιρροής σε κάθε γεώτρηση, και κατέληγαν σε πιο πολύπλοκους αλγορίθμους όπως η ανάλυση επίπεδων τάσεων, οι σειρές Fourier και η γεωστατιστική. Η διαδικασία του υπολογισμού δεν είναι επομένως, μία νέα διαδικασία για το χώρο των γεωλόγων και των μηχανικών. Μερικά χρόνια πριν, χρησιμοποιούνταν χειρωνακτικές μέθοδοι, ξεκινώντας από μία γωνία της περιοχής και συνέδεαν τις τρεις κοντινότερες γεωτρήσεις, για το σχηματισμό ενός τριγώνου. Στη συνέχεια, διαιρούσαν γραμμικά το μήκος κάθε πλευράς σε ίσα τμήματα μεταξύ των τιμών των δύο κατακόρυφων για να φτάσουν στα επιθυμητά διαστήματα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβανόταν ξανά και ξανά, έως να χρησιμοποιηθούν όλες οι γεωτρήσεις και να ορισθεί ένα δίκτυο τριγωνισμού. Σήμερα, η σημασία του υπολογισμού των ακριβή αποθεμάτων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών μεθόδων υπολογισμού οι οποίες συνεχώς βελτιώνονται (G. 1963). Οι μέθοδοι αυτές θα περιγραφούν συνοπτικά παρακάτω.

Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες δύο βασικές κατηγορίες, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά στα θεμελιώδη στοιχεία τους:

1. **Συμβατικές μέθοδοι:** Με τις συμβατικές μεθόδους ο υπολογισμός της ποιότητας του κοιτάσματος και των αποθεμάτων γίνεται με τον καθορισμό της ζώνης επιρροής κάθε δείγματος. Ο καθορισμός αυτός γίνεται με βάση γεωμετρικά κριτήρια, τα οποία συνιστούν μία παραδοχή αναφορικά με την κατανομή της μεταλλοφορίας. Οι κύριες μέθοδοι που εμπίπτουν στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι η μέθοδος των τομών, η μέθοδος των πολυγώνων, η μέθοδος των τριγώνων και η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων.

α. Μέθοδος των τομών

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται, κυρίως, όταν ο κλίμακος των γεωτρήσεων είναι κατά το δυνατό κανονικός και οι γεωτρήσεις παράλληλες μεταξύ τους (συνήθως κατακόρυφες) ή ακόμη όταν ένα

κοίτασμα, συνήθως φλεβικό, έχει ερευνηθεί με μία σειρά από ριπίδια γεωτρήσεων των οποίων τα επίπεδα είναι παράλληλα μεταξύ τους και συνήθως κάθετα προς το μεγάλο άξονα του κοιτάσματος.

β. Μέθοδος των πολυγώνων

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, σε χάρτη που έχουν τοποθετηθεί γεωτρήσεις και τα όρια του κοιτάσματος ενώνεται κάθε γεώτρηση με ευθείες με τις πλησιέστερες γεωτρήσεις. Μετά από αυτό φέρονται οι κάθετοι στο μέσο των προηγούμενων ευθειών και σχηματίζεται ένα πολύγωνο γύρω από κάθε γεώτρηση. Η πολυγωνική αυτή επιφάνεια είναι η επιφάνεια επιρροής της γεώτρησης. Ο αντίστοιχος όγκος επιρροής της γεώτρησης στο χώρο είναι, ένα πολυγωνικό πρίσμα με βάση την παραπάνω επιφάνεια και ύψος, το πάχος του κοιτάσματος στη θέση της γεώτρησης.

γ. Μέθοδος των τριγώνων

Στη μέθοδο αυτή ενώνονται οι γειτονικές γεωτρήσεις ανά τρεις και σχηματίζονται έτσι τρίγωνα με κορυφές τις γεωτρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο το τρίγωνο χωρίζεται σε ορθά, τριγωνικά πρισματοειδή.

δ. Μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων

Κατά τη μέθοδο των αντίστροφων αποστάσεων η κάτοψη του κοιτάσματος υποδιαιρείται σε, ισομεγέθη συνήθως, τετράγωνα ή ορθογώνια παραλληλόγραμμα που μπορεί να είναι ανεξάρτητα από τις θέσεις των γεωτρήσεων. Με τον τρόπο αυτό το κοίτασμα υποδιαιρείται σε ένα σύνολο κατακόρυφων πρισμάτων. Η περιεκτικότητα κάθε πρίσματος υπολογίζεται ως σταθμικός μέσος όρος με βάση τις περιεκτικότητες των γεωτρήσεων που βρίσκονται σε ορισμένη ακτίνα από το κέντρο του πρίσματος και δεν καλύπτονται από άλλες πλησιέστερες γεωτρήσεις. Ο σταθμικός συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάζεται η περιεκτικότητα της κάθε γεώτρησης είναι το τετράγωνο του αντιστρόφου της απόστασης της γεώτρησης από το κέντρο του πρίσματος. Έτσι η επίδραση της περιεκτικότητας της κάθε γεώτρησης μικραίνει όσο αυξάνεται η απόστασή της από το κέντρο του πρίσματος. (διπλασιασμός της απόστασης συνεπάγεται υποτετραπλασιασμό της επίδρασης). Παραλλαγή αυτής της μεθόδου αποτελεί η περίπτωση όπου το αντίστροφο της απόστασης υψώνεται στον κύβο προκειμένου να μειωθεί περαιτέρω η επίδραση των απομακρυσμένων δειγμάτων.

2. Μαθηματικοστατιστικές μέθοδοι: Στις μαθηματικοστατιστικές μεθόδους συμπεριλαμβάνονται οι μέθοδοι της κλασικής στατιστικής και η γεωστατιστική.

α. Κλασική στατιστική

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε κύρια για τη μελέτη της κατανομής της ποιότητας μέσα στο κοίτασμα, εντούτοις όμως χρησιμοποιείται για επωφελή τρόπο και για τη μελέτη οποιουδήποτε μεταβλητού χαρακτηριστικού του κοιτάσματος (πάχος, προσμίξεις, επιβλαβών συστατικών κ.λ.π).

Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι πως απαλλάσσει κατά μεγάλο μέρος τους υπολογισμούς από υποκειμενικά κριτήρια του μελετητή, δίνει τις καλύτερες εκτιμήσεις μαζί με τα σφάλματα που τις συνοδεύουν, δίνει την ευκαιρία προγραμματισμού των μεταλλευτικών ερευνών, επιτρέπει αριστοποίηση του προγράμματος δειγματοληψίας και δίνει τη δυνατότητα κατασκευής χαρτών ισοπεριεκτικότητας.

Ως μειονέκτημα της μεθόδου μπορεί να αναφερθεί το γεγονός ότι βασίζεται στην παραδοχή ότι τα δείγματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Η παραδοχή αυτή μπορεί να ισχύει στα αρχικά στάδια των ερευνών που οι αποστάσεις μεταξύ ερευνητικών εργασιών είναι σημαντικές. Όσο όμως οι αποστάσεις μικραίνουν τόσο τα δείγματα συσχετίζονται μεταξύ τους και η εφαρμογή της κλασικής στατιστικής οδηγεί σε σφάλματα. Σε αυτό το σημείο λαμβάνεται υπόψη η γεωστατιστική.

β. Γεωστατιστική

Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή του υπολογισμού των συντελεστών βαρύτητας όχι a priori αλλά με βάση τις χωρικές συσχετίσεις, όλων των υπόλοιπων δειγμάτων. Η γεωστατιστική υποθέτει πως η τιμή του δείγματος είναι συνάρτηση της θέσης του μέσα στο κοίτασμα και οι διαφορές των τιμών μεταξύ των δειγμάτων είναι συνάρτηση των αποστάσεων μεταξύ τους. Άρα, για την εκτίμηση ενός τμήματος χρησιμοποιούνται όχι μόνο όσα βρίσκονται στο εσωτερικό και την περιφέρειά του, αλλά λαμβάνεται έμμεσα υπόψη και το σύνολο των υπολοίπων. Στη γεωστατιστική η μεταβλητότητα μιας παραμέτρου αποτελείται από δύο συνιστώσες. Τη συνιστώσα του συσχετισμού και την τυχαία συνιστώσα. Το μοντέλο το οποίο προκύπτει επομένως, από γνωστές τιμές των δειγμάτων, χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των αντίστοιχων τιμών σε περιοχές που δεν έχει πραγματοποιηθεί δειγματοληψία. Η μεθοδολογία αυτή αξιοποιεί στον μεγαλύτερο βαθμό τις πληροφορίες που παρέχουν τα δείγματα. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εκτίμησης ενός πολύπλοκου χωρικού φαινομένου όπως το κοίτασμα, με την πληρέστερη αξιοποίηση των πληροφοριών από τα δείγματα.

5.3 Κύριες διαδικασίες Μοντελοποίησης

Οι επιλογές της μοντελοποίησης ενός κοιτάσματος είναι πολλές και εξαρτώνται από το είδος του κοιτάσματος, τις ιδιότητες του κοιτάσματος που μοντελοποιείται, τη μεταβλητή που μας ενδιαφέρει, την πολυπλοκότητα της γεωλογίας του κοιτάσματος, καθώς και την εξοικείωση των χρηστών με τις διάφορες τεχνικές.

Οι τρεις κύριες διαδικασίες μοντελοποίησης είναι βασισμένες στο μοντέλο των κύβων, στο μοντέλο πλέγματος και στο μοντέλο των τομών. Το μοντέλο των κύβων χρησιμοποιείται συνήθως για διάσπαρτα κοιτάσματα, όπως πορφυριτικού χαλκού, χρυσού, ουρανίου και σε άλλα μη

στρωματοειδή κοιτάσματα. Το μοντέλο του πλέγματος χρησιμοποιείται κανονικά για στρωματοειδή κοιτάσματα, όπως άνθρακα, θείου, ασβεστόλιθου, σχιστόλιθου και άμμου, και τα μοντέλα των τομών χρησιμοποιούνται για πολύπλοκα πτυχωμένα και ρωγματοωμένα ή απότομα κεκλιμένα κοιτάσματα (Καπαγερίδης 1995). Τα μοντέλα των κύβων έχουν εφαρμοστεί και σε απότομα κεκλιμένα κοιτάσματα, όπως το κοίτασμα Σούρτζι της περιοχής μελέτης, και αποτελεί μία σειρά από δοσμένες X , Y , Z διαστάσεις που αντιπροσωπεύουν ένα μοντέλο μίας ιδιότητας σε ένα δοσμένο βάθος. Κάθε κύβος αναγνωρίζεται από τις συντεταγμένες στο κέντρο του και περιέχει ποσοστιαίες τιμές για κάθε στοιχείο που μας ενδιαφέρει. Το μοντέλο των κύβων θα περιγραφεί αναλυτικότερα στις επόμενες ενότητες.

5.4 Χωρικά Μοντέλα Δεδομένων

Τα χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται γενικά σε δύο εναλλακτικές μορφές: τη μορφή ψηφιοπλέγματος και την ανυσματική μορφή. Ένα ανυσματικό μοντέλο αποτελείται από χωρικά στοιχεία, τα οποία αναπαρίστανται σε μορφή συντεταγμένων. Αντίθετα, ένα μοντέλο ψηφιοπλέγματος αποτελείται από εικονοστοιχεία, συνήθως τετράγωνου σχήματος. Η μορφή ψηφιοπλέγματος χρησιμοποιείται συνήθως στην τηλεπισκόπηση, ενώ η ανυσματική μορφή χρησιμοποιείται για την απεικόνιση γεωτρήσεων και για τη γεωλογική χαρτογράφηση. Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα επιτρέπουν την ενοποίηση των δύο διαφορετικών τύπων, καθώς και τη μετατροπή από το ένα μοντέλο στο άλλο. Σε ένα απλό δισδιάστατο ανυσματικό μοντέλο, τα σημεία αντιπροσωπεύονται από τις συντεταγμένες X και Y , οι γραμμές αποτελούν μια σειρά συνδεδεμένων σημείων (κορυφές), ενώ τα πολύγωνα συνιστούν μια σειρά συνδεδεμένων γραμμών ή χορδών. Για τις περιπτώσεις μοντελοποίησης πιο σύνθετων σχημάτων, πρέπει να καθοριστεί η σχέση μεταξύ γειτονικών πολυγώνων και να διαχωριστεί το σύνολο του χώρου της περιοχής μελέτης σε επιμέρους τμήματα. Το μοντέλο που δημιουργείται σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται τοπολογικό. Σε αυτό το μοντέλο, με τη χρήση του λογισμικού τα πολύγωνα σχηματίζονται ως ένα πλέγμα γραμμών αποτελούμενο από τόξα που συνδέονται μεταξύ τους σε κόμβους. Μια άλλη παραλλαγή του ανωτέρω μοντέλου, που χρησιμοποιείται συχνά σε δεδομένα υψομέτρου, είναι το τριγωνικό ακανόνιστο δίκτυο (TIN), το οποίο χρησιμοποιείται για να απεικονιστούν ψηφιακά διάφορες επιφάνειες ή για την κατασκευή ψηφιακών μοντέλων εδάφους (DTM). Η απλούστερη λύση για την αποθήκευση δεδομένων είναι η χρήση ενός σειριακού αρχείου, στο οποίο κάθε δεδομένο αποτελείται από συντεταγμένες x , y (και z), καθώς και αριθμητικές τιμές. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί, για παράδειγμα, σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό φύλλο, όπως το Microsoft Excel. Σε αυτή τη μορφή οι διάφορες τιμές αποθηκεύονται σε στήλες οι οποίες αντιστοιχούν σε πεδία, καθώς και σειρές, οι οποίες αντιστοιχούν σε εγγραφές.

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο αποθήκευσης όλα τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε έναν πίνακα και κάθε κελί του πίνακα έχει μια μοναδική τιμή, ενώ όμοια δείγματα απαιτούν επιπλέον εγγραφές. Η ανωτέρω μέθοδος είναι ακατάλληλη για την αποθήκευση δεδομένων τα οποία υπόκεινται σε μικρές μεταβολές, όπως, για παράδειγμα, μια αλλαγή στο όνομα της λιθολογίας, η οποία απαιτεί την τροποποίησή της σε όλα τα κελιά του αρχείου. Τα δεδομένα σε αυτή την περίπτωση αποθηκεύονται και υφίστανται επεξεργασία πιο αποτελεσματικά σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, εντός της οποίας τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια σειρά από πίνακες που συνδέονται με μοναδικά «κλειδιά», όπως οι αριθμοί των δειγμάτων. Οι δύο προηγούμενες μέθοδοι αποθήκευσης χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα Σ.Γ.Π δύο διαστάσεων αλλά και σε άλλα γεωμετρικά μοντέλα. Εντούτοις, η διαχείριση της τρισδιάστατης γεωγραφικής πληροφορίας είναι πολύ δυσκολότερη. Η βασική δυσκολία βρίσκεται στον μετασχηματισμό των πολύπλοκων χωρικών δομών σε αλληλοσυνδεόμενους πίνακες. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται επιτυχώς τα τελευταία χρόνια με τη χρήση αντικειμενοστραφών βάσεων δεδομένων. Σε αυτή τη μέθοδο αποθήκευσης, οι διάφορες δομές δεν χρειάζεται να μετασχηματιστούν, αλλά μπορούν να αποθηκεύονται κατευθείαν ως αυτοτελή αντικείμενα που περιλαμβάνουν όλη τη σχετική πληροφορία. Η μεθοδολογία των αντικειμενοστραφών βάσεων δεδομένων στηρίζεται κατά πολύ στη χρήση μεγάλης μνήμης και γρήγορων επεξεργασιών (Μόδης και Σταματάκη 2015).

Όπως είναι γνωστό, οι παράμετροι που ενδιαφέρουν την εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος, ή γενικότερα την εγκατάσταση ενός τεχνικού έργου σε έναν γεωλογικό χώρο, είναι οι περιεκτικότητες του χρήσιμου στοιχείου και των επιθυμητών ή ανεπιθύμητων συστατικών, το πάχος, το ειδικό βάρος, οι παράμετροι τεκτονισμού και αντοχής κ.λπ. Οι παράμετροι αυτές κατανέμονται στον χώρο και παρουσιάζουν γενικώς πολύπλοκες μεταβολές (Μόδης και Σταματάκη 2015).

Συμπερασματικά, αξίζει να αναφερθεί πως η παγκόσμια βιομηχανία υπολογιστών βασισμένη στις παραδοσιακές μεθόδους που αναφέρθηκαν και συνδυάζοντας τις όλο και αυξανόμενες ανάγκες των μεγάλων μεταλλευτικών εταιριών δημιούργησαν μία σειρά από μεταλλευτικά λογισμικά τα οποία συνεχώς εξελίσσονται και αναδιαμορφώνονται. Στην παρούσα διπλωματική εργασία για τη μοντελοποίηση και την εκτίμηση των αποθεμάτων χρησιμοποιήθηκε το Surpac 6.1.2. λογισμικό της εταιρίας Dassault Systèmes GEOVIA

6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΟΥΡΤΖΙ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Η μοντελοποίηση ενός κοιτάσματος, η εκτίμηση των αποθεμάτων ενός μεταλλείου και ο τελικός σχεδιασμός μίας υπαίθριας ή υπόγειας εκμετάλλευσης είναι ένα σημαντικό κομμάτι της δουλειάς του μηχανικού, του οποίου η αναγκαιότητα αποτέλεσε αντικείμενο προβληματισμού και οδήγησε στη δημιουργία διάφορων σχεδιαστικών προγραμμάτων, με σκοπό την αυτοματοποίηση και τη βέλτιστη προσέγγιση αυτών των εργασιών. Η βιομηχανία υπολογιστών μιμούμενη τις αρχές των κλασικών μεθόδων και προσθέτοντας μία σειρά από μαθηματικές τεχνικές δημιούργησε και έως σήμερα εξελίσσει μεταλλευτικά λογισμικά, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα και να αυτοματοποιηθούν όλες οι διαδικασίες σχεδιασμού των υπαίθριων και των υπόγειων εκμεταλλεύσεων.

6.1 Η Μεταλλευτική δραστηριότητα μέσα από ένα ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον.

Το πρόγραμμα με το οποίο εργαστήκαμε καλείται SURPAC 6.1.2, λογισμικό της εταιρίας Dassault Systèmes GEOVIA. Το συγκεκριμένο μεταλλευτικό πρόγραμμα σχεδιασμού αποτελεί μία ολοκληρωμένη εργαλειοθήκη η οποία περιλαμβάνει τις εξής βασικές διεργασίες: διαχείριση δεδομένων γεωτρήσεων, γεωλογική μοντελοποίηση, προσομοίωση μπλοκ γεωστατικής, σχεδιασμό μεταλλείων, προγραμματισμό εκμετάλλευσης ορυχείων, εκτίμηση των πόρων, καθώς και άλλες χρήσιμες διεργασίες οι οποίες συμβάλλουν στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σχεδίου εκμετάλλευσης. Η ευκολία της χρήσης του προγράμματος εξασφαλίζει τη βέλτιστη κατανόηση των δεδομένων ακόμη και για χρήστες που κατέχουν τις βασικές γνώσεις της μεταλλευτικής και της γεωλογίας.

Όλες οι εργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται στο Surpac μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να ευθυγραμμιστούν με τις διαδικασίες της κάθε εταιρείας καθώς και τις ροές δεδομένων. Όσον αφορά το σχεδιασμό μεταλλείων και τον προγραμματισμό της εκμετάλλευσης είτε πρόκειται για υπόγεια είτε για υπαίθρια το πρόγραμμα, με ένα γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο, μπορεί να δημιουργήσει ένα πλάνο το οποίο θα μεγιστοποιεί την ανάκτηση του μεταλλεύματος, και παράλληλα θα συμμορφώνεται με τους περιορισμούς του έργου, όπως τα γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα οικονομικά όρια, οι δυνατότητες της εταιρείας, η αξία του κοιτάσματος, κ.ο.κ. Τα δεδομένα από διάφορες πηγές μπορούν να προβληθούν και να ενσωματωθούν στα σχέδια με σκοπό τον βέλτιστο σχεδιασμό (Μενεγάκη 2010).

Διαφορετικά κομμάτια πληροφοριών μπορούν να προβληθούν ταυτόχρονα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πως τα σχέδια θα είναι εντός των φυσικών περιορισμών της περιοχής εξόρυξης προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η οικονομική εκχύλιση ενός πόρου. Το Surpac παρέχει εφαρμογές για μηχανικούς μεταλλείων, γεωλόγους και τοπογράφους που εξασφαλίζουν σαφή σχέδια, αποτελεσματική επικοινωνία και συνεπή χρήση δεδομένων. Το λογισμικό διαχειρίζεται γεωτρήσεις, ανατινάξεις και πληροφορίες ερευνών, και συνδέεται με άλλες βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε εργασίες εξόρυξης. Το Surpac, επίσης διασυνδέεται με τις συνήθεις μορφές αρχείων από το Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, το AUTOCAD και άλλα συστήματα. Διαμορφώνει ένα ολοκληρωμένο προγραμματισμό της παραγωγής με τη χρήση του προγράμματος GEOVIA MineSched™ και διαθέτει πολύγλωσση υποστήριξη σε Αγγλικά, κινεζικά, ρωσικά, ισπανικά και γαλλικά. Τα εξαιρετικά εργαλεία εκτίμησης που διαθέτει περιλαμβάνουν μια διεπαφή με γεωστατιστικά λογισμικά και εξαρτώνται από τις επιλογές και τις παραμέτρους της προσομοίωσης (Μενεγάκη 2010).

Οι δυνατότητες του λογισμικού να υπολογίζει και να επικυρώνει όγκους ταχύτατα διασφαλίζουν την παραγωγή υψηλής ποιότητας σε κλίμακα χαρτών όλων των σχετικών πληροφοριών του έργου και μέσα από αυτοματοποιημένες ροές επαναλαμβάνει έναν έλεγχο ποιότητας και προσαρμόζει τις διαδικασίες στις ανάγκες και τις δυνατότητες της κάθε εταιρείας. Διαθέτει νέες λειτουργίες όπου με τη χρήση της γλώσσας scripting η οποία είναι ενσωματωμένη μέσα στο Surpac προσαρμόζει το μενού των εργαλείων για την καλύτερη διαχείριση των ροών εργασίας. Σημαντικό στοιχείο επίσης, είναι πως επισημαίνει στο τέλος του μήνα συμφωνίες και αναφορές των προβλημάτων μέσα από την απλή αυτοματοποίηση των εκθέσεων με τη χρήση των εργαλείων του (Geovia n.d.).

Τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται είναι τρισδιάστατα, καθώς απαιτείται μία σύνδεση με τις διαστάσεις ενός πραγματικού περιβάλλοντος, άρα τρισδιάστατου. Είναι σημαντικό, επομένως, να δημιουργηθεί ένα πραγματικά αντιπροσωπευτικό μοντέλο μεταλλεύματος και εκσκαφής. Το Surpac επιτυγχάνει ακριβώς αυτό, χρησιμοποιώντας σε όλες τις ενότητές του (modules), τα string files. Τα αρχεία αυτά αποθηκεύουν τα δεδομένα σε μορφή strings (αλληλουχίες). Ένα string file περιέχει τις συντεταγμένες X, Y, Z των σημείων, διασυνδεδεμένες με ένα κοινό δείκτη, που ονομάζεται string number. Η συνθήκη για τις συντεταγμένες, που χρησιμοποιεί το Surpac, είναι: Y = η διεύθυνση του Βορρά (Northing), X = η διεύθυνση της Ανατολής (Easting). Μπορεί όμως να αποθηκεύσει και επιπλέον πληροφορίες για κάθε σημείο, όπως για παράδειγμα την περιεκτικότητα ή τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται, στα περιγραφικά πεδία (Description fields), που ακολουθούν τις σειρές των συντεταγμένων. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να αναπαρασταθούν οποιαδήποτε χαρακτηριστικά του χώρου, όπως τοπογραφικά σχέδια και γεωλογικά όρια (Μενεγάκη 2010).

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ (modules)

Όλες οι ενότητες του surpac συμβάλλουν στην ολοκλήρωση των διαδικασιών με στόχο τον τελικό σχεδιασμό. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο βασικές.

File: περιλαμβάνει τη δημιουργία την αποθήκευση και την ανάκτηση ενός αρχείου. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής αρχείων CAD, όπως και η εξαγωγή αρχείων ως εικόνες.

Edit: αφορά την αντιγραφή, τη μετακίνηση ή τη διαγραφή σημείων ή τμημάτων και την επεξεργασία των επιπέδων σχεδίασης (layers).

Create: περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός σημείου ή ενός τμήματος (segment) καθώς και το κλείσιμό του, όπως επίσης και την εύρεση του μέσου ενός segment.

Inquire: πραγματοποιείται η αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με την κλίση (Dip), το μήκος (Length), τη διεύθυνση (Direction), καθώς και τις συντεταγμένες των σημείων.

Surfaces: δημιουργούνται αρχεία DTM από αρχεία String.

Η ενότητα αυτή είναι βασική καθώς συμπεριλαμβάνονται οι δύο ακόλουθες σημαντικές υποενότητες:

- **Volumes:** Υπολογισμός διαφορών όγκου μεταξύ δυο αρχείων DTM, πριν και μετά από εξόρυξη ή απόθεση.
- **Contouring:** Δημιουργία ισούψων γραμμών μέσω ενός αρχείου DTM.

Solids: δημιουργείται ένα αντικείμενο μέσω τριγωνοποίησης πάνω σε ένα segment ή μεταξύ δυο segments.

Design: δημιουργούνται βαθμίδες, με συγκεκριμένη κλίση, πλάτος και ύψος.

Block model: τελική δημιουργία του μοντέλου του κοιτάσματος, όπου το μοντέλο που δημιουργείται προσαρμόζεται στις πραγματικές συνθήκες με την επιβολή τοπογραφικών περιορισμών, όπως η επιφάνεια του εδάφους αλλά και κοιτασματολογικών περιορισμών.

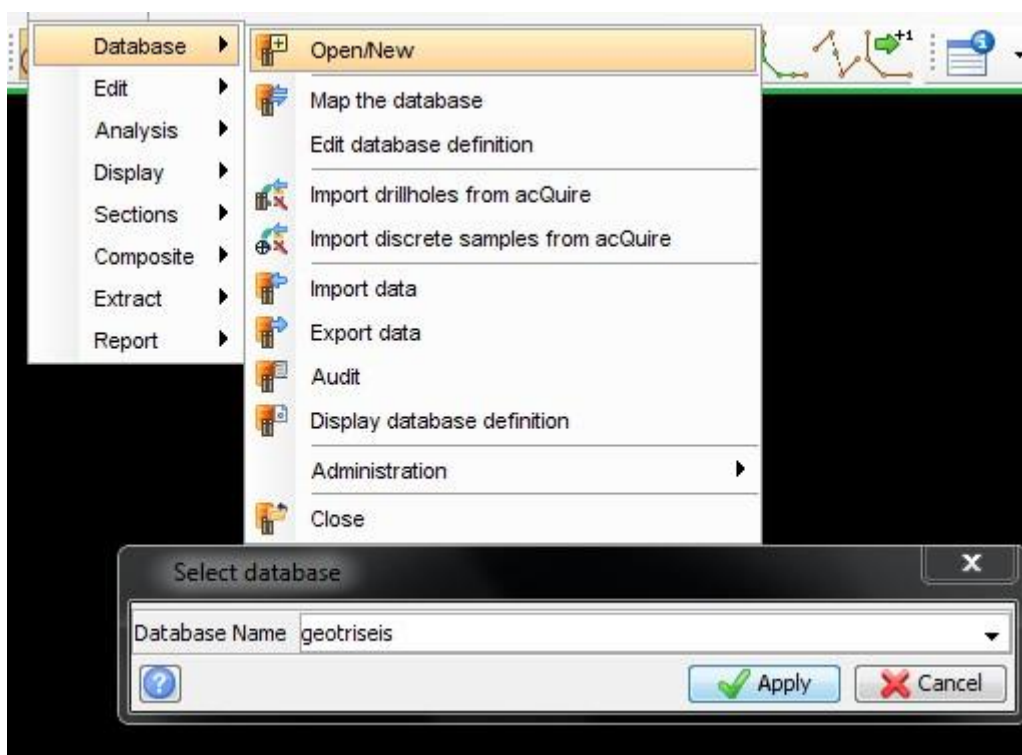
6.2 Δημιουργία της Βάσης Δεδομένων

Αρχικά, απαραίτητη προϋπόθεση για τη μοντελοποίηση ενός κοιτάσματος καθώς και για την εκτίμηση των αποθεμάτων είναι η δημιουργία μίας βάσης δεδομένων μέσα στο πρόγραμμα. Η βάση δεδομένων γενικά περιέχει τα δεδομένα γεωτρήσεων που έχουν προκύψει από το ερευνητικό στάδιο και οι κύριες πληροφορίες που εισάγονται είναι οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων στην επιφάνεια, η περιεκτικότητα του χρήσιμου συστατικού στα διάφορα βάθη της κάθε γεώτρησης, το συνολικό μήκος της κάθε γεώτρησης, καθώς και ποικίλα γεωλογικά δεδομένα (Καπαγερίδης 1995). Στην

παρούσα εργασία τα στοιχεία των γεωτρήσεων και το αρχείο του τοπογραφικού αναγλύφου παραχωρήθηκαν από την εταιρεία ΛΑΡΚΟ Α.Ε. και αναφέρονται στο κοίτασμα Σούρτζι , το οποίο αποτελεί ένα από τα πέντε κοιτάσματα των μεταλλείων Ευβοίας.

Συμπληρωματικά, αναφέρεται πως πριν την έναρξη των επόμενων–κύριων διαδικασιών, με τη χρήση της ενότητας Database, πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων ώστε από τα αρχικά σημειακά δεδομένα να προκύψει εκτίμηση για τη μεταβολή τους κατά το μήκος διάτρησης της κάθε γεώτρησης. Σε αυτό το σημείο γενικά, είναι δυνατό να δημιουργήσουμε το πιθανό περίγραμμα του κοιτάσματος βάσει της γεωλογικής πληροφορίας ή, με μεγαλύτερη ακρίβεια, της περιεκτικότητας σε χρήσιμο συστατικό. Από το συγκεκριμένο περίγραμμα που σχεδιάζεται προκύπτει το τρισδιάστατο μοντέλο του κοιτάσματος. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα στάδια της δημιουργίας της βάσης δεδομένων.

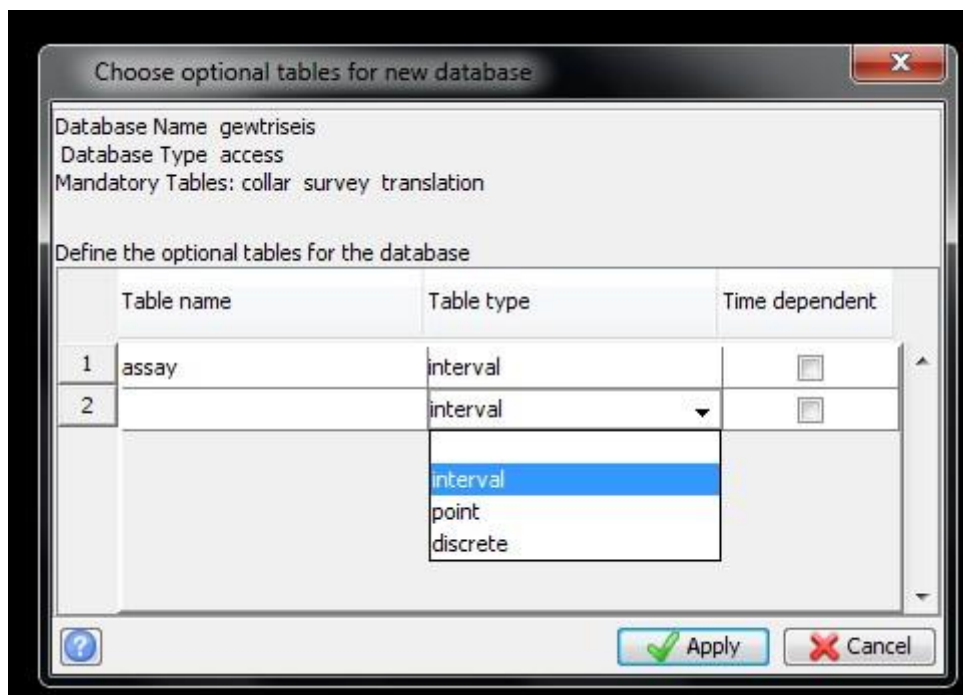
Αρχικά, ορίστηκε ο φάκελος εργασίας, στον οποίο θα αποθηκεύονται τα αρχεία και δημιουργήθηκε μία καινούρια βάση δεδομένων με το όνομα geotriseis (Εικόνα 6.1). Στη συνέχεια, επιλέχθηκε ο τύπος της βάσης δεδομένων. Σε αυτό το σημείο, επιλέχθηκε να συμπεριληφθούν στη βάση τα αποθηκευμένα δεδομένα (stored) τα οποία ήδη υπήρχαν σχετικά με τις συντεταγμένες.



Εικόνα 6.1. Πρώτο βήμα δημιουργίας της βάσης δεδομένων (geotriseis)

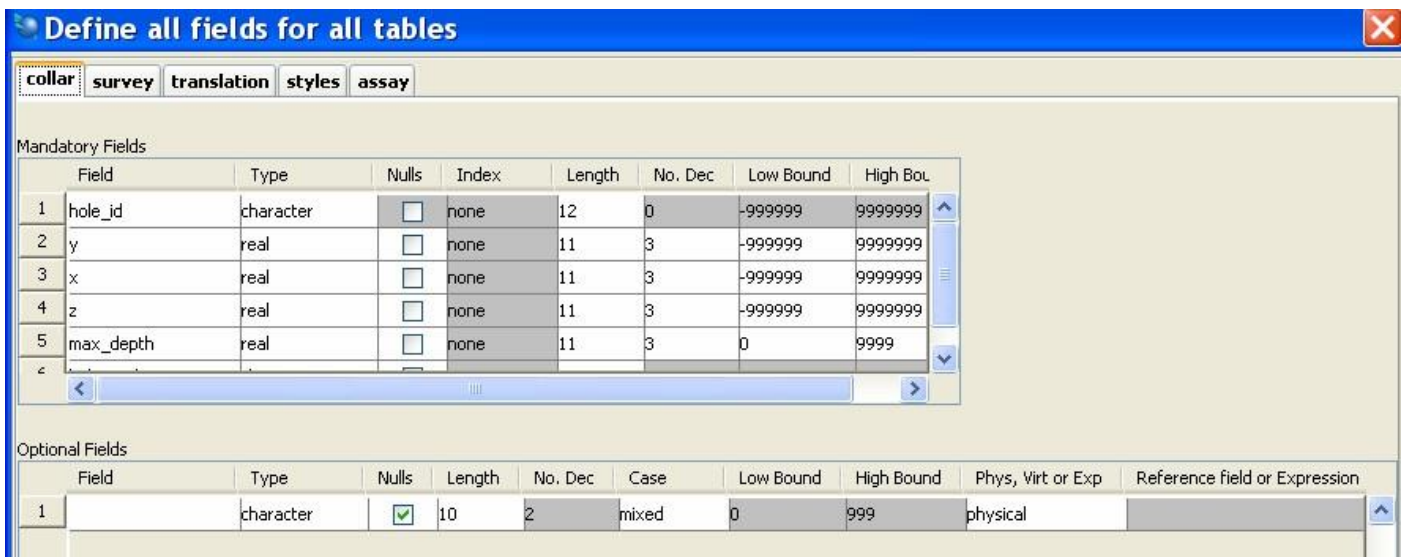
Στη συνέχεια, εισήχθησαν οι πίνακες από τους οποίους θα παίρνει τιμές η βάση δεδομένων (Εικόνα 6.2). Η επιλογή της μορφής του πίνακα σχετίζεται με τα δεδομένα που διαθέτουμε. Συνήθως, για

γεωτρητικά δεδομένα, επιλέγουμε πίνακα τύπου interval, που σημαίνει ότι δέχεται τιμές για συγκεκριμένο διάστημα και όχι σημειακές τιμές.



Εικόνα 6.2. Προσθήκη και ορισμός πινάκων από τους οποίους θα παίρνει τιμές η βάση δεδομένων.

Στο σημείο αυτό, ορίστηκαν τα πεδία των πινάκων (εικόνα 6.3). Υποχρεωτικοί πίνακες είναι οι collar, survey, translation και ο πίνακας με τις τιμές. Οι τιμές στην εργασία δίνονται από τον πίνακα assay. Εδώ, χρειάζεται να αναφερθεί πως οι αρχικοί πίνακες που τελικά εισήχθησαν στο πρόγραμμα κατασκευάστηκαν σε ένα φύλλο excel, δημιουργώντας τις στήλες με τα αντίστοιχα πεδία. Σ' ένα επόμενο βήμα καθορίστηκε ο τύπος των δεδομένων: character για κείμενο και real για τους πραγματικούς αριθμούς. Επίσης, καθορίστηκαν το μέγιστο πλήθος των χαρακτήρων για τα πεδία που περιέχουν κείμενο, ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων για τους αριθμούς, ο αριθμός της στήλης στο αρχείο του excel, από όπου η βάση θα «διαβάσει» τις τιμές, και τα όρια των επιτρεπτών τιμών. Ειδικά, για τα προαιρετικά πεδία υπάρχει η επιλογή να δοθεί η τιμή από αρχείο (physical), να υπολογίζεται στιγμιαία χωρίς να αποθηκεύεται (virtual) ή να υπολογιστεί από το πρόγραμμα (expression). Στην περίπτωση μας, υπολογίστηκε στιγμιαία. Στον ορισμό των πεδίων του πίνακα "assay" προστέθηκαν τόσα πεδία όσες είναι οι αντίστοιχες παράμετροι που έπρεπε να εισάχθούν στη βάση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επομένως, έχουμε τέσσερα διαφορετικά πεδία τα οποία αφορούν στις περιεκτικότητες του κοιτάσματος σε νικέλιο (ni), σίδηρο (fe), διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) και θείο (S). Επιπλέον, ορίστηκε κατάλληλα ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων και δόθηκε προσοχή έτσι ώστε το ανώτερο και κατώτερο όριο να περιλαμβάνει όλες τις τιμές των δειγμάτων.



Εικόνα 6.3. Ορισμός πεδίων των πινάκων collar, survey, translation & assay

Στη συνέχεια, ορίστηκαν τα αρχεία στα οποία θα αποθηκεύονται οι βασικές πληροφορίες της βάσης δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, στο πεδίο format file name εισήχθη το όνομα με το οποίο θέλαμε να εμφανίζονται οι πληροφορίες για τη βάση μας. Το αρχείο αυτό αποθηκεύεται με την κατάληξη .dsc, ανοίγει με το πρόγραμμα Notepad και προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τα πεδία που έχουν συμπεριληφθεί σε κάθε πίνακα (εικόνα 6.4) επίσης, στο πεδίο format ορίστηκε ο τύπος των αρχείων που εισήχθησαν. Επιλέχθηκε το .csv. Για το λόγο αυτό μετατράπηκαν τα αρχεία του excel σε csv.

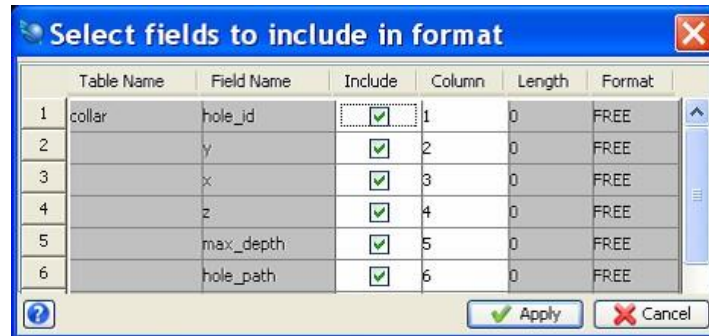


Εικόνα 6.4. Δημιουργία αρχείου της μορφής .dsc το οποίο μας δίνει πληροφορίες για τη βάση δεδομένων

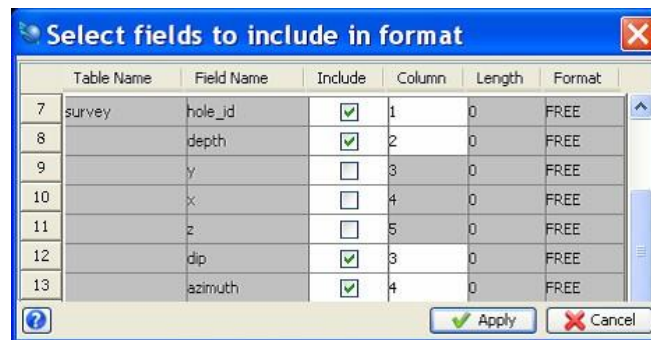
Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν οι πίνακες οι οποίοι συμπεριελήφθησαν στη βάση (εικόνα 6.5). Επιπλέον, αντιστοιχήθηκαν τα πεδία του κάθε πίνακα στις στήλες του αρχείου excel που έχουν δημιουργηθεί (εικόνα 6.6, 6.7, 6.8).



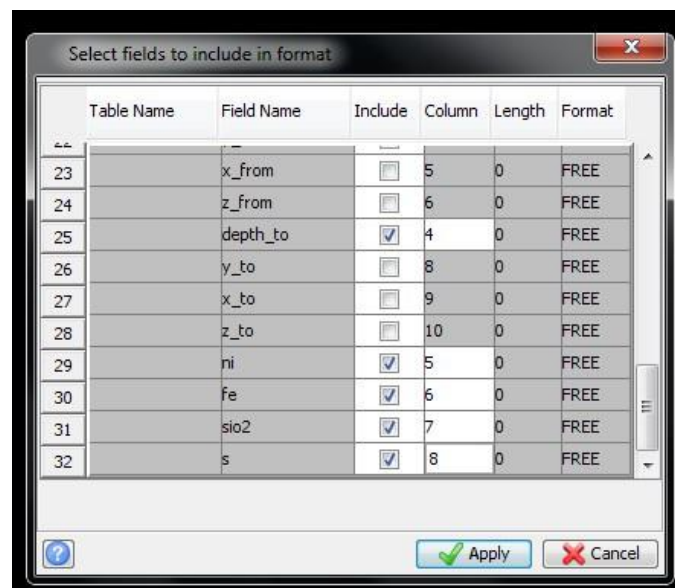
Εικόνα 6.5. Επιλογή πινάκων οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται στη βάση δεδομένων



Εικόνα 6.6. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (collar)

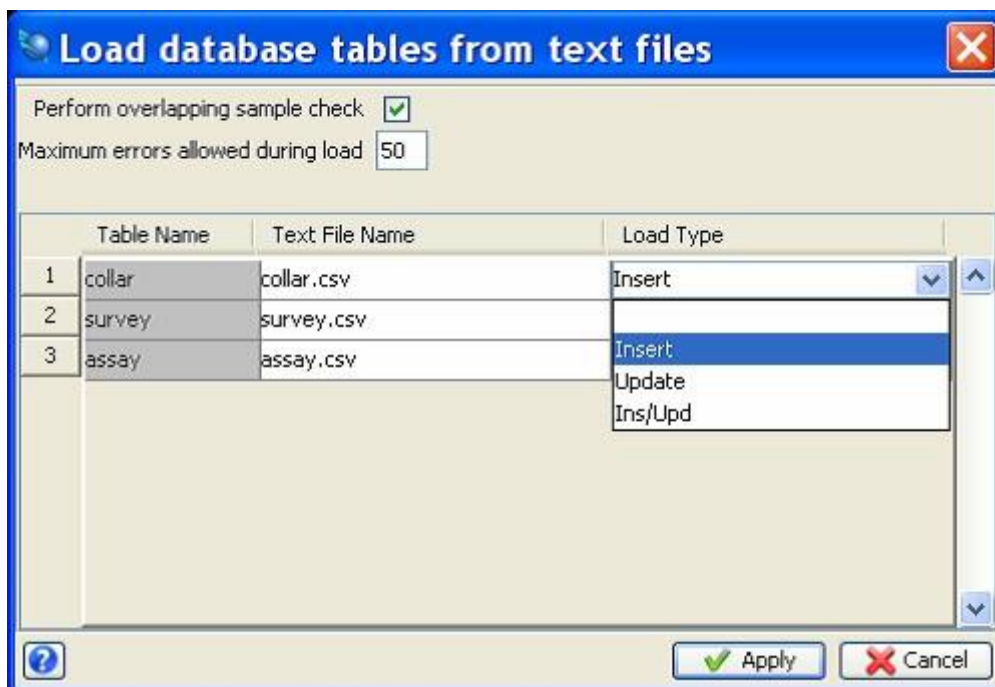


Εικόνα 6.7. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (survey)



Εικόνα 6.8. Αντιστοίχιση πεδίων του κάθε πίνακα με τις στήλες του αρχείου excel (assay)

Η στήλη hole_path του πίνακα collar αναφέρεται πρακτικά στο είδος της γεώτρησης (γραμμική ή καμπύλη). Στην πραγματικότητα καμία γεώτρηση δεν είναι γραμμική. Για να οριστεί, όμως, μία γεώτρηση ως «καμπύλη» θα πρέπει να γνωρίζουμε την κλίση και τη διεύθυνση της γεώτρησης. Εάν τα στοιχεία αυτά δίνονται, η γεώτρηση ορίζεται ως καμπύλη (curved) και προσδιορίζονται τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της (dip, azimuth) στον πίνακα survey. Αυτή είναι η περίπτωση που κατά τη δημιουργία της βάσης δεδομένων επιλέγεται η εντολή calculated. Όταν τα στοιχεία αυτά δεν δίνονται, που είναι και η πιο συνηθισμένη περίπτωση, όπως η δική μας, η γεώτρηση ορίζεται ως γραμμική (linear) στον πίνακα collar, ενώ το dip και το azimuth του πίνακα survey λαμβάνουν τιμές -90 και 0 αντίστοιχα. Το -90 δηλώνει την κατεύθυνση προς τα κάτω σε σχέση με την επιφάνεια, ενώ το 0 δηλώνει την έλλειψη κλίσης (Μενεγάκη 2010). Καθώς ορίστηκαν όλα τα παραπάνω κλήθηκαν τα αρχεία της μορφής .csv, από τα οποία κάθε πίνακας της βάσης θα πάρει τα δεδομένα (εικόνα 6.9).

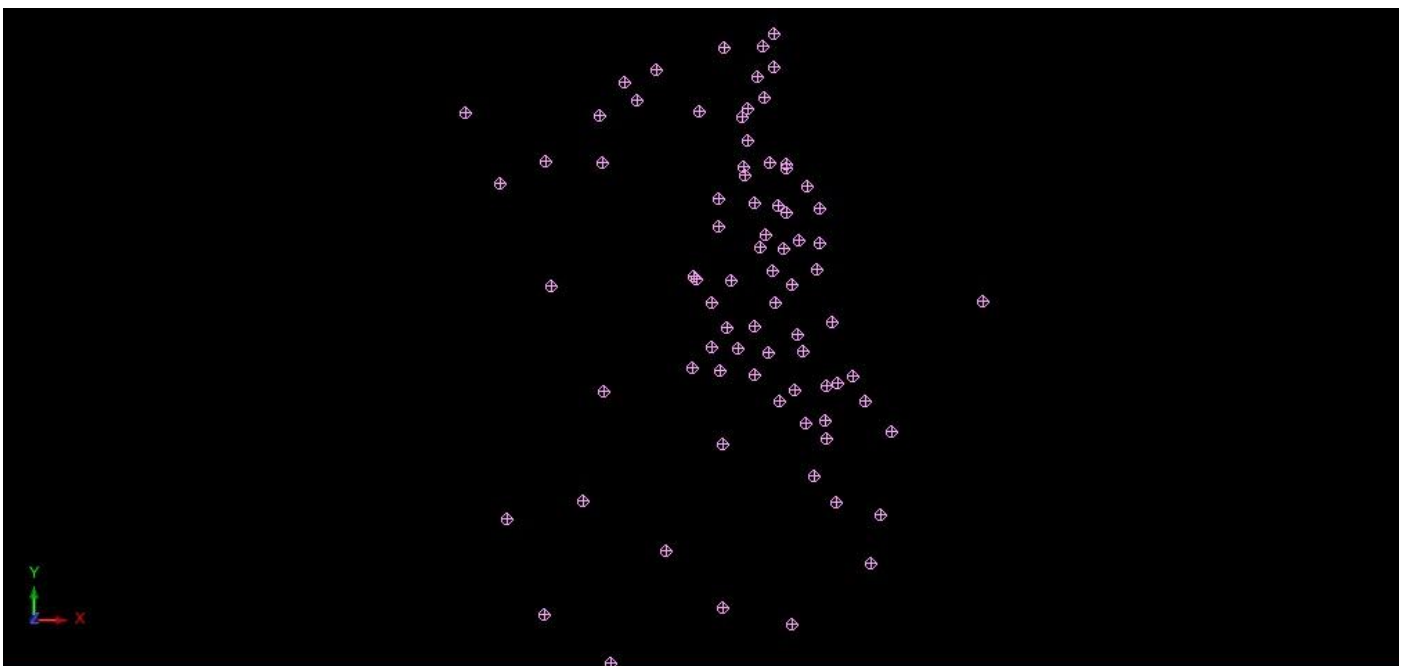


Εικόνα 6.9. Αντιστοίχιση αρχείων προκειμένου να πάρουν στοιχεία οι πίνακες

Στο στάδιο αυτό έχει ήδη δημιουργηθεί το αρχείο .dsc με την πληροφορία των πινάκων καθώς και το αρχείο αναφοράς .csv στο οποίο φαίνεται το πλήθος των δεδομένων που εισήχθησαν σε καθέναν από τους πίνακες βάσης (εικόνα 6.10). Μέσα από το πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα να προβληθούν τα πεδία της βάσης και το σύνολο των πληροφοριών που έχουν εισαχθεί. Στο επόμενο στάδιο θα δοθούν τιμές σε όλο το μήκος των γεωτρήσεων.

```
geotriseis1 - Notepad
File Edit Format View Help
#
# FREE format for table collar
#
TABLE=collar
DELIMITER=,
SPACE_FILL=Y
QUALIFIER=NONE
FIELD=hole_id
COLUMN=1
FIELD=y
COLUMN=2
FIELD=x
COLUMN=3
FIELD=z
COLUMN=4
FIELD=max_depth
COLUMN=5
FIELD=hole_path
COLUMN=6
#
# FREE format for table survey
#
TABLE=survey
DELIMITER=,
SPACE_FILL=Y
QUALIFIER=NONE
FIELD=hole_id
COLUMN=1
FIELD=depth
COLUMN=2
FIELD=dip
COLUMN=3
FIELD=azimuth
COLUMN=4
#
# FREE format for table assay
#
TABLE=assay
DELIMITER=,
SPACE_FILL=Y
QUALIFIER=NONE
FIELD=hole_id
COLUMN=1
FIELD=samp_id
COLUMN=2
FIELD=depth_from
COLUMN=3
FIELD=depth_to
COLUMN=4
FIELD=ni
COLUMN=5
```

Εικόνα 6.10. Αρχείο αναφοράς της μορφής .csv



Εικόνα 6.11. Κεφαλές των γεωτρήσεων, αρχείο geotriseis.dtb

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Στο σημείο αυτό δίνεται εντολή στο πρόγραμμα να προσδιορίσει τιμές κατά μήκος των γεωτρήσεων. Έτσι, οι τιμές δίνονται βάση των σημειακών δεδομένων της δειγματοληψίας στα διάφορα βάθη κάθε γεώτρησης. Για το σκοπό αυτό διαιρείται η γεώτρηση σε διαστήματα κάθε ένα από τα οποία λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή. Η πληροφορία που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία αποθηκεύεται σε ένα αρχείο της μορφής .str (string file) Για την πυκνότητα (composite length) της δειγματοληψίας στη γεώτρηση δόθηκε το διάστημα 1 m, ενώ ορίστηκε ως πίνακας άντλησης πληροφορίας ο assay. Παράλληλα, επιλέχθηκε η στήλη του πίνακα με την πληροφορία ενδιαφέροντος (field name), δηλαδή το νικέλιο (ni).

Composite downhole

Define the string file to create

Location: geotrises

ID number: 1

String: 1

Composite length: 1

Determine composite length by: fixed length

Minimum % of sample to be included: 75

Define the zone selection method:

- NO SELECTION
- MULTIPLE ZONES
- ZONE FROM TO

Dilute negative samples:

Table name: assay

Fields to be composited

Field Name
1 ni

Optional weighting fields

Field Name	Default	Include Limit
1	1	

Apply Cancel

Εικόνα 6.12. Ορισμός παραμέτρων για τον προσδιορισμό των τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων

Το αρχείο το οποίο δημιουργήθηκε έχει τη μορφή που παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 6.13).

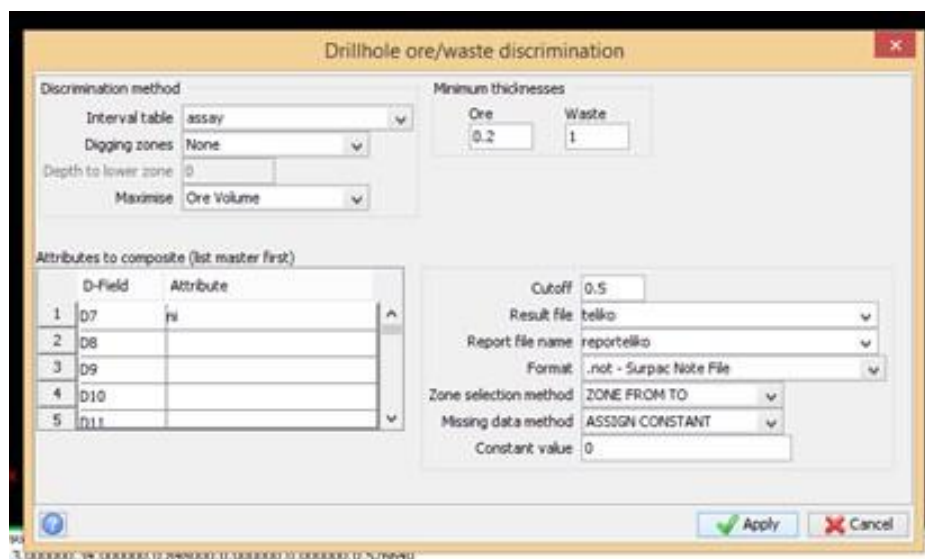


Εικόνα 6.13. Αρχείο για τον προσδιορισμό των τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων

6.3 Δημιουργία οροφής και δαπέδου του κοιτάσματος

Στο σημείο αυτό, απαιτείται με έναν τρόπο, να ξεκινήσει η οριοθέτηση του κοιτάσματος, προκειμένου από τη μία, να αποτυπωθεί μία πρώτη τρισδιάστατη μορφή του κοιτάσματος και από την άλλη να διευκολυνθεί η δημιουργία των επερχόμενων σταδίων.

Αρχικά, μέσα από το μενού database εισήχθησαν περιορισμοί που αφορούν το ελάχιστο πάχος μεταλλεύματος και στείρου, από τους οποίους το πρόγραμμα θα δέχεται και θα απορρίπτει, αντίστοιχα. Ως ελάχιστο πάχος χρήσιμου δόθηκαν τα 0,2 m και ως ελάχιστο πάχος στείρου δόθηκε το 1 m (εικόνα 6.14). Τα όρια ενός κοιτάσματος καθορίζονται με βάση την οριακή περιεκτικότητα (cut-off grade), δηλαδή την ελάχιστη απαιτούμενη περιεκτικότητα σε κάποιο ορυκτό ή στοιχείο για να είναι μία μονάδα όγκου του κοιτάσματος οικονομικώς εκμεταλλεύσιμη. Αυτή η ελάχιστη περιεκτικότητα, σε νικέλιο (σιδηρονικελιούχο κοίτασμα Σούρτζι), εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σύμφωνα με τις μελέτες της ΛΑΡΚΟ, η κατώτερη τιμή 0,5, θεωρείται ιδανική. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία κοίτασμα οικονομικώς εκμεταλλεύσιμο θεωρείται όταν η ποσότητα του νικελίου που απαντάται είναι από 0,5% και πάνω.



Εικόνα 6.14. Ορισμός παραμέτρων για τη διάκριση μεταλλεύματος και στείρου

Έτσι, το πρόγραμμα αυτόματα δημιουργεί δύο αρχεία (string files) τα οποία είναι απαραίτητα για το επόμενο βήμα.

Το σημαντικότερο αρχείο, από τα δύο τα οποία δημιουργήθηκαν, είναι το πρώτο, το οποίο όπως αναφέρθηκε, προέκυψε ως αποτέλεσμα της πρότερης διαδικασίας. Αμφότερα τα αρχεία περιλαμβάνουν σημαντικά στοιχεία τα οποία έχουν αναρτηθεί στους δύο πίνακες που ακολουθούν προς διευκόλυνση (Πίνακας 6.1, Πίνακας 6.2).

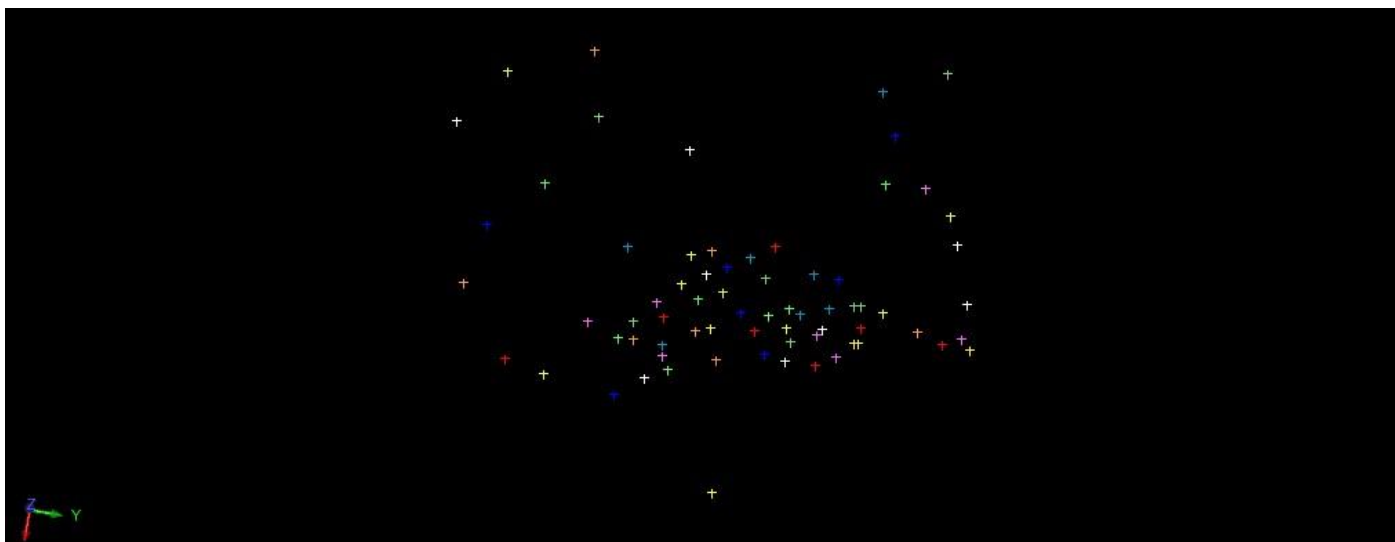
Πίνακας 6.1 Παράμετροι που περιλαμβάνονται στο πρώτο string file

Παράμετροι	Χαρακτηριστικά παραμέτρων
D1	Ονομασία γεώτρησης
D2	Συνολικό πάχος στείρου μέχρι να εντοπιστεί το πρώτο δείγμα μεταλλεύματος της κάθε γεώτρησης
D3	Άθροισμα του συνολικού πάχους μεταλλεύματος
D4	Μέσος όρος ποιότητας μεταλλεύματος
D5	Άθροισμα του συνολικού πάχους στείρου (συμπεριλαμβανομένου και του μεταλλεύματος χαμηλής ποιότητας. Δηλαδή $n_i < 0.5$)
D6	Ενδιάμεσο στείρο

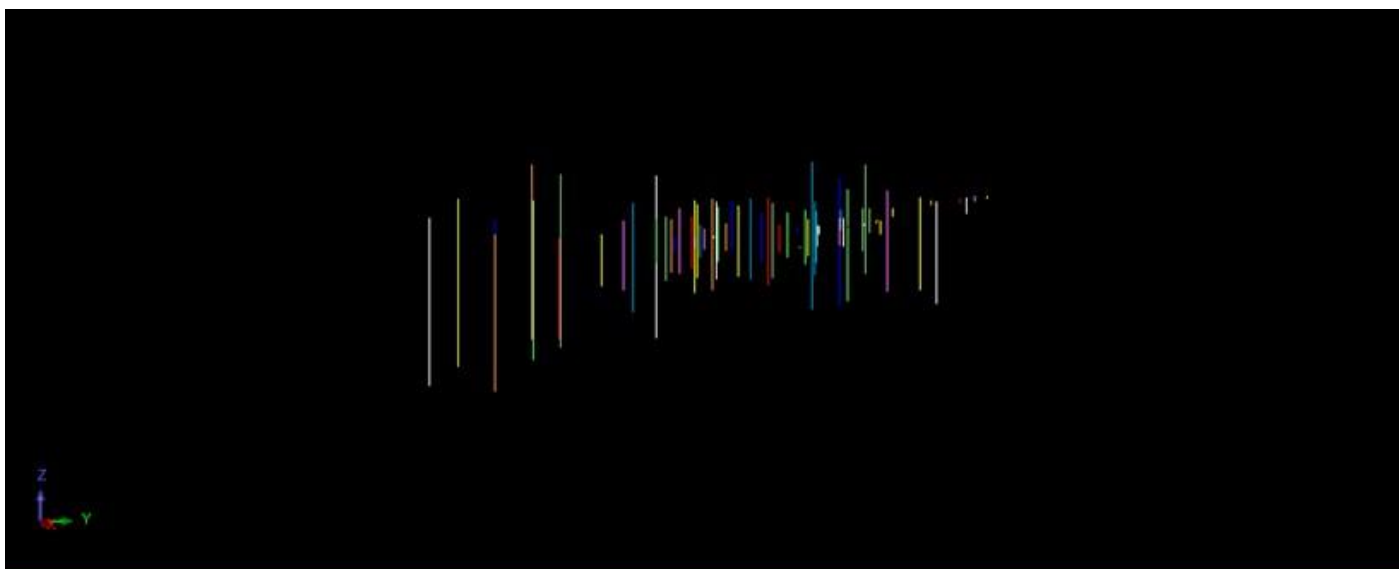
Πίνακας 6.2 Παράμετροι που περιλαμβάνονται στο δεύτερο string file

Παράμετροι	Χαρακτηριστικά παραμέτρων
D1	Ονομασία γεώτρησης
D2	Διάκριση σε μετάλλευμα ή στείρο
D3	Εύρος της ζώνης
D4	Βάθος της κορυφής της ζώνης στη γεώτρηση
D5	Βάθος του πυθμένα της ζώνης στη γεώτρηση
D6	Κενό, για λόγους συνέπειας με τη λειτουργία αραίωσης και μείωσης

Ακολουθούν οι εικόνες με τα δύο αρχεία της μορφής .str



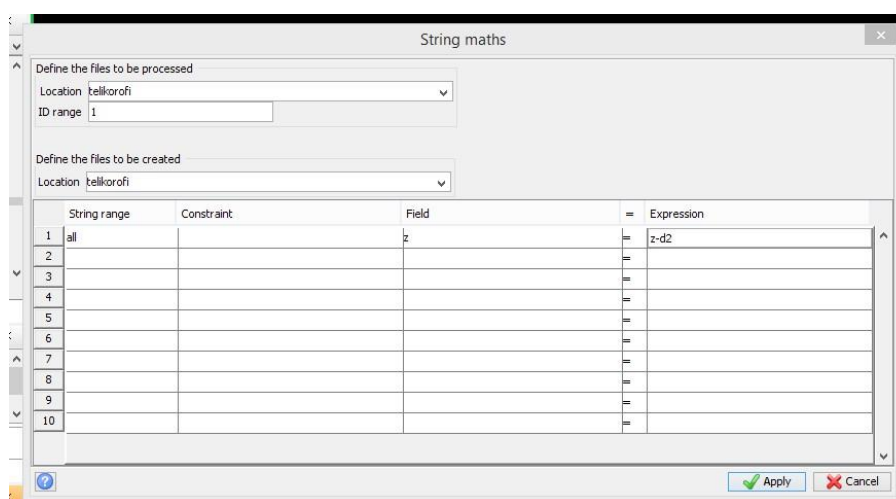
Εικόνα 6.15. Το πρώτο αρχείο της μορφής .str



Εικόνα 6.16. Το δεύτερο αρχείο της μορφής .str

Επομένως, σε αυτό το βήμα δημιουργήθηκε μία πρώτη προσομοίωση του κοιτάσματος στο χώρο. Αυτό επιτεύχθηκε δημιουργώντας την οροφή και το δάπεδο του κοιτάσματος λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που μας έχουν δοθεί από τις γεωτρήσεις. Τα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνονταν στο πρώτο string file, το οποίο περιείχε πληροφορίες για την κάθε γεώτρηση.

Για την οροφή, χρειάστηκε μία παραπομπή στο μενού file tools και με τη βοήθεια της εντολής string maths δημιουργήθηκε ένα αρχείο όπου στο πεδίο z ορίστηκε η έκφραση z-D2, βλ. Πίνακα 7.1 και εικόνα 7.17. Πρακτικά, αυτό σημαίνει πως η οροφή θα ξεκινάει από τα πρώτα δείγματα μεταλλεύματος που θα εντοπίσει το πρόγραμμα.



Εικόνα 6.17. Διαμόρφωση της οροφής

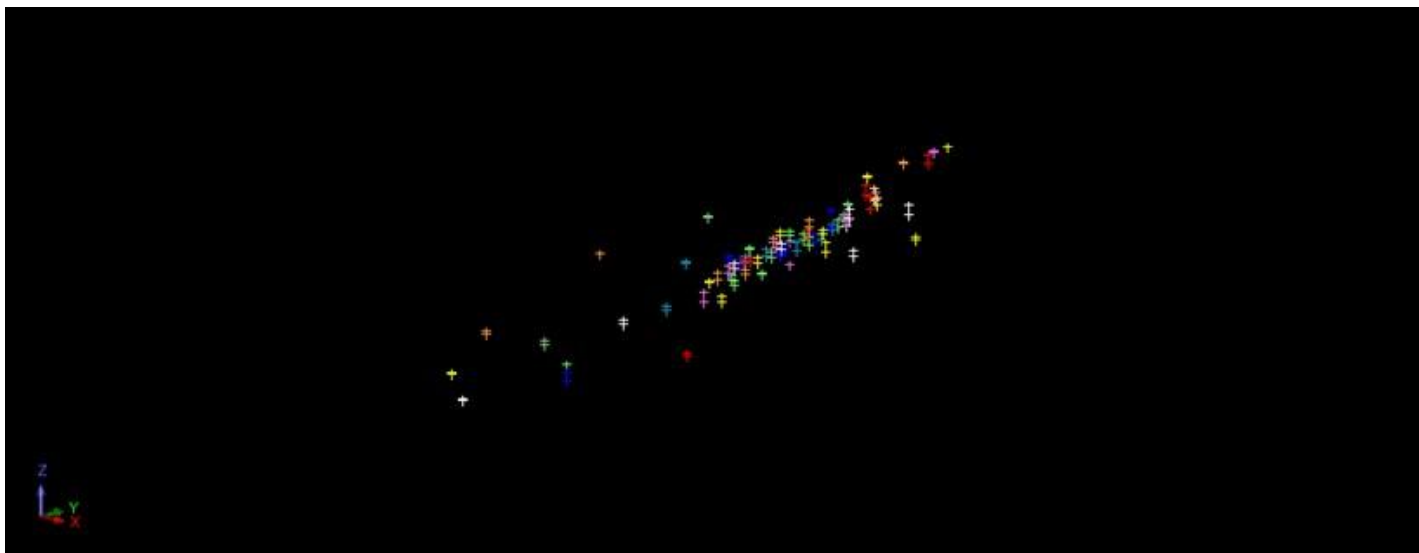


Εικόνα 6.18. String file με την οροφή του κοιτάσματος

Αντιστοίχως, για να υπολογιστεί και να δημιουργηθεί το δεύτερο αρχείο ορίστηκαν οι εκφράσεις z-D2-D3-D5 (βλ. Πίνακα 6.1), στο πεδίο z, έτσι ώστε να διαμορφωθεί η προσομοίωση του δαπέδου (εικόνα 6.19). Διευκρινιστικά, επομένως, το δάπεδο του κοιτάσματος θα υπολογίζεται έως τα τελευταία δείγματα μεταλλεύματος της κάθε γεώτρησης, έχοντας αφαιρέσει το ενδιάμεσο στείρο.

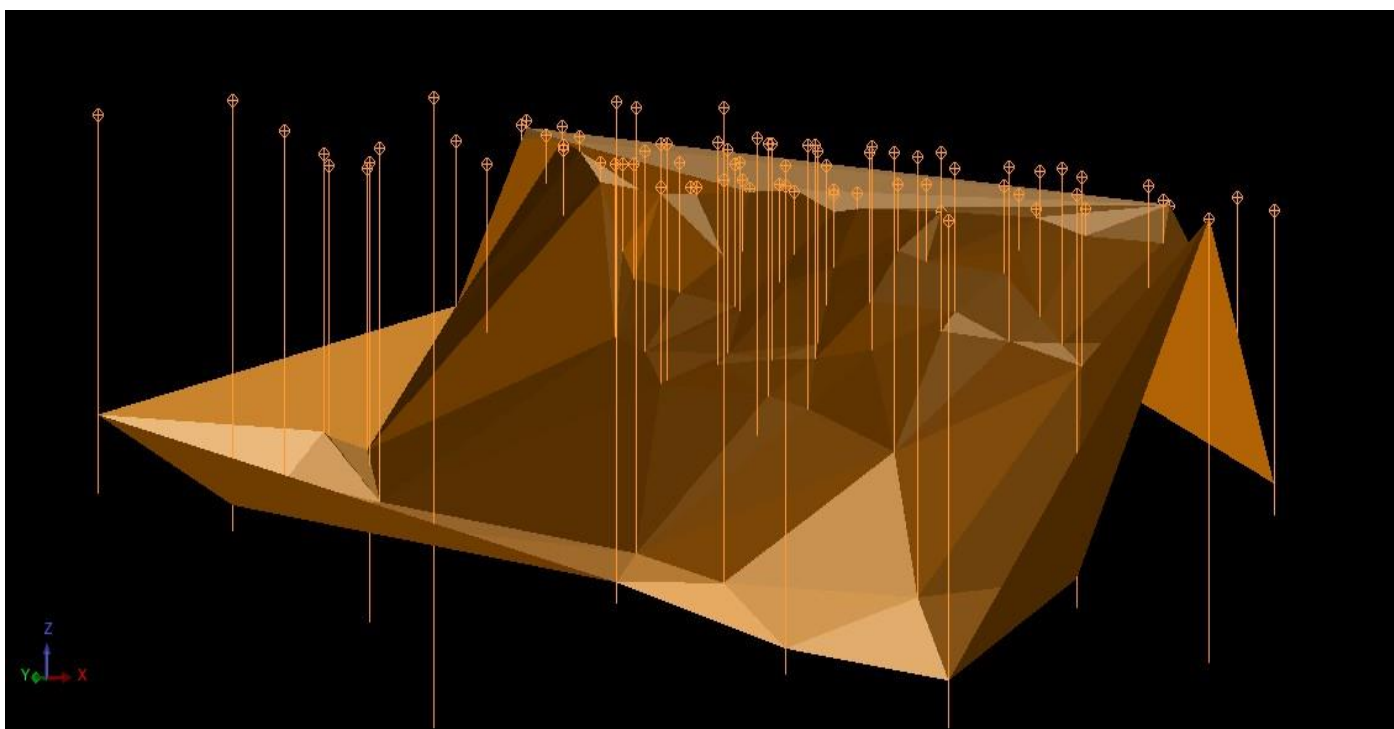
	String range	Constraint	Field	= Expression
1	all		z	z-d2-d3-d5
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Εικόνα 6.19 Διαμόρφωση του δαπέδου

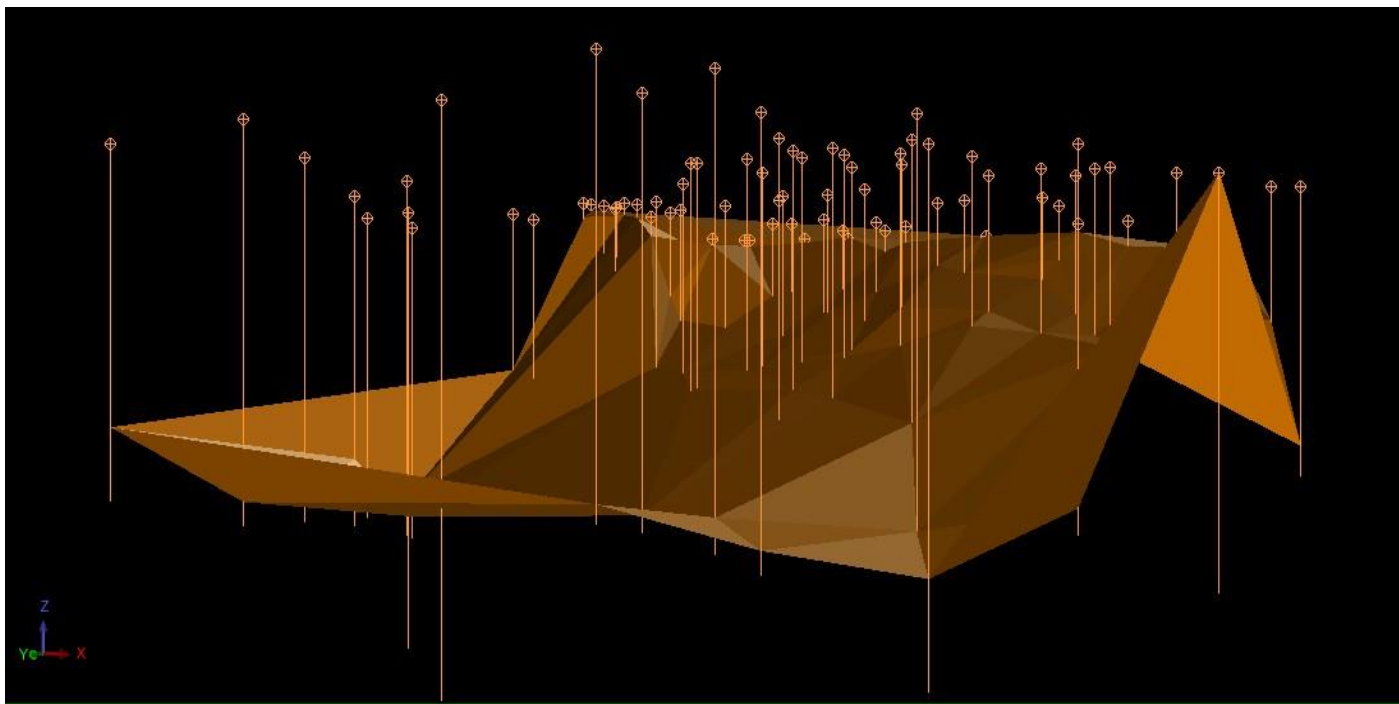


Εικόνα 6.20. String file με το δάπεδο του κοιτάσματος

Ας σημειωθεί ακόμη, πως κατά τη διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη η μετατροπή των δύο string files σε αρχεία της μορφής .dtm, έτσι ώστε να γίνει αντιληπτός ο όγκος του κοιτάσματος. Τα αρχεία της μορφής .dtm διευκολύνουν τα επερχόμενα στάδια της μοντελοποίησης. Η δημιουργία των αρχείων αυτών επιτεύχθηκε από την εντολή `create DTM from layer` από το μενού `surfaces`.

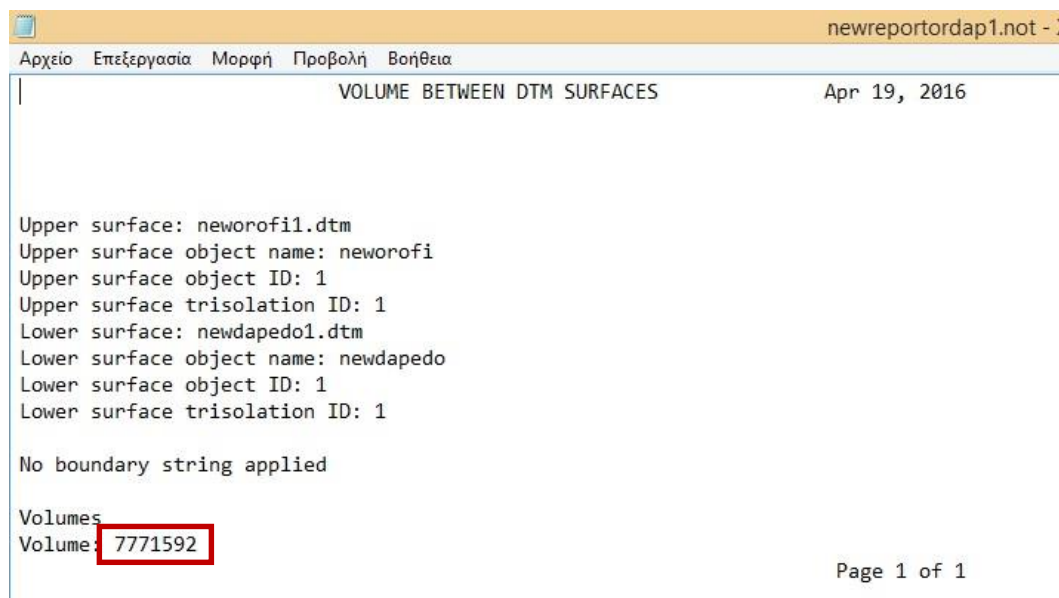


Εικόνα 6.21. Οροφή του κοιτάσματος,(αρχείο neworofi.dtm)



Εικόνα 6.22. Δάπεδο του κοιτάσματος (αρχείο newdapedo.dtm)

Μετά την ολοκλήρωση της δημιουργίας των δύο αρχείων .dtm, υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί ογκομέτρηση ανάμεσα στην οροφή και το δάπεδο και η πληροφορία αυτή να κρατηθεί σε ένα αρχείο notepad. Έτσι, ο συνολικός όγκος που περικλείεται μεταξύ δαπέδου και οροφής υπολογίστηκε $7.771.592 \text{ m}^3$ ή $25.646.253 \text{ tn}$



Εικόνα 6.23. Report με την ογκομέτρηση μεταξύ της οροφής και του δαπέδου

6.4 Γενικά στοιχεία για τα Block Models

Ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος παρουσίασης και χειρισμού διαφορετικών παραμέτρων βασίζεται στον χωρισμό και στη διάκριση του χώρου του κοιτάσματος σε στοιχειώδη τμήματα ή μπλοκ, στα οποία καταχωρούνται οι τιμές των παραμέτρων που μελετώνται. Με τον τρόπο αυτό το κοίτασμα μετατρέπεται από συνεχές φαινόμενο σε διακριτό. Το κέρδος αυτής της μετατροπής είναι η δυνατότητα αριθμητικής επεξεργασίας των παραπάνω παραμέτρων σε ολόκληρο τον χώρο του κοιτάσματος. Η μείωση των διαστάσεων των στοιχειωδών τμημάτων οδηγεί σε αύξηση του αριθμού τους με παράλληλη αύξηση της ακρίβειας απεικόνισης. Το όριο αυτής της αύξησης καθορίζεται από το πλήθος των διαθέσιμων πληροφοριών, καθώς και την πολυπλοκότητα του φαινομένου που εξετάζεται.

Σε κάθε περίπτωση, οργανώνεται ένα αρχείο στοιχειωδών τμημάτων, στο οποίο καθένα από αυτά μπορεί να περιέχει τις τιμές των δειγμάτων που αντιστοιχούν γεωμετρικά σε αυτό. Επίσης, περιέχει μια τιμή για κάθε παράμετρο ενδιαφέροντος, όπως έχει υπολογιστεί από τον αλγόριθμο που εφαρμόζεται. Τα αρχεία αυτά οργανώνονται και διαμορφώνονται έτσι ώστε να δίδεται η δυνατότητα μεταβολής των διαστάσεων των στοιχειωδών τμημάτων και προσαρμογής τους στις ανάγκες κάθε σχεδιασμού, συναρτήσει των χαρακτηριστικών του κοιτάσματος και της πυκνότητας των γεωτρήσεων.

6.5 Κατασκευή Block Model με το Πρόγραμμα Surpac

Στην παρούσα εργασία, προκειμένου να αποτυπωθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η απεικόνιση του κοιτάσματος στο χώρο δημιουργήθηκαν διαφορετικά block models, δηλαδή βάσεις δεδομένων οι οποίες αναπτύσσονται στο χώρο, (τρισεδιάστατη απεικόνιση), μεταβάλλοντας κάποιους περιορισμούς και παραμέτρους στο αρχικό στάδιο δημιουργίας τους. Ουσιαστικά, τα μοντέλα αυτά, χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των ιδιοτήτων σε ένα συγκεκριμένο κομμάτι του χώρου (volume), όπως π.χ. η περιεκτικότητα ενός κοιτάσματος. Μέσω της ενότητας block model, δημιουργήθηκαν block models με διακριτά στοιχεία όγκου. Αυτά τα στοιχεία ονομάζονται blocks και στο κέντρο του κάθε μπλοκ, με βάση τα δεδομένα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και με εφαρμογή διάφορων μεθόδων χωρικής παρεμβολής (π.χ. μέθοδος inverse distance weighting ή kriging) δίνεται μια τιμή περιεκτικότητας, η οποία αντιπροσωπεύει όλο το block. Το Surpac δίνει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν μοντέλα διαφορετικών διαστάσεων, καθορίζοντας κάθε φορά διαφορετικές παραμέτρους.

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, μετά από δοκιμές επιλέχθηκε να παρουσιαστούν τα παρακάτω block models, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η ευαισθησία του προγράμματος στη μεταβολή συγκεκριμένων παραμέτρων καθώς και το κριτήριο βάση του οποίου επιλέχθηκε το τελικό μοντέλο με το οποίο εργαστήκαμε. Επιχειρήθηκε οι συνθήκες εργασίας καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν να είναι ρεαλιστικά σε σχέση με τις ροές εργασίας της εκμετάλλευσης στο κοιτάσμα Σούρτζι.

Οι διαστάσεις των blocks γενικά, καθορίζονται από την πυκνότητα της δειγματοληψίας, τη μέθοδο εκμετάλλευσης, το μηχανικό εξοπλισμό κ.ά. Για τη χωρική παρεμβολή της πληροφορίας της περιεκτικότητας από τα δείγματα των γεωτρήσεων και την εκτίμηση της περιεκτικότητας του κάθε block χρησιμοποιούνται, συνήθως, οι μέθοδοι των αντιστρόφων αποστάσεων και η γεωστατιστική. (Μενεγάκη 2010) Στην εργασία, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων και βασίζεται στη λογική πως ο βαθμός επιρροής κάποιων μεγεθών είναι μέγεθος αντιστρόφως ανάλογο με την απόσταση, δηλαδή μικρή απόσταση σημαίνει μεγάλος βαθμός επιρροής. Γενικότερα, από το block model του κοιτάσματος μπορούν να προκύψουν πληροφορίες σχετικά με τον συνολικό όγκο και τη μάζα του κοιτάσματος, τις ποσότητες των στείων υλικών κ.λ.π. Επίσης, από το μοντέλο προκύπτουν τα δεδομένα εισαγωγής για άλλα, εξειδικευμένα λογισμικά πακέτα ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία βελτιστοποίησης των ορίων της εκσκαφής. Αυτό διευκολύνεται ακόμη περισσότερο με τη δυνατότητα του προγράμματος να εισαχθούν τοπογραφικοί περιορισμοί (π.χ. επιφάνεια του εδάφους) και κοιτασματολογικοί περιορισμοί (π.χ. ειδικά διαμορφωμένα τρισδιάστατα μοντέλα) (Μενεγάκη 2010).

Το μενού των εντολών παρέχει τις εξής βασικές ιδιότητες :

Model Summary : Δίνει περιληπτικά πληροφορίες, σχετικά με τις παραμέτρους του μοντέλου

Merge Model: Συγχώνευση ενός περιορισμένου μοντέλου με το αρχικό

Add Attribute: Προσθήκη νέας ιδιότητας για μοντελοποίηση

Clear Attributes: Καθαρισμός των blocks του μοντέλου, από τις τιμές των ιδιοτήτων τους και επαναφορά τους στο background value

Delete Attribute: Διαγραφή υπάρχουσας ιδιότητας

Edit Attribute: Αλλαγή των χαρακτηριστικών μιας ιδιότητας

Block Maths: Ορισμός των τιμών μια ιδιότητας σε σχέση με τις τιμές μιας άλλης

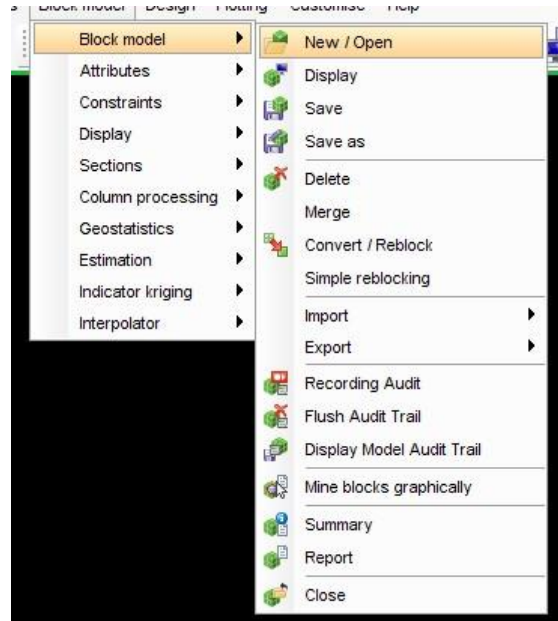
Ore/Waste Discrimination: Κατάταξη των blocks σε "κοίτασμα" ή "στείρο"

Dilution & Reduction: Εφαρμογή συντελεστών διάλυσης στις επαφές του κοιτάσματος με το στείρο

Recoverable Product: Υπολογισμός του όγκου των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων

Thickness: Αποθήκευση των στρωμάτων και των περιεκτικότητων σε αρχείο string

Define Sections: Ορισμός του προσανατολισμού των τομών και αποθήκευση σε αρχείο string



Εικόνα 6.24. Πρώτο βήμα δημιουργίας των block models

Η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε στο πρώτο στάδιο της μοντελοποίησης δίνει τα απαραίτητα αρχικά στοιχεία για να αρχίσει η δημιουργία των μοντέλων. Πρώτο στοιχείο είναι οι συντεταγμένες της περιοχής για την οποία κατασκευάστηκαν τα μοντέλα. Οι συντεταγμένες επιλέχθηκε να οριστούν ανάλογα με τα όρια της εκμετάλλευσης για το λόγο αυτό ορίστηκαν χειροκίνητα, ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα να εισαχθούν αυτόματα από το string file που διαμορφώθηκε στο τελευταίο στάδιο της δημιουργίας της βάσης δεδομένων. Οι συντεταγμένες αυτές δημιουργούν το όριο του μοντέλου με βάση τις γεωτρήσεις οι οποίες έχουν δοθεί προς εξέταση από τη μελέτη για το Σούρτζι (εικόνα 6.25). Σε αυτό το σημείο ορίζεται, επίσης, το μέγεθος των blocks, που θα δημιουργηθούν. Το μέγεθος εξαρτάται από την απόσταση των γεωτρήσεων και την πυκνότητα της δειγματοληψίας κατά μήκος της γεώτρησης (εικόνα 6.25). Στο παράθυρο Sub blocking, δίνεται η δυνατότητα επιλογής δημιουργίας μικρότερων blocks, μέσα στα αρχικά blocks. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στο μοντέλο να δώσει περισσότερες από μία τιμές στο αρχικό block, διαιρώντας το σε μικρότερα, όταν σε μία θέση η πληροφορία, που παρέχεται, είναι αρκετά πυκνή. Έτσι, με τη δημιουργία των μικρότερων blocks δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση της πληροφορίας και αυξάνεται η ακρίβεια των υπολογισμών. Στο πεδίο Sub blocking, επιλέγεται συνήθως η εντολή standard, με μέγεθος υπο-blocks το ίδιο με το μέγεθος του μοντέλου

Creating new block model definition

Model name blockpx.mdl

Description

Define model using Min/Max coords
 Origin coords/extends

Extents **Rotation**

Get extents from string file ?

Coordinate extents		User block size	
	Minimum coordinates		Maximum coordinates
Y	4277965.910	Y	4279086.890
X	466387.780	X	467310.890
Z	160.300	Z	555.800

Y 30
X 30
Z 1

Apply Cancel

Εικόνα 6.25. Εισαγωγή των συντεταγμένων για τη δημιουργία των block models

Model confirmation

Model name **blockpx.mdl**

Description

This model extends from Y **4277965.910000001** to Y **4279105.910000001**
X **466387.78** to X **467317.78**
Z **160.3** to Z **556.3**

The block model extents have been adjusted so that the extents fall on a boundary of a block of user block size

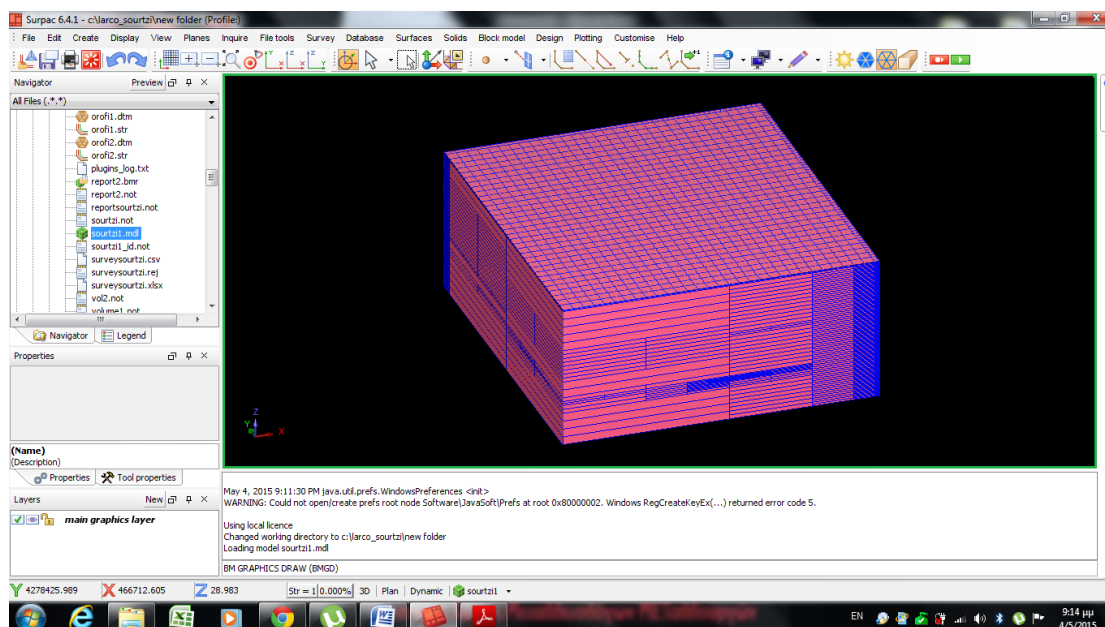
Block Model Geometry

User block Size	Y 30	X 30	Z 1
Min. block Size	Y 30	X 30	Z 1
Rotation	Bearing 0	Dip 0	Plunge 0

Possible extents adjustments :
4279105.91,467317.78,556.3 - 23367 blocks will be created

Create model Re-enter

Εικόνα 6.26. Επιβεβαίωση χαρακτηριστικών των block models



Εικόνα 6.27. Αρχείο της μορφής .mdl (Block model)

Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, δημιουργήθηκαν μία σειρά από μοντέλα με διαφορετικές παραμέτρους, έτσι ώστε να επιλεγεί εν τέλει το ιδανικότερο. Όλα τα παραπάνω βήματα ήταν απαραίτητα για τη δημιουργία όλων των μοντέλων που δημιουργήθηκαν, ανεξαρτήτως των παραμέτρων που διαφοροποιήθηκαν στη συνέχεια.

Συγκεκριμένα, σε αυτό το στάδιο τροποποιήθηκαν τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν ως προς τα στοιχεία τα οποία εισήχθησαν σε αυτά, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με τις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις παραμέτρους. Οι παράμετροι, στα στοιχεία που ορίστηκαν, μεταβάλλονται εμπειρικά και έπειτα από ένα μεγάλο πλήθος δοκιμών.

Αρχικά, χρησιμοποιείται η εντολή Block model → Attributes → New. Γράφεται το όνομα της παραμέτρου, που επιθυμείται να εισαχθεί και στο πεδίο type, επιλέγεται το είδος των δεδομένων που θέλουμε να παραχθούν:

Character: για περιγραφή

Float: για πραγματικό αριθμό με λίγα δεκαδικά ψηφία

Real: για πραγματικό αριθμό με πολλά δεκαδικά ψηφία

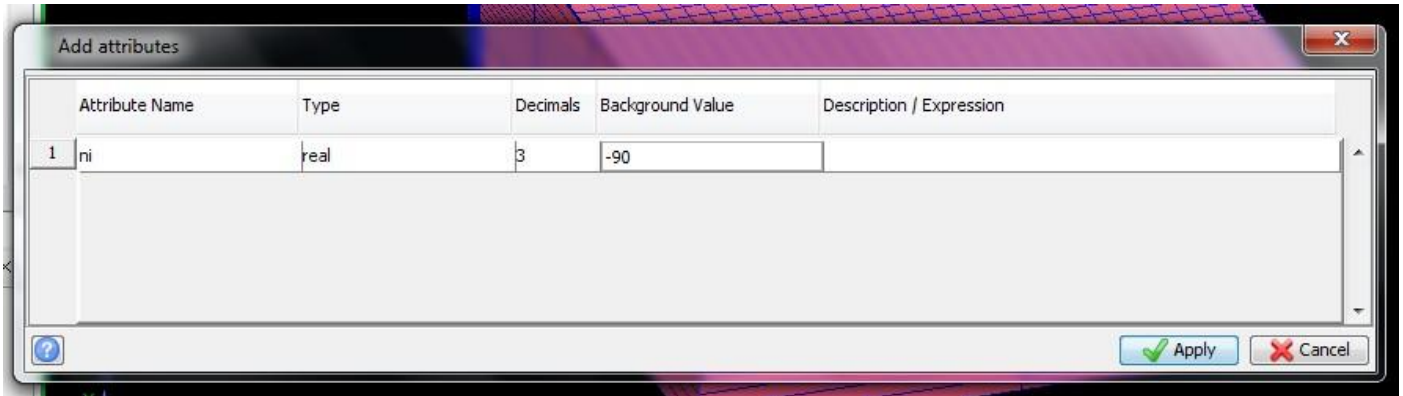
Integer: για ακέραιο αριθμό

Calculated: για αριθμό που θα προκύψει, βάσει κάποιου υπολογισμού, που θα θέσει ο χρήστης.

Στην περίπτωση μας, επιλέχθηκε το είδος real και δόθηκε το όνομα ni.

Έπειτα, επιλέγεται ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων, δηλαδή ο αριθμός 3 και η τιμή βάσης (background value). Το πεδίο background value θα χρησιμοποιηθεί για τις περιοχές, που δεν

παράγονται τιμές από τη μαθηματική επεξεργασία. Είναι σημαντικό, στο πεδίο αυτό, να μην εισαχθεί η τιμή μηδέν (0), αλλά μια αρνητική τιμή, για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η τιμή -90 (εικόνα 6.28) Διαφορετικά, το πρόγραμμα θεωρεί, ότι μετρήθηκε η παράμετρος και βρέθηκε, να έχει τιμή ίση με μηδέν.



Εικόνα 6.28. Ορισμός παραμέτρων για το στοιχείο που μας ενδιαφέρει, ακριβέστερα δε το νικέλιο

6.5.1 Μέθοδοι προσδιορισμού τιμών

Η μέθοδος δημιουργίας του μοντέλου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο και το *surpac* διαθέτει μία πληθώρα επιλογών για να προσδιοριστούν τιμές στα blocks.

Estimation: Προσδιορισμός των τιμών σε κάθε block

Inverse Distance: Προσδιορισμός των τιμών των blocks με τον αλγόριθμο της αντίστροφης απόστασης

Ordinary Kriging: Προσδιορισμός των τιμών χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Kriging και τις παραμέτρους από τα βαριογράμματα

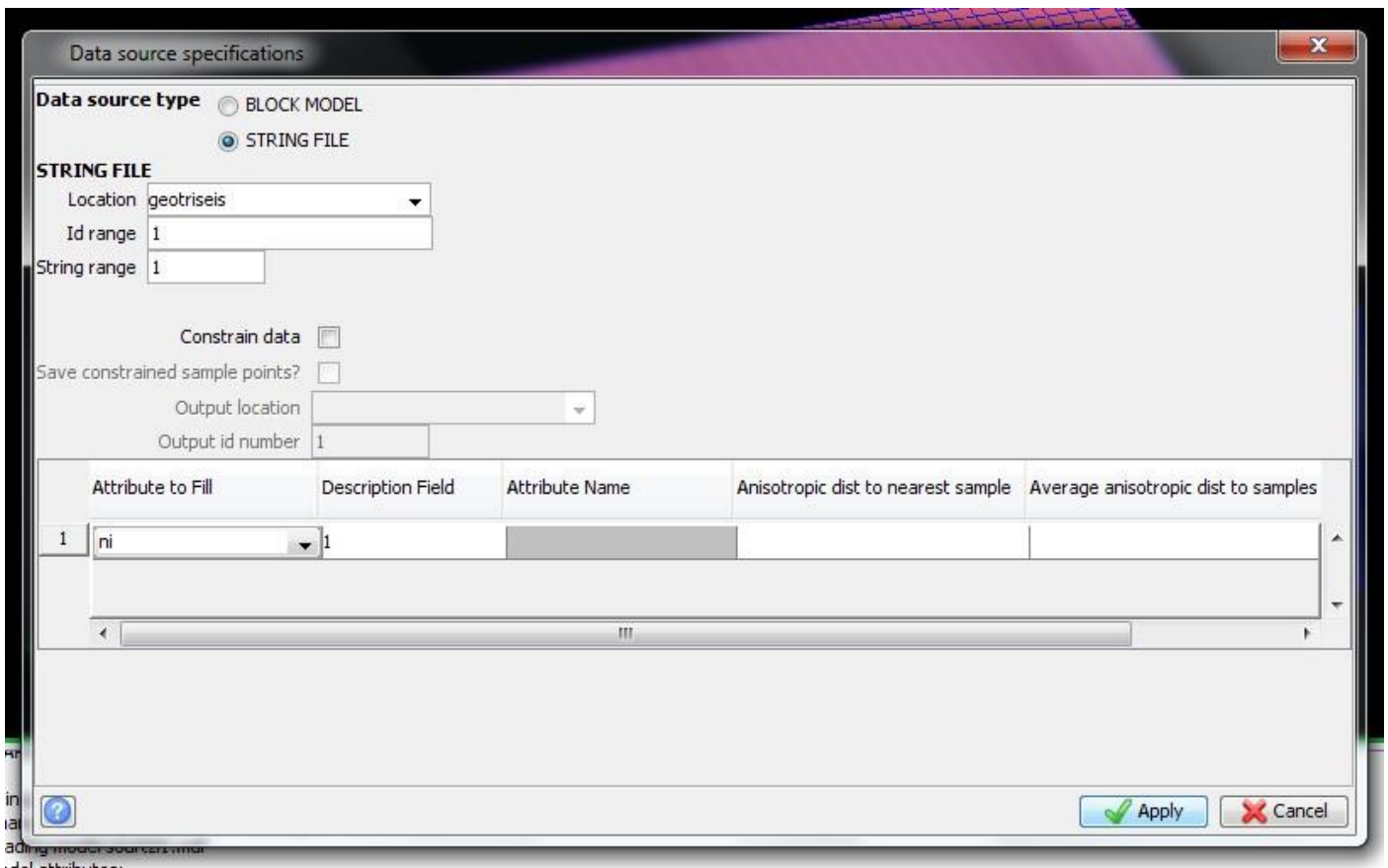
Nearest Neighbour: Προσδιορισμός των τιμών των blocks από το κοντινότερο σημείο δείγματος

Assign Value: Ορισμός των τιμών των blocks με συγκεκριμένη τιμή, χρησιμοποιώντας περιορισμούς

Indicator Kriging: Προσδιορισμός των τιμών χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Indicator Kriging

Στην εργασία, όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *inverse distance*, δηλαδή η μέθοδος της αντίστροφης απόστασης. Το αρχείο, *gewtriseis2.str* το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε αυτό το στάδιο, ανακτάται από τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε νωρίτερα. Επιλέχθηκε, επομένως, η παράμετρος που θα υπολογιστεί, όπως ορίστηκε στο πεδίο *Attributes (ni)*. Οι αρχικές

τιμές για την εν λόγω παράμετρο βρίσκονται στη στήλη value του πίνακα assay της βάσης δεδομένων. Η στήλη αυτή ήταν η μόνη πρόσθετη στήλη που δημιουργήθηκε στη βάση δεδομένων. Κάθε πρόσθετη στήλη που δημιουργείται αποτελεί ένα πεδίο περιγραφής (Description field). Ανάλογα με τη σειρά που τοποθετούνται οι στήλες λαμβάνουν από το πρόγραμμα ένα αριθμό κατάταξης. Έτσι η στήλη value του πίνακα assay αποτελεί το Description field 1. Στο πεδίο, επομένως Description field τοποθετούμε τον αριθμό 1, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.29.



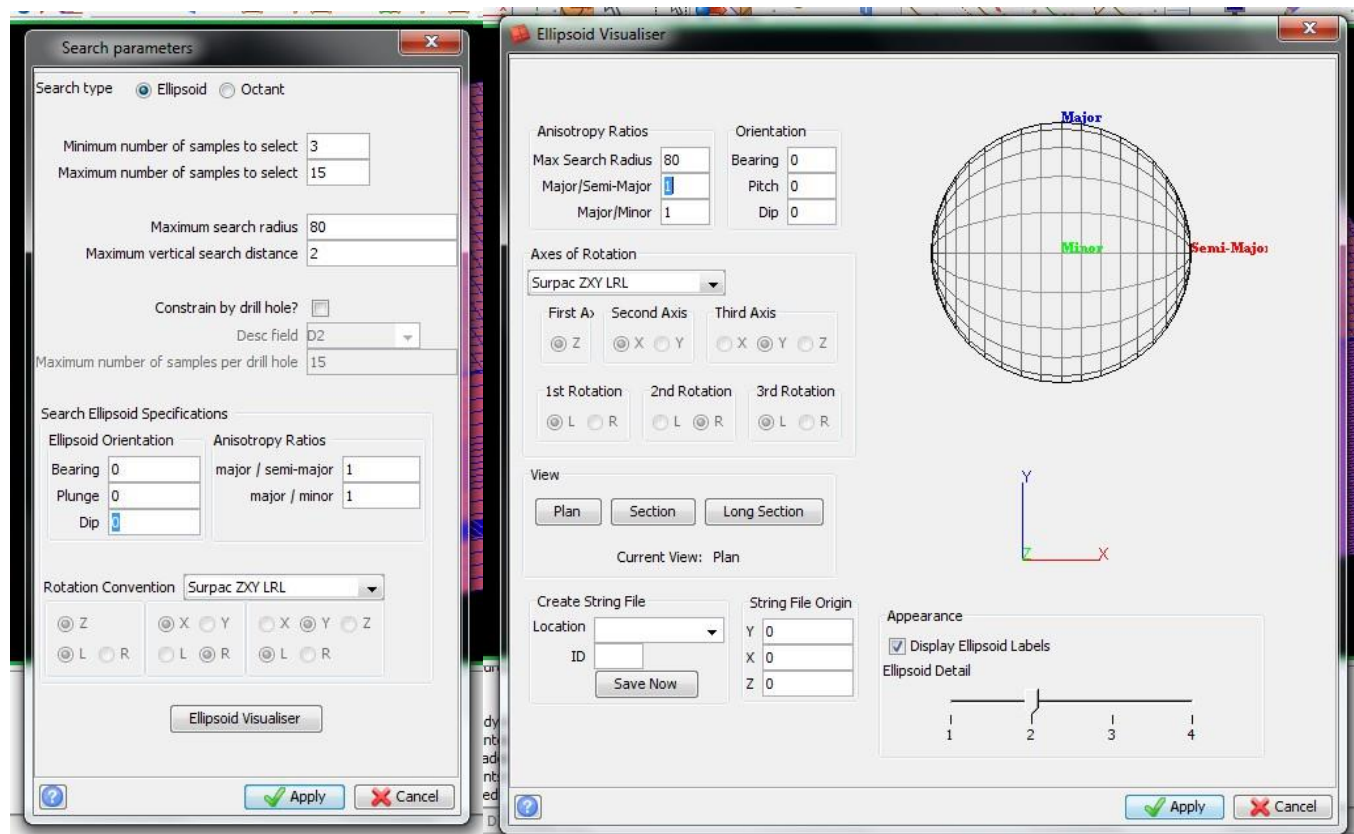
Εικόνα 6.29. Το νικέλιο εισήχθη ως το πρώτο πεδίο περιγραφής (description field)

Συνεχίζοντας την εισαγωγή των παραμέτρων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον ακριβή όρο κάθε παραμέτρου. Έτσι, στο σημείο αυτό είναι κρίσιμες ορισμένες διευκρινήσεις για τις κύριες παραμέτρους που μεταβλήθηκαν.

Τα πεδία Minimum και maximum number of samples ορίζουν το πλήθος των γειτονικών δειγμάτων, που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό της τιμής ενός block. Το πεδίο maximum search radius ορίζει τη μέγιστη ακτίνα, από την οποία θα μπορεί το μοντέλο να πάρει δεδομένα για να διαμορφώσει την τιμή ενός block. Το πεδίο maximum vertical search Distance ορίζει το μέγιστο βάθος από το οποίο θα μπορεί το μοντέλο να πάρει δεδομένα για να διαμορφώσει την τιμή ενός

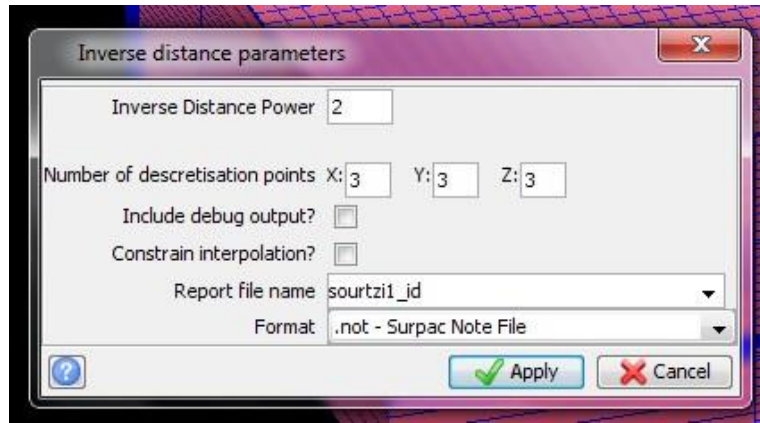
block. Τέλος, το πεδίο anisotropy ratios καθορίζει το σχήμα του ελλειψοειδούς, με βάση το οποίο θα πραγματοποιηθεί η επιλογή των δειγμάτων για τη χωρική παρεμβολή.

Στο αρχείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία όλων των μοντέλων ορίστηκε ο περιορισμός να συμπεριλαμβάνεται το 75% του δείγματος.



Εικόνα 6.30. Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία των μοντέλων

Στο επόμενο βήμα, ακολούθησε ο ορισμός των παραμέτρων για την εφαρμογή της μεθόδου Inverse Distance, ο οποίος ήταν σταθερός σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν. Οι επιλογές σχετίζονται με το σταθμικό συντελεστή που χρησιμοποιήθηκε και με την υποδιαίρεση του κάθε block για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας. Σε αυτό το σημείο εργαστήκαμε ως εξής: επιλέχθηκε το τετράγωνο της απόστασης με σταθερό συντελεστή το 2 και επιλέχθηκε το block να χωριστεί σε 27 (3x3x3) υπό-blocks (εικόνα 6.31) τα οποία πήραν τιμές και στη συνέχεια σταθμίστηκαν για να δώσουν την τελική τιμή στο μητρικό block. Το πεδίο Report file name αναφέρεται κάθε φορά, στο αρχείο που δημιουργείται με τα στοιχεία που ορίσαμε για τη δημιουργία του κάθε μοντέλου.



Εικόνα 6.31. Διαμόρφωση του τετραγώνου της απόστασης και των υποblocks

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 6.3, Πίνακας 6.4), παρουσιάζονται οι συνδυασμοί παραμέτρων που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου προχωρώντας να καταλήξουμε στο μοντέλο βάση του οποίου θα σχεδιαστεί η εκμετάλλευση. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως βέλτιστο μοντέλο θα θεωρηθεί εκείνο του οποίου η εκτιμώμενη ποσότητα αποθεμάτων πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο την εκτίμηση που πραγματοποιήθηκε από την εταιρία για το κοιτάσμα Σούρτζι. Στους δύο πίνακες, επομένως, παρουσιάζονται όλα τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν με διαφοροποιήσεις στο μέγεθος του μοντέλου, στα δείγματα επιρροής του κάθε block και της κάθε γεώτρησης και τέλος στο μέγιστο βάθος προσδιορισμού τιμής του κάθε block.

Ο Πίνακας 6.3 αφορά στα μοντέλα τα οποία διαπιστώθηκε πως έδιναν ως ένα βαθμό παραπλήσια αποτελέσματα κατά την ογκομέτρηση που πραγματοποιήθηκε, σε σχέση πάντα με τις μετρήσεις που έχουν λάβει χώρα για τα αποθέματα του μεταλλεύματος. Αντιστοίχως, στον Πίνακα 6.4 παρουσιάζονται όλα τα μοντέλα τα οποία έδωσαν εξαιρετικά μεγάλης απόκλισης μετρήσεις σε σχέση με τα πραγματικά αποθέματα.

Πίνακας 6.3 Μοντέλα που δημιουργήθηκαν με διαφοροποιήσεις σε έξι παραμέτρους

Όνομασία του block model	Μέγεθος του μοντέλου (block size)	Ύψος (Z)	Ελάχιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (min)	Μέγιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (max)	Μέγιστη ακτίνα επιρροής μίας γεώτρησης	Μέγιστο βάθος για τον προσδιορισμό τιμής ενός block	Ποσότητα μεταλ/τος σε m ³	Ποσότητα μεταλ/τος σε tn
Block 13	40 x 40	2	2	12	80	2	7.347.200	24.245.760
Block 11	30 x 30	2	2	12	80	2	6.242.400	20.599.920
Block 20	20 x 20	2	2	12	80	2	5.148.000	16.988.400
Block 16	30 x 30	2	3	15	80	2	5.502.600	18.158.580
Block10	40 x 40	1	2	12	80	2	6.236.800	20.581.440
Block5	30 x 30	1	3	15	80	2	5.321.700	17.561.610
Block 18	30 x 30	1	2	12	80	1	5.273.100	17.401.230

Πίνακας 6.4 Μοντέλα που δημιουργήθηκαν με διαφοροποιήσεις σε έξι παραμέτρους και απορρίφθηκαν εξ' αρχής

Όνομασία του block model	Μέγεθος του μοντέλου (block size)	Ύψος (Z)	Ελάχιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (min)	Μέγιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (max)	Μέγιστη ακτίνα επιρροής μίας γεώτρησης	Μέγιστο βάθος για τον προσδιορισμό τιμής ενός block
Block 15	40 x 40	1	2	14	70	1
Block 19	20 x 20	2	3	15	70	2
Block 14	40 x 40	2	3	15	60	2
Block 6	30 x 30	1	3	15	50	2
Block 17	30 x 30	2	3	15	50	2
Block 12	40 x 40	1	2	12	50	1
Block 7	40 x 40	2	3	15	50	2
Block 8	20 x 20	1	3	15	70	1
Block 9	20 x 20	1	3	15	50	1
Block last	30 x 30	1	3	10	80	1

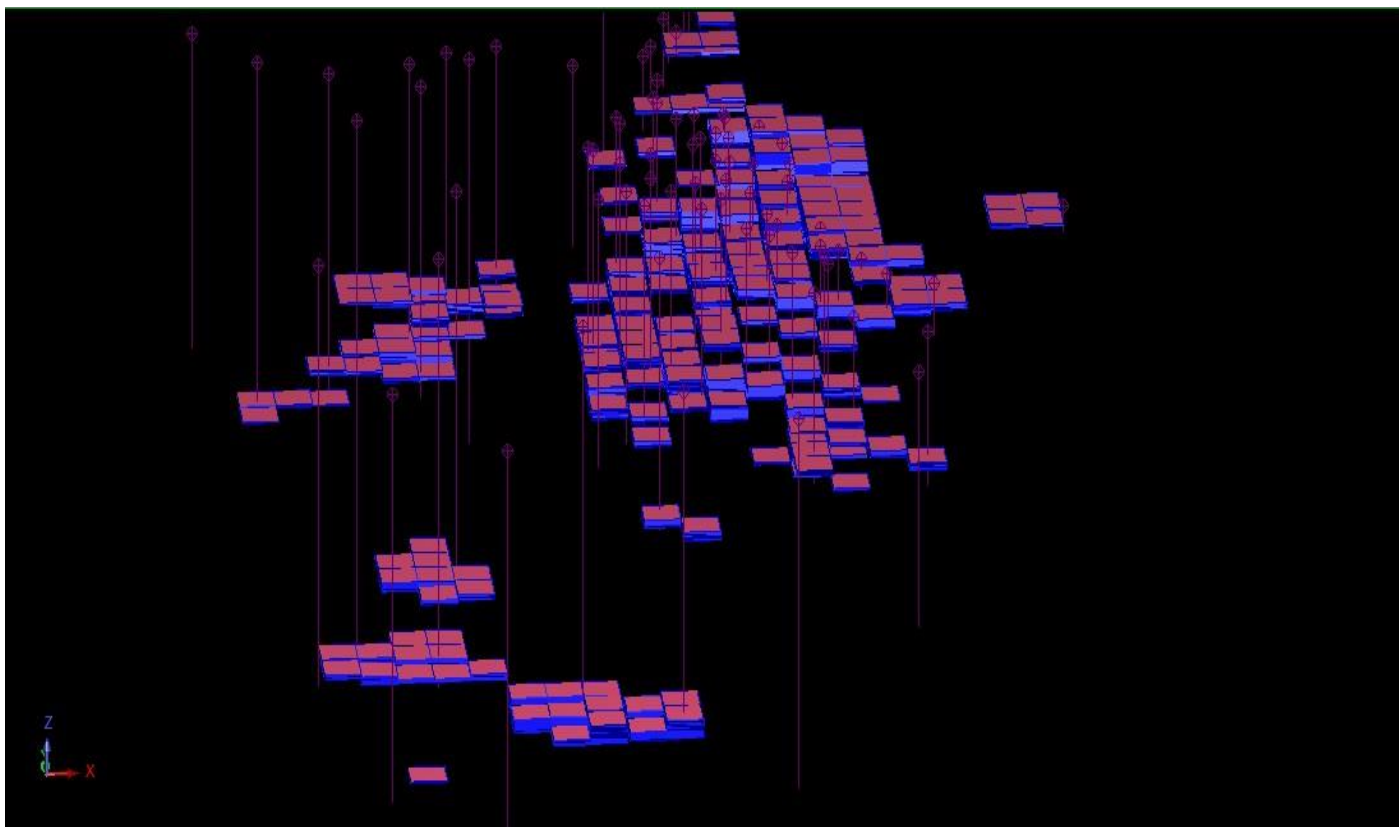
6.5.2 Παρουσίαση των Μοντέλων τα οποία απορρίφθηκαν και επιλογή του καταλληλότερου Μοντέλου-Παρατηρήσεις-Διαπιστώσεις

Οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν, αφορούσαν ένα αρκετά μεγάλο εύρος τιμών το οποίο σχετίζεται με όλες τις παραμέτρους που μεταβλήθηκαν. Στο μέγεθος του μοντέλου οι δοκιμές έγιναν σε μοντέλα διαστάσεων 20×20 , 30×30 και 40×40 με το ύψος του μπλοκ να μεταβάλλεται κάθε φορά από 1-3 m. Ο συνδυασμός των δειγμάτων ήταν κυρίως 2-12 δείγματα και 3-15 δείγματα. Το εύρος της μέγιστης ακτίνας κυμάνθηκε από 50-80 m και το βάθος επιρροής προσδιορισμού τιμής κάθε block επιλέχθηκε να μεταβάλλεται από 1-2 m.

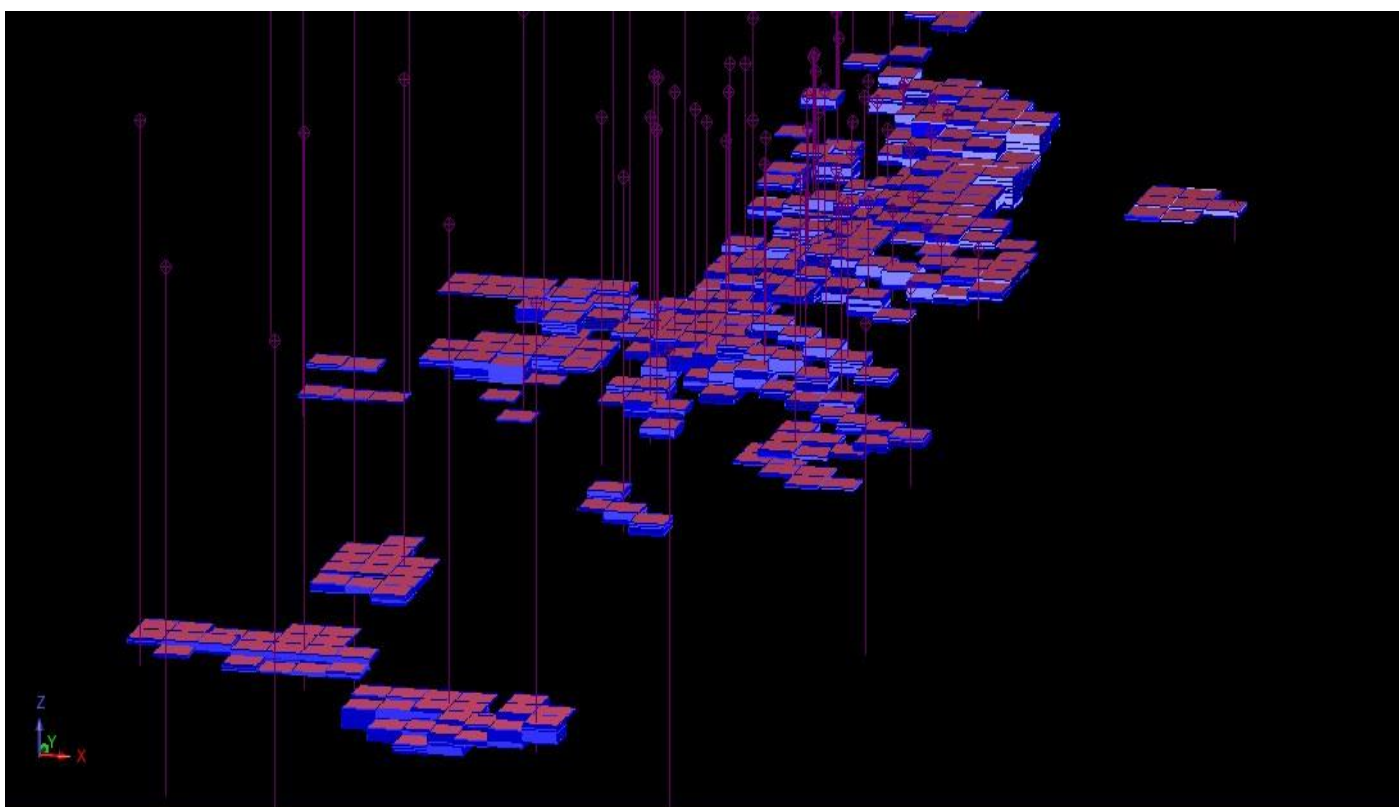
Η ευαισθησία του προγράμματος στη μεταβολή των παραμέτρων που εισάγονται, έγκειται στο γεγονός πως η μοντελοποίηση αποτελεί μία πολύπλοκη μαθηματική διαδικασία η οποία επιχειρεί να εξασφαλίσει την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων με έναν αυτοματοποιημένο και αποτελεσματικό τρόπο.

Σε αυτό το σημείο επιβάλλεται, να αναφερθούν συγκεκριμένες παρατηρήσεις σχετικά με την απόρριψη των block models του δεύτερου πίνακα. Όπως είναι εμφανές, όλες οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με μέγιστη ακτίνα επιρροής κάθε δείγματος μικρότερη των 70 m έδωσαν πολύ χαμηλά κυβικά μέτρα στην ογκομέτρηση, τα οποία απήχαν από τα πραγματικά αποθέματα του κοιτάσματος. Αυτό, με έναν τρόπο, οδήγησε στην επιλογή μίας μεγαλύτερης ακτίνας επιρροής, για παράδειγμα από 70 έως 80 m. Επιπλέον, από την παραπάνω παρατήρηση, εξάγεται το συμπέρασμα πως το δείγμα δεν ήταν αντιπροσωπευτικό όταν επηρεαζόταν μόνο από πολύ κοντινές-γειτονικές γεωτρήσεις. Επιπλέον, όσον αφορά την αντιπροσωπευτικότητα των γειτονικών δειγμάτων επιρροής συμπεραίνεται πως ο βέλτιστος συνδυασμός κυμαίνεται από 2-15 δείγματα, καθώς με περισσότερα δείγματα το πρόγραμμα συγχέει τα δεδομένα.

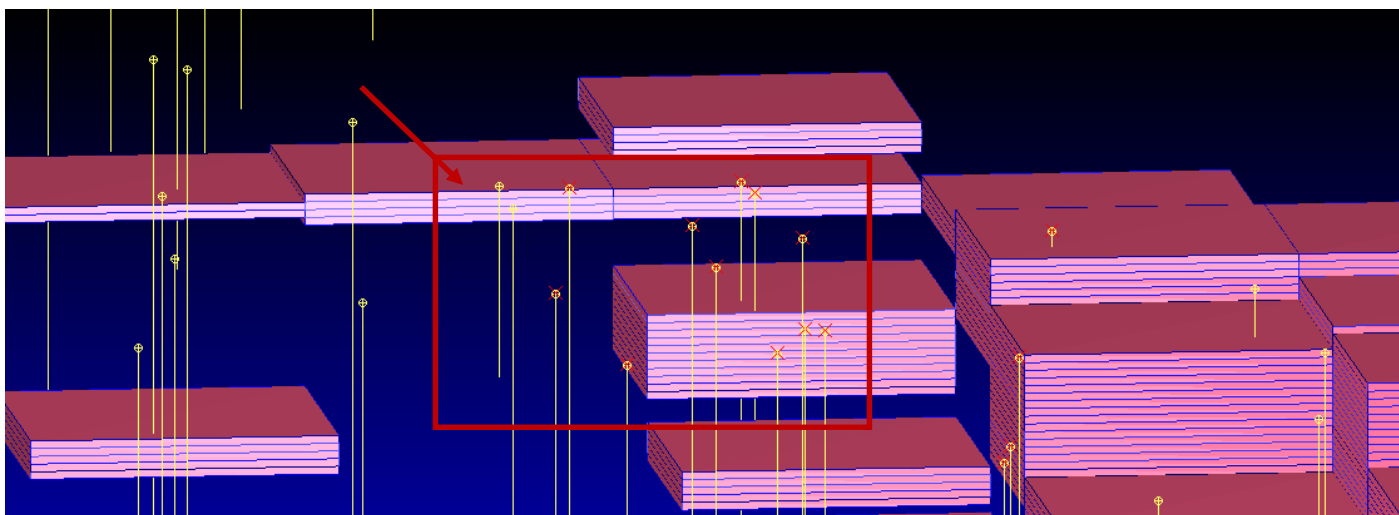
Ανακεφαλαιώνοντας επομένως, εξάγεται με βεβαιότητα το συμπέρασμα πως το εύρος των δειγμάτων, υπήρξε εξίσου καθοριστικός παράγοντας αποκλεισμού των υπολοίπων μοντέλων από τον Πίνακα 6.4 (block 10 & block 18), τα οποία ωστόσο, έδωσαν μέγεθος όγκου ελάχιστης διαφοράς με τον όγκο του μοντέλου που επιλέχθηκε.



Εικόνα 6.32. block 10 με εύρος δειγμάτων επιρροής 2-12

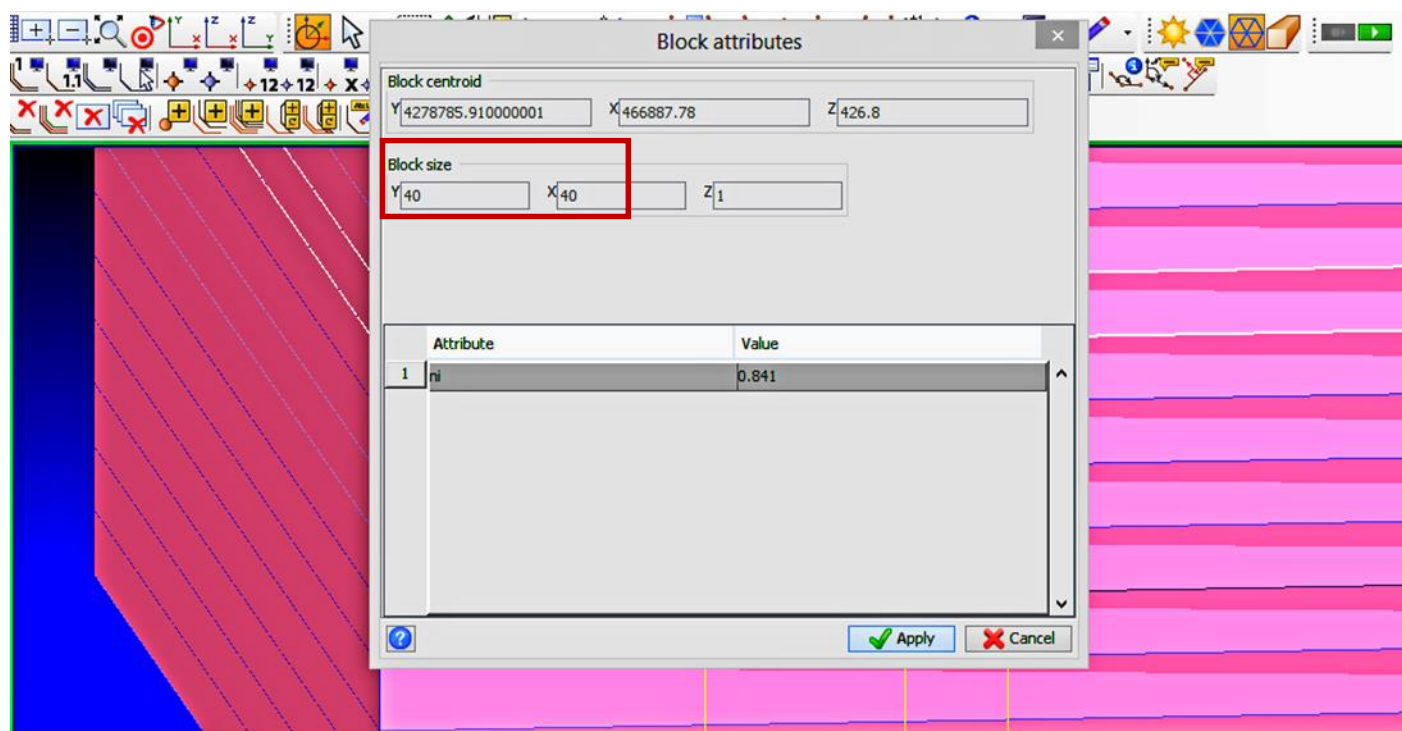


Εικόνα 6.33. block 18 με εύρος δειγμάτων επιρροής 2-12

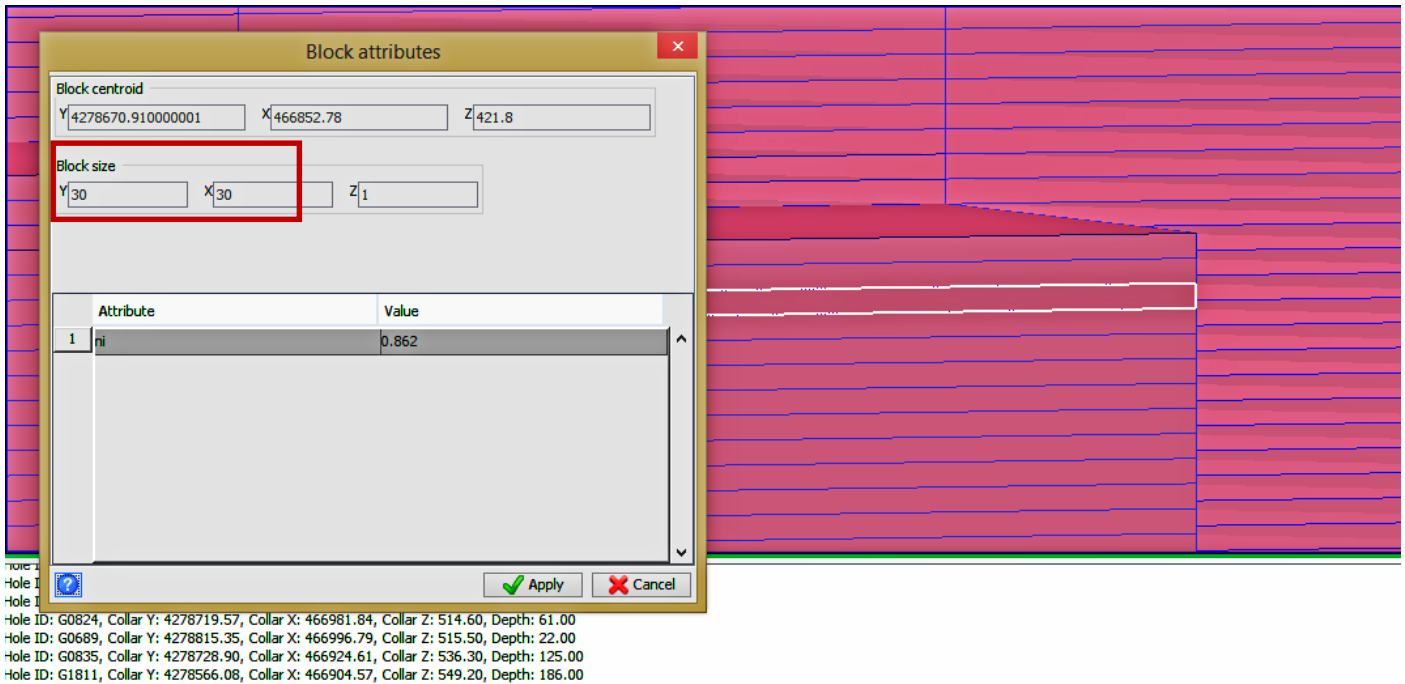


Εικόνα 6.34. Μέγιστο δείγμα επιρροής της κάθε γεώτρησης (15 γεωτρήσεις)

Συγχρόνως, έγινε σαφές πως μοντέλα με διαφορετικό block size και απόλυτα όμοιες τις υπόλοιπες παραμέτρους διαφοροποιούνται σε ελάχιστο βαθμό (block 13, block 11 & block 20). Τα μοντέλα αυτά επίσης, είχαν απορριφθεί καθώς το εύρος επιρροής γεωτρήσεων κρίθηκε μη αντιπροσωπευτικό (2-12 γεωτρήσεις).

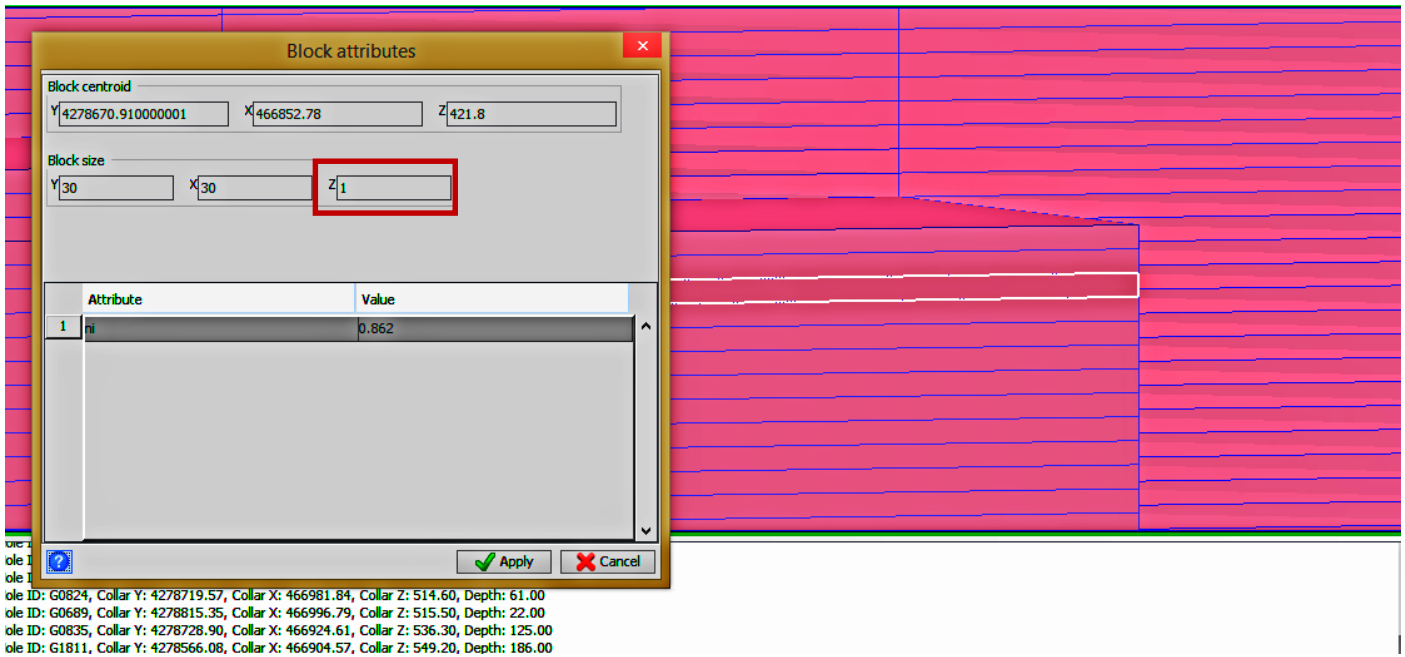


Εικόνα 6.35. block size 40×40

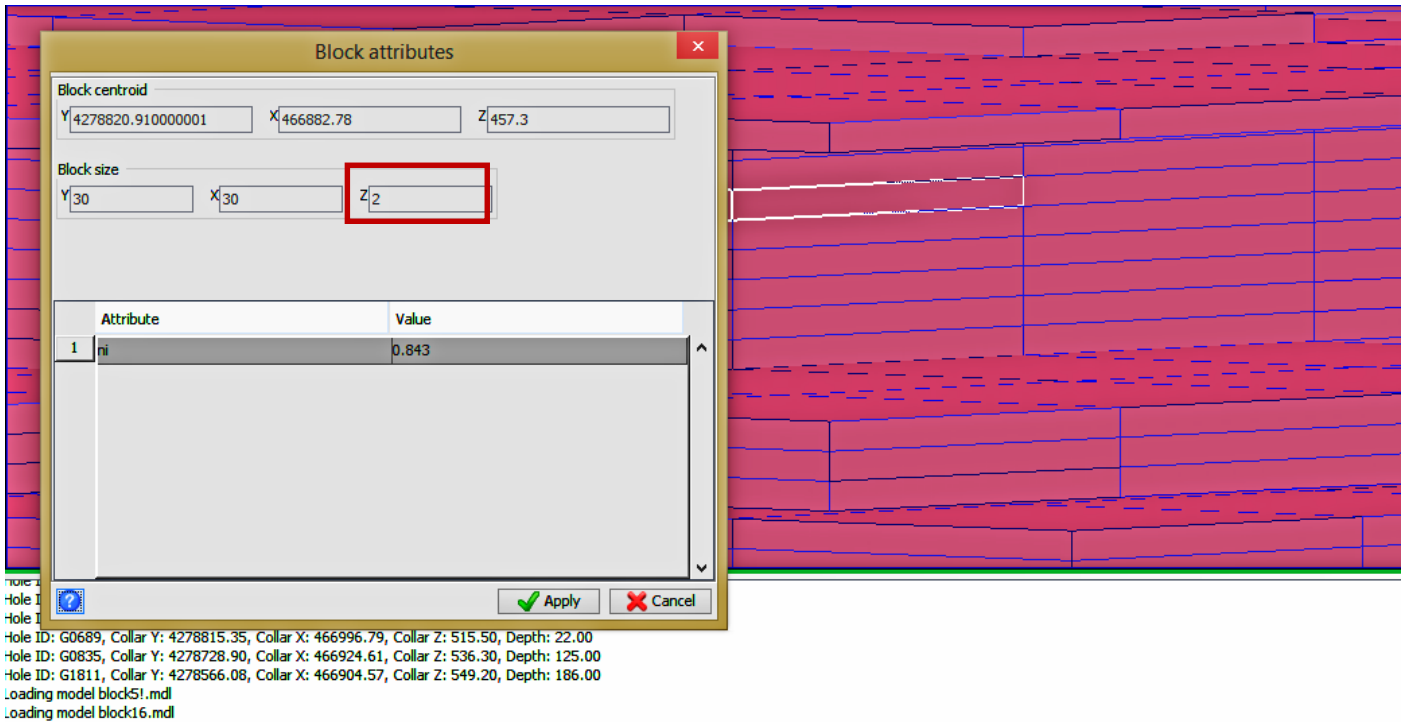


Εικόνα 6.36. block size 30×30

Τέλος, το ύψος Z του μοντέλου επιλέχθηκε να είναι διαφορετικό από το μέγεθος του βάθους που δόθηκε για τον προσδιορισμό της τιμής του κάθε block, έτσι ώστε να προσεγγίσει καλύτερα τη γεωλογική διακύμανση του κοιτάσματος. Με αυτόν τον τρόπο, επιλέχθηκε το μοντέλο (block5) από το τελευταίο πανομοιότυπο μοντέλο (block 16), στο οποίο υπάρχει ταύτιση του μέγιστου βάθους επιρροής και του ύψους του block.



Εικόνα 6.37. block 5 - Ύψος Z: 1m



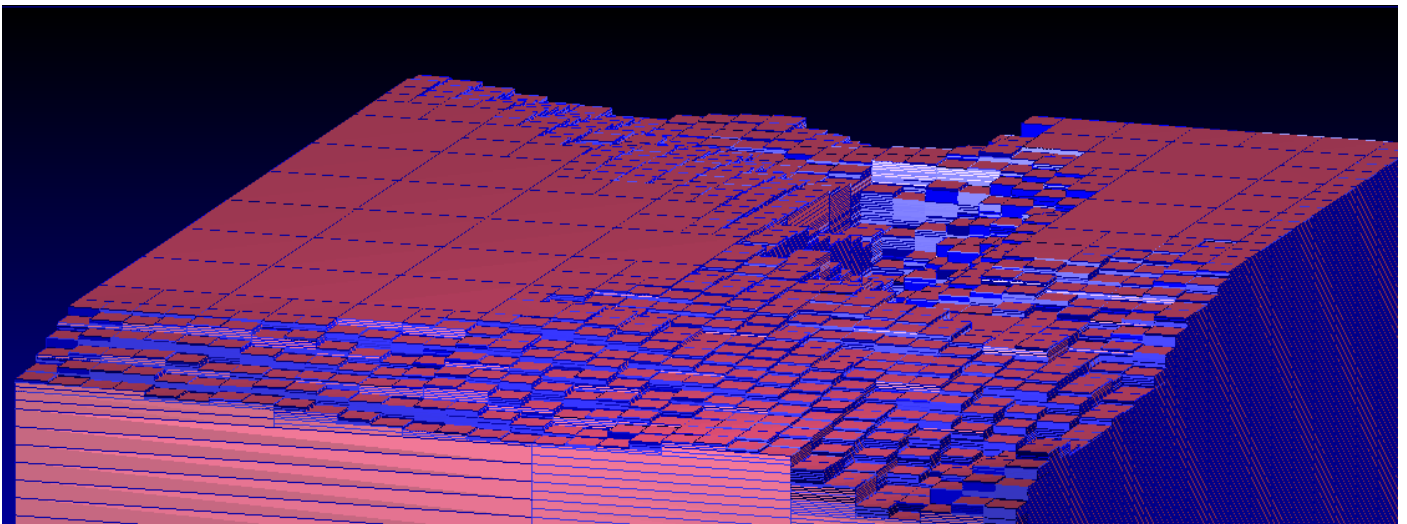
Εικόνα 6.38. block 16 Ύψος Z: 2 m

6.5.3 Τρόπος παρουσίασης του Μοντέλου - Ορισμός παραμέτρων

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα να προβάλλεται η τιμή του κάθε μπλοκ από την εντολή Block model-> Attributes -> View attributes for one block, έτσι ώστε να διευκολύνεται η αναζήτηση διαφορετικών πληροφοριών σε συγκεκριμένα blocks (π.χ. περιεκτικότητα νικελίου σε ακριβείς συντεταγμένες.). Οι ακμές του παραλληλεπίπεδου έχουν καθοριστεί με βάση τις συντεταγμένες των γειτονικών γεωτρήσεων, επομένως, το μοντέλο δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη μορφολογία του εδάφους, των πραγματικών ορίων του κοιτάσματος κ.ο.κ.

Η διαδικασία αυτή προκύπτει αν προσαρμοστεί το μοντέλο στο τοπογραφικό αρχείο της περιοχής. Άρα, εφόσον εισαχθεί το αρχείο με το τοπογραφικό ανάγλυφο δημιουργείται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με την εντολή Surfaces -> Create DTM from layer. Η εντολή Perform breakline test που εμφανίζεται στο σχετικό παράθυρο επιτρέπει την ανάγνωση των ισοϋψών κατά την ανάπτυξη του μοντέλου ώστε να μην αλλοιωθεί η μορφή του αναγλύφου. Αποθηκεύεται τέλος, το καινούριο αρχείο το οποίο τώρα έχει κατάληξη .dtm με την εντολή File -> Save as. Η διαδικασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε οποιοδήποτε στάδιο, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη.

Προκειμένου να προβληθεί το μοντέλο με τον περιορισμό του τοπογραφικού αναγλύφου ανατρέχουμε στην εντολή Block model -> Display -> New graphical constraint. Με την εντολή αυτή επιλέγεται ουσιαστικά ο τρόπος με τον οποίο το μοντέλο θα εμφανισθεί στην επιφάνεια εργασίας.

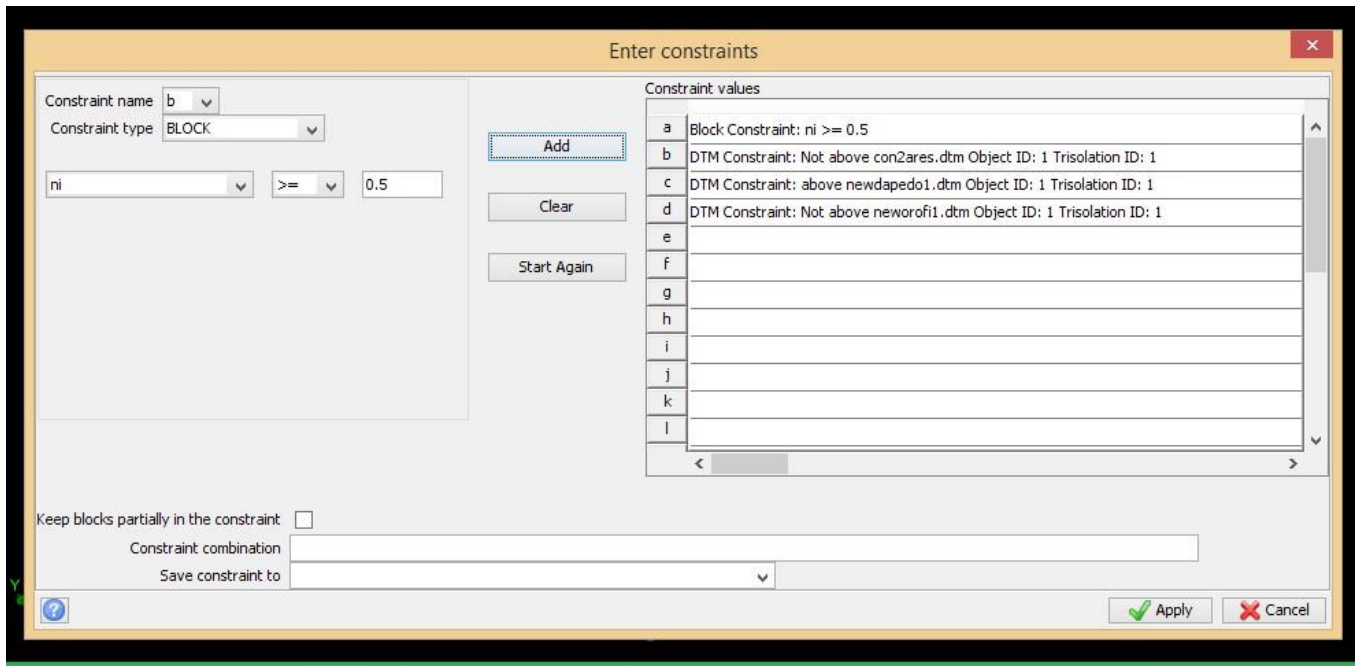


Εικόνα 6.39. Προβολή του μοντέλου με μοναδικό περιορισμό το τοπογραφικό ανάγλυφο

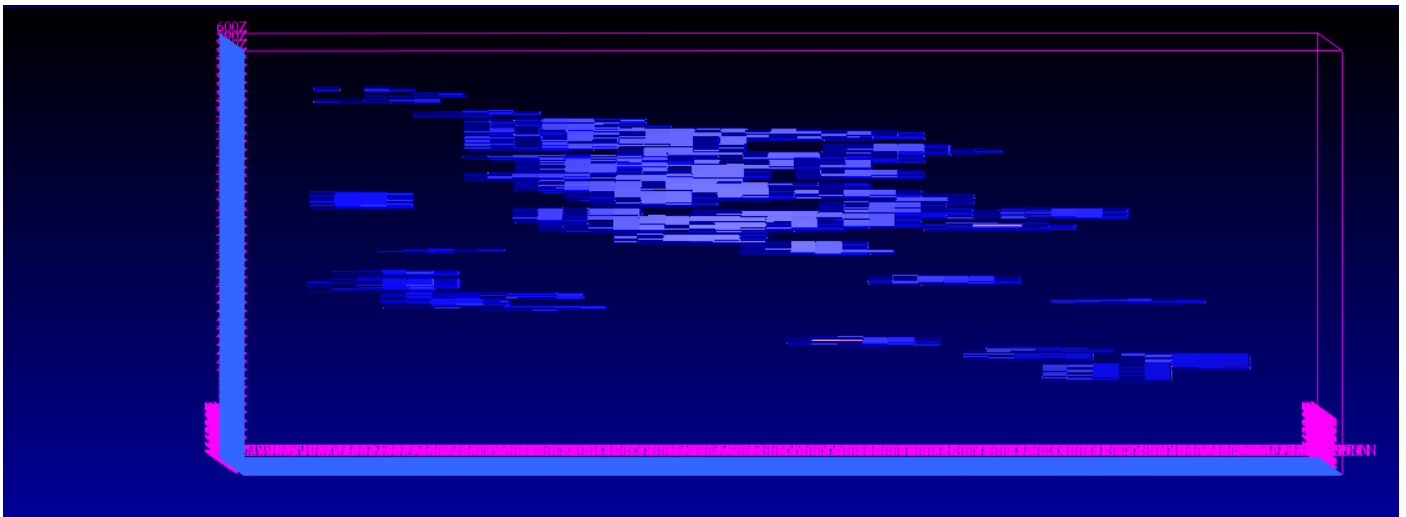
Τα παρακάτω μοντέλα, επιλέχθηκε να εμφανίζονται με κάποιους επιπλέον περιορισμούς:

Αρχικά, τα μπλοκ τα οποία θα εμφανίζονται να είναι εκείνα τα οποία έχουν περιεκτικότητα νικελίου μεγαλύτερη των 0.5%. Επιπλέον, το μοντέλο το οποίο παρουσιάζεται να είναι προσαρμοσμένο κάτω από το τοπογραφικό ανάγλυφο ,όπως προαναφέρθηκε, έτσι ώστε το κοιτάσμα να προσαρμόζεται

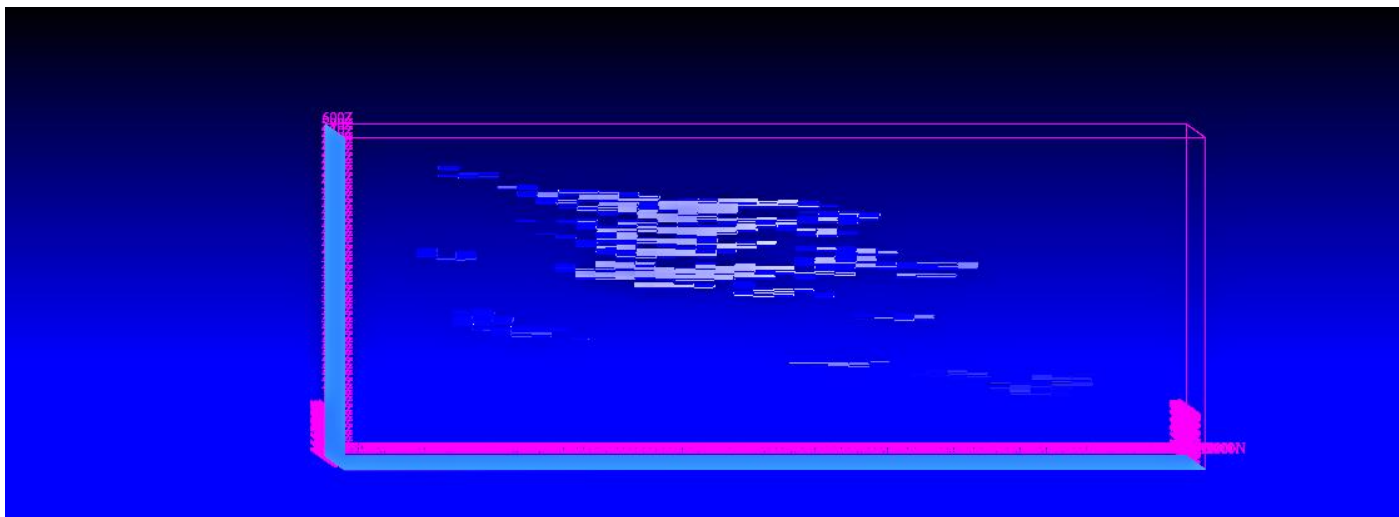
στο χώρο. Τέλος, το μοντέλο να οριοθετείται ανάμεσα στην οροφή και το δάπεδο που δημιουργήθηκε σ' ένα προηγούμενο στάδιο.



Εικόνα 6.40. Εισαγωγή περιορισμών για την εμφάνιση του block model

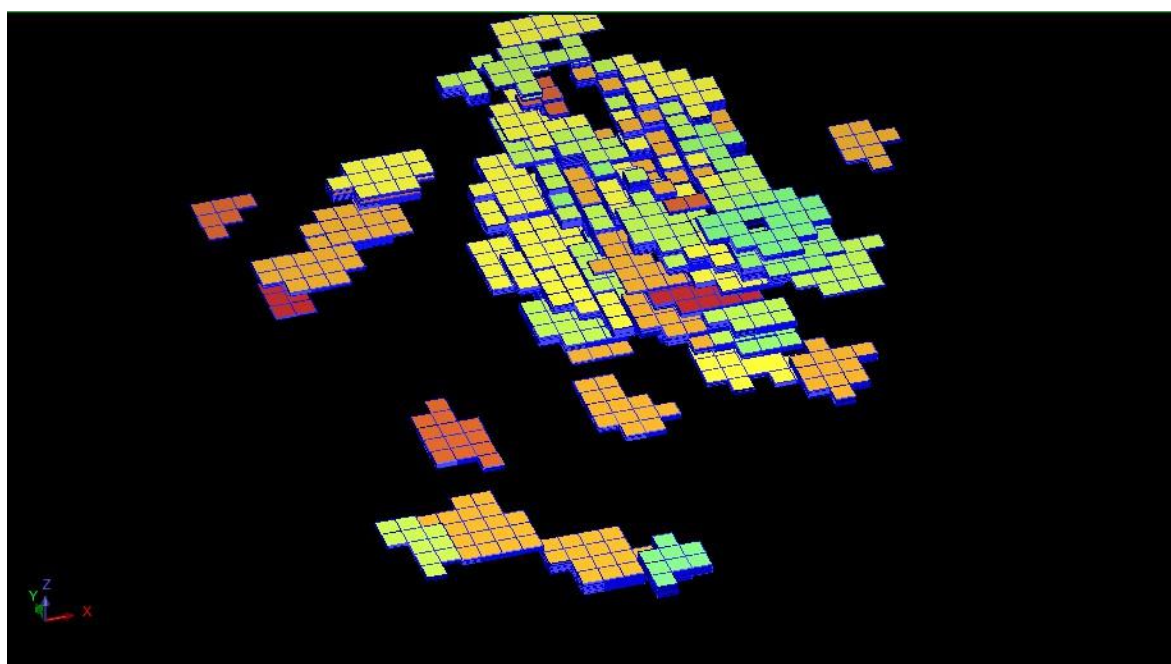


Εικόνα 6.41. Προβολή του μοντέλου με επιπλέον περιορισμό τα blocks με νικέλιο μεγαλύτερο από 05%



Εικόνα 6.42. Προβολή του μοντέλου με τους τρεις περιορισμούς που αναφέρθηκαν

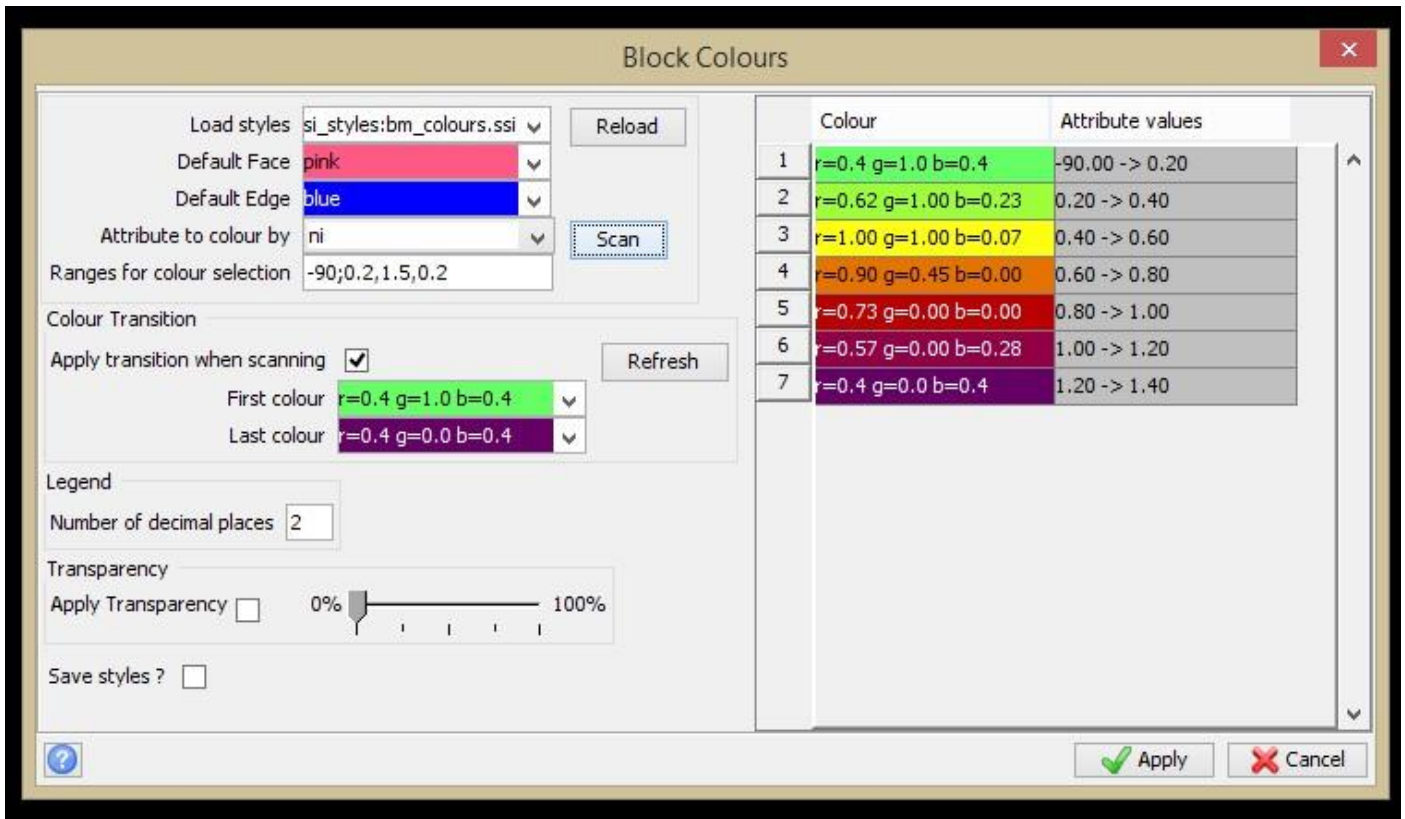
Μετά την επιλογή του block 5 ως το μοντέλο το οποίο θα αξιοποιηθεί στα επερχόμενα στάδια, επιλέχθηκε να προβληθούν οι διαβαθμίσεις των τιμών του, σε κάθε block με την εντολή Colour by attribute που εμφανίζεται επιλέγοντας το όνομα του μοντέλου στο παράθυρο κάτω από την επιφάνεια εργασίας.



Εικόνα 6.43. Εμφάνιση μοντέλου με διαβαθμίσεις στις τιμές του νικελίου

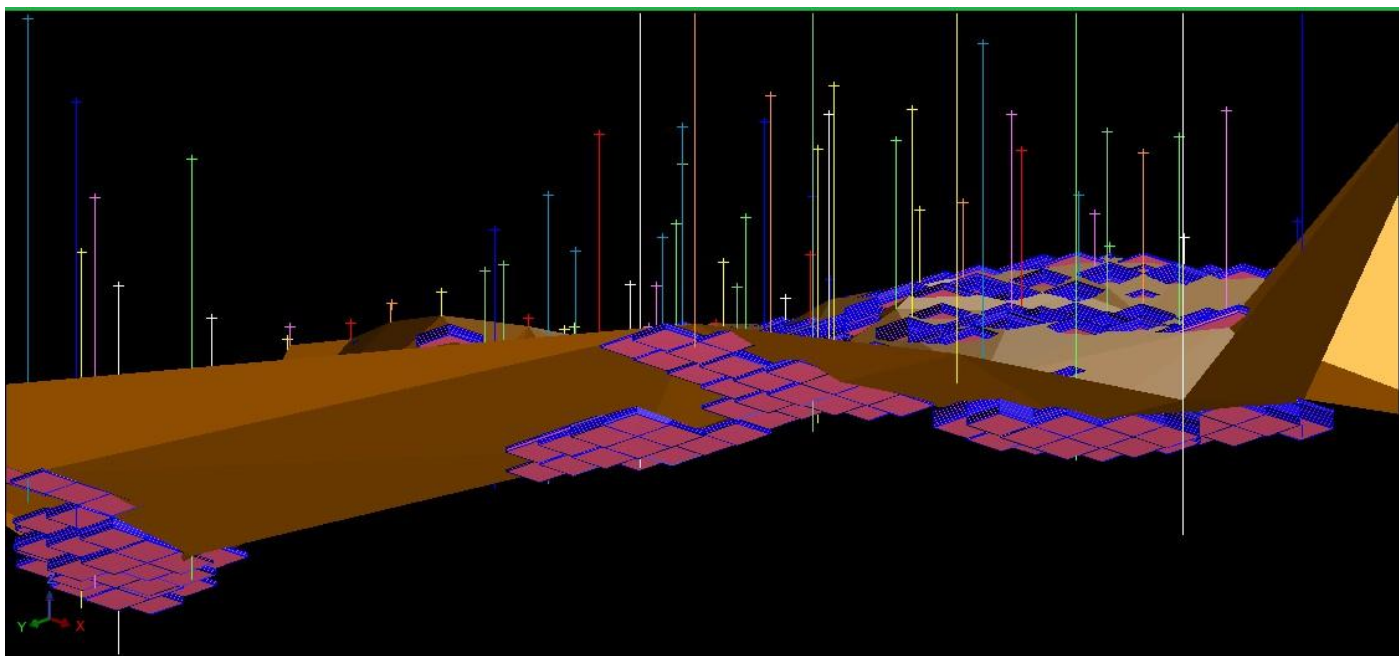
Γενικά, δίνεται η δυνατότητα να οριστεί όποια διαβάθμιση επιθυμούμε στο πεδίο Ranges for colour selection. Για τον προσδιορισμό των διαβαθμίσεων απαιτούνται 3 τιμές. Η πρώτη αναφέρεται στην

κατώτερη τιμή και η δεύτερη στην ανώτερη τιμή της παραμέτρου, ενώ η τρίτη αφορά στο βήμα της διαβάθμισης. Οι 3 τιμές οι οποίες δόθηκαν ήταν 0.5, 1.5 και 0.1 αντίστοιχα. (εικόνα 6.48)

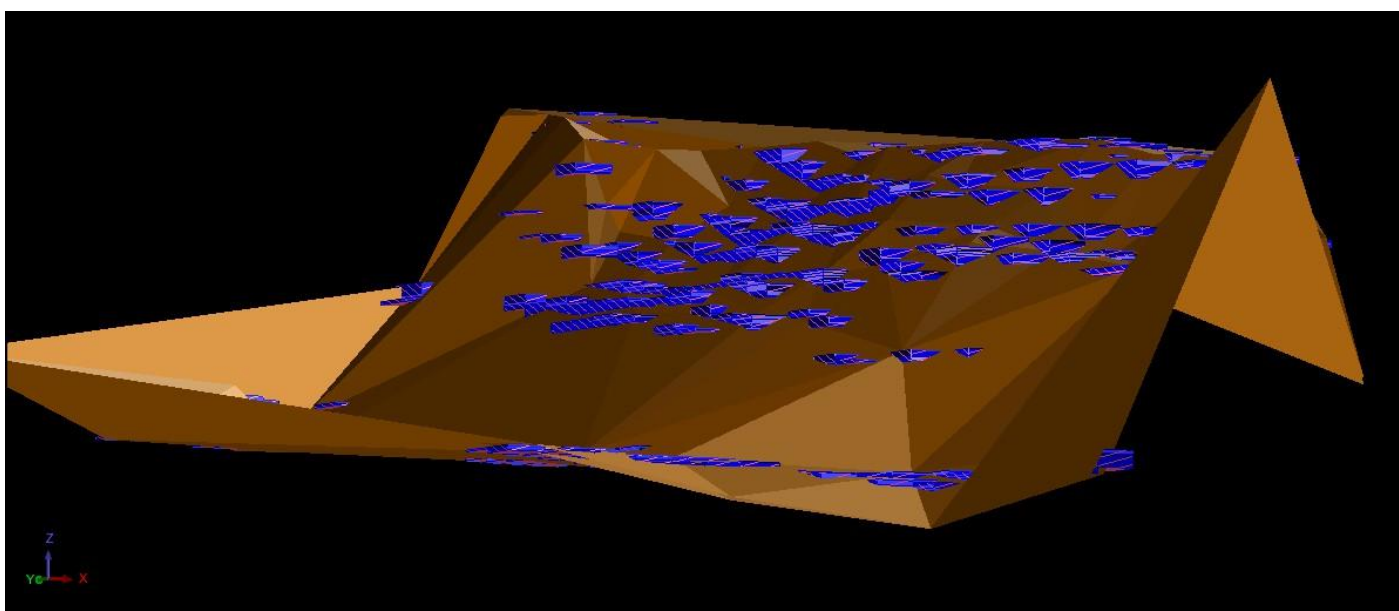


Εικόνα 6.44. Διαμόρφωση των διαβαθμίσεων στις τιμές του νικελίου

Επιπλέον, παρουσιάζεται και η εικόνα του μοντέλου με την οροφή και το δάπεδο που έχουμε δημιουργήσει.

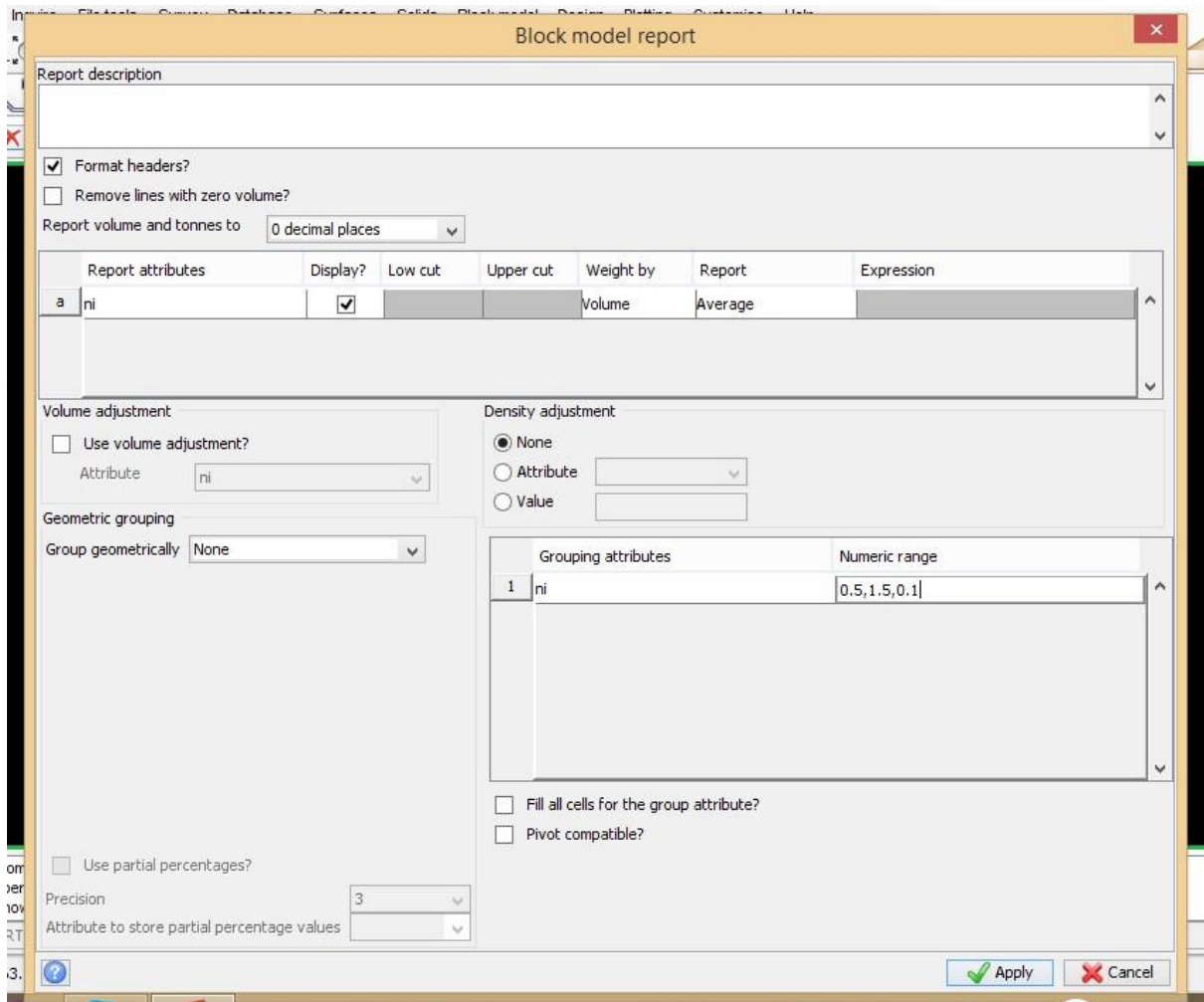


Εικόνα 6.45. Παρουσίαση του μοντέλου με την οροφή του κοιτάσματος και τις γεωτρήσεις



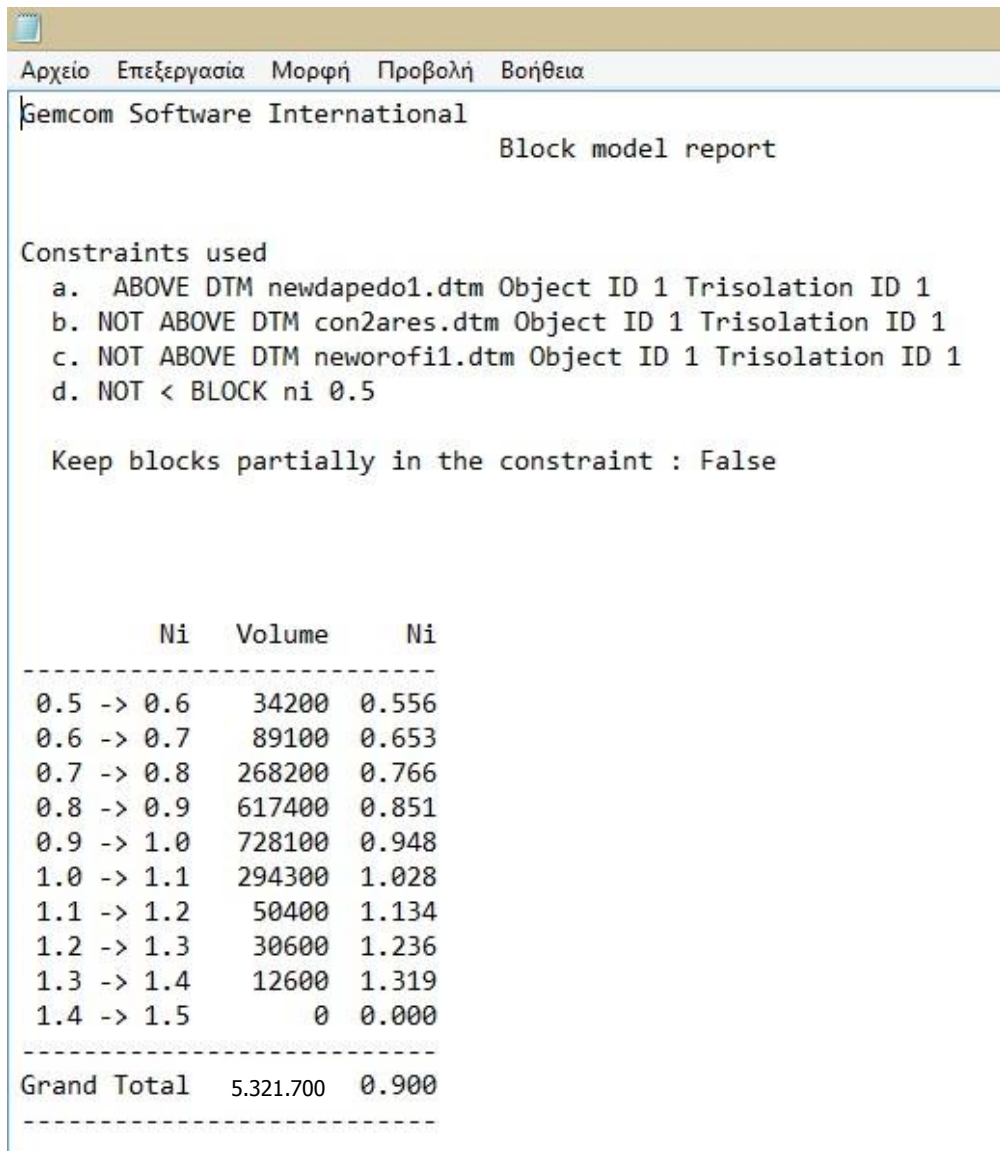
Εικόνα 6.46. Παρουσίαση του μοντέλου με το δάπεδο του κοιτάσματος

Όπως αναφέρθηκε, το κάθε block του μοντέλου έχει λάβει μια μοναδική τιμή σε σχέση με την περιεκτικότητα της παραμέτρου η οποία ορίστηκε. Για να εξαχθεί η πληροφορία σχετικά με την κατανομή των περιεκτικότητων στο μοντέλο και να καθοριστούν τα αποθέματα του κοιτάσματος δημιουργήθηκε η αναφορά του μοντέλου με την εντολή `Block model -> Report`. Προκειμένου η αναφορά να είναι ακριβής απαιτείται να εισαχθούν κάθε φορά οι αντίστοιχοι περιορισμοί που τέθηκαν στο μοντέλο.



Εικόνα 6.47. Διαμόρφωση της αναφοράς του μοντέλου

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η αναφορά για το μοντέλο με βάση τις παραμέτρους που ορίστηκαν. Η πρώτη στήλη δίνει τη διαβάθμιση για την οποία γίνεται η ανάλυση, η δεύτερη στήλη τον όγκο του υλικού που εμφανίζει τη συγκεκριμένη διαβάθμιση και η τρίτη τη μέση περιεκτικότητα νικελίου για τη συγκεκριμένη διαβάθμιση.



Εικόνα 6.48. Αναφορά του μοντέλου με τον όγκο και τη μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο

6.6 Δημιουργία ορίων Εκσκαφής

6.6.1 Μεθοδολογία δημιουργίας ορίων εκσκαφής μέσα από το πρόγραμμα Surpac

Η οριοθέτηση της συνολικής εκσκαφής είναι μία διαδικασία κομβικής σημασίας για το σχεδιασμό μίας υπαίθριας εκμετάλλευσης καθώς, αρχικά επιτρέπει με μεγαλύτερη ακρίβεια τον υπολογισμό της σχέσης εκμετάλλευσης με την οποία θα εργαστούμε και έπειτα διευκολύνεται η διαδικασία του επερχόμενου σχεδιασμού,

Για τη δημιουργία των ορίων εκσκαφής υπάρχουν δύο τρόποι βάση των οποίων ο χρήστης μπορεί να εργαστεί. Πρώτον, με την εισαγωγή των συντεταγμένων του χώρου παραχώρησης και δεύτερον, με τη χάραξη του ορίου σημείο το σημείο βάση του μοντέλου των blocks που έχει δημιουργηθεί. Στην παρούσα εργασία, επιλέξαμε να εργαστούμε με το δεύτερο τρόπο, προκειμένου να υπάρξει ένα πιο

ακριβές αποτέλεσμα σε σχέση με τον προσδιορισμό του βαθμού απόληψης. Η εταιρία διαθέτει έναν χώρο παραχώρησης εκατομμυρίων στρεμμάτων, ο οποίος εύλογα της επιτρέπει να είναι πιο ευέλικτη όσον αφορά την απόληψη κάθε κοιτάσματος. Στην εργασία, επιλέχθηκε η διαμόρφωση τριών διαφορετικών ορίων εκσκαφής από τα οποία, με κριτήριο τη σχέση εκμετάλλευσης που προκύπτει, να καταλήξουμε στο βέλτιστο όριο για τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης.

Τα τρία όρια, στην εργασία, θα παρουσιαστούν ξεχωριστά, προκειμένου να αναλυθεί το σκεπτικό με το οποίο εργαστήκαμε για το καθένα. Αρχικά, ωστόσο, θα περιγραφεί αναλυτικά η κοινή διαδικασία δημιουργίας των ορίων, όπως προέκυψε από τις εντολές του SURPAC.

6.6.2 Εμφάνιση των blocks με νικέλιο $\geq 0,5$

Αρχικά, επιλέχθηκε το μοντέλο να εμφανίζεται με μοναδικό περιορισμό τα blocks με νικέλιο μεγαλύτερο του 0,5 (display -> new constrains -> blocks $\geq 0,5$). Έπειτα, δημιουργήθηκε από το μενού create -> new point, ένας πυθμένα του ορίου, ο οποίος βρίσκεται στο κατώτερο επίπεδο (το κατώτερο επίπεδο τροποποιήθηκε σε κάθε όριο, βάση δοκιμών.) Επομένως, με την εντολή view attributes for one block αναζητείται το εκάστοτε κατώτερο υψόμετρο και εισάγεται ως Z στην εντολή create -> digitize -> properties.

6.6.3 Δημιουργία ανώτερου ορίου και πυθμένα της σκάφης

Έπειτα, λαμβάνοντας υπόψη πως η εταιρία δουλεύει με 52° ως κλίση πρανούς στις σκάφες τις οποίες δημιουργεί, εργαστήκαμε ανάλογα, δημιουργώντας το ανώτερο όριο της σκάφης. Η πρώτη διαδικασία πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα, σημείο το σημείο, ενώ για το δεύτερο σκέλος το surpac παρέχει τη δυνατότητα μίας πιο αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Από το μενού design επιλέχθηκε ο πυθμένας να προεκταθεί προς τα πάνω, με κλίση τις 52° με την εντολή pit design -> set slope gradient και να προσαρμοστεί στο φυσικό ανάγλυφο με την εντολή expand segment -> to DTM surface.

6.6.4 Ομογενοποίηση της σκάφης

Σε αυτό το στάδιο είναι απαραίτητο να ομογενοποιηθεί η σκάφη, δημιουργώντας ένα αρχείο .dtm, προκειμένου να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος των στειρών και ο συνολικός όγκος του μεταλλεύματος που περικλείονται στη σκάφη, για να υπολογιστεί έπειτα, η σχέση εκμετάλλευσης. Από το μενού εντολών solids επιλέχθηκαν οι εντολές triangulate between segments και inside segment και επιλέγοντας τα δύο segments δημιουργήθηκε η σκάφη.

6.6.5 Εξαγωγή αναφορών για την κάθε σκάφη

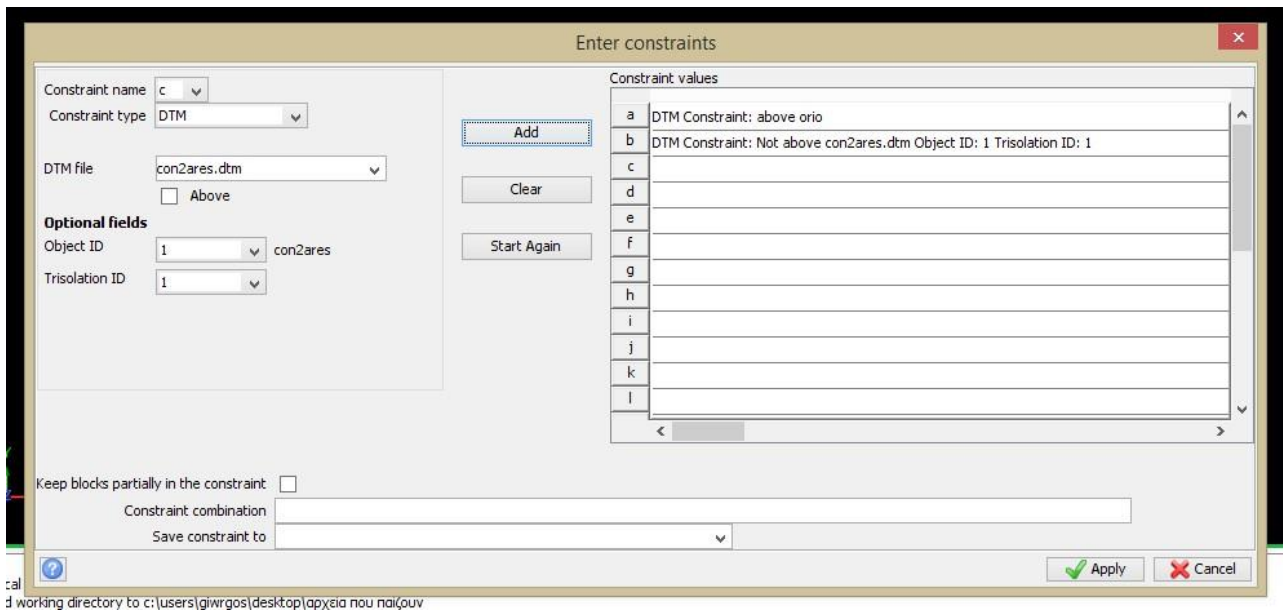
Προκειμένου να υπολογιστεί η σχέση εκμετάλλευσης απαιτούνται δύο report, τα οποία θα εξαχθούν σε αρχείο notepad από το μενού του block model και την εντολή report. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέχθηκε οι αναφορές να δώσουν την ογκομέτρηση μίας διαβάθμισης του νικελίου από -99 έως 0,5 και από 0,5 έως 1,5.

Report attributes	Display?	Low cut	Upper cut	Weight by	Report	Expression
a	<input checked="" type="checkbox"/>			Volume	Average	

Grouping attributes	Numeric range	
1	ni	-99;0.5;1.5

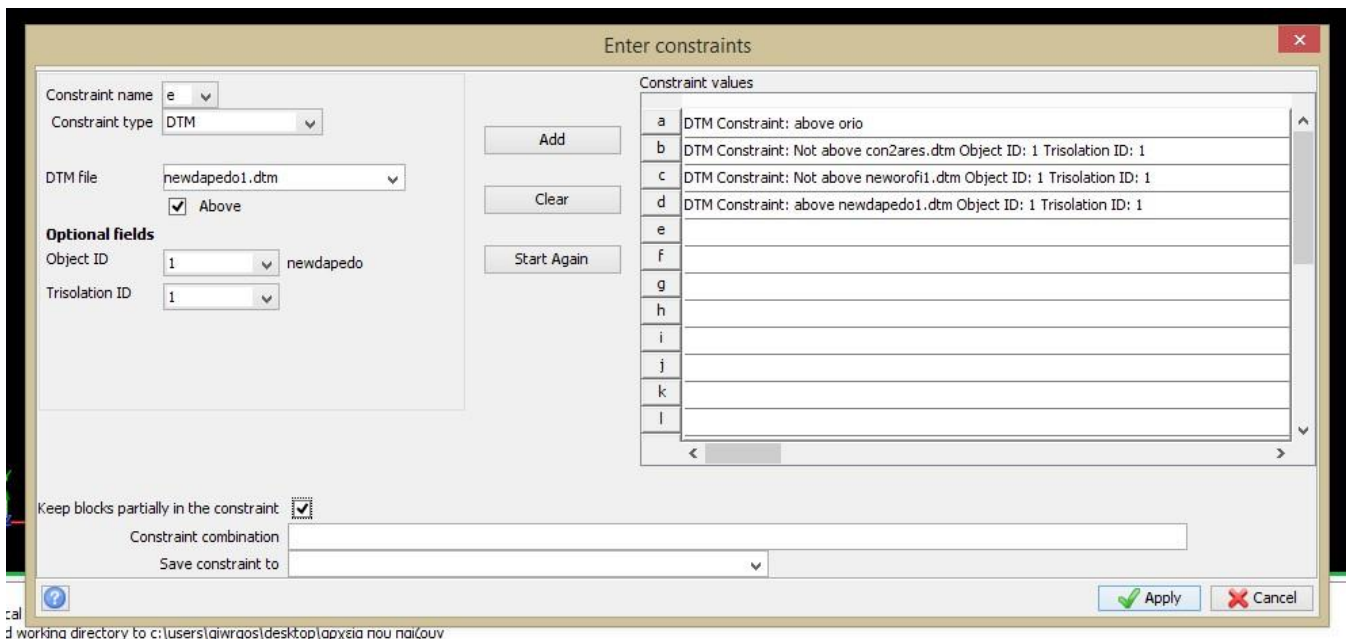
Εικόνα 6.49. δημιουργία αναφοράς για τη σκάφη

Το πρώτο αρχείο notepad εμφανίζει στοιχεία για το συνολικό όγκο υλικού της σκάφης και δημιουργήθηκε δίνοντας δύο περιορισμούς. Πρώτον, η αναφορά να εμφανίζει τον όγκο υλικού που τοποθετείται πάνω από τον πυθμένα της σκάφης, και παράλληλα τον όγκο που τοποθετείται κάτω από το τοπογραφικό ανάγλυφο (con2ares.dtm). (Εικόνα 7.54)



Εικόνα 6.50. Ορισμός παραμέτρων για την εξαγωγή της πρώτης αναφοράς

Το δεύτερο αρχείο ποτεpad αφορά στον όγκο του μεταλλεύματος. Οι περιορισμοί ,επομένως, που εισήχθησαν για το δεύτερο report είναι να εμφανίσει τον όγκο πάνω από τον πυθμένα της σκάφης, ο οποίος θα βρίσκεται μέσα στη διαμορφωμένη περιοχή οροφή – δάπεδο (neworofi-newdapedo) και παράλληλα, κάτω από το τοπογραφικό ανάγλυφο (con2ares.dtm). (Εικόνα 6.55)



Εικόνα 6.51. Ορισμός παραμέτρων για την εξαγωγή της δεύτερης αναφοράς

6.6.6 Παρουσίαση των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν

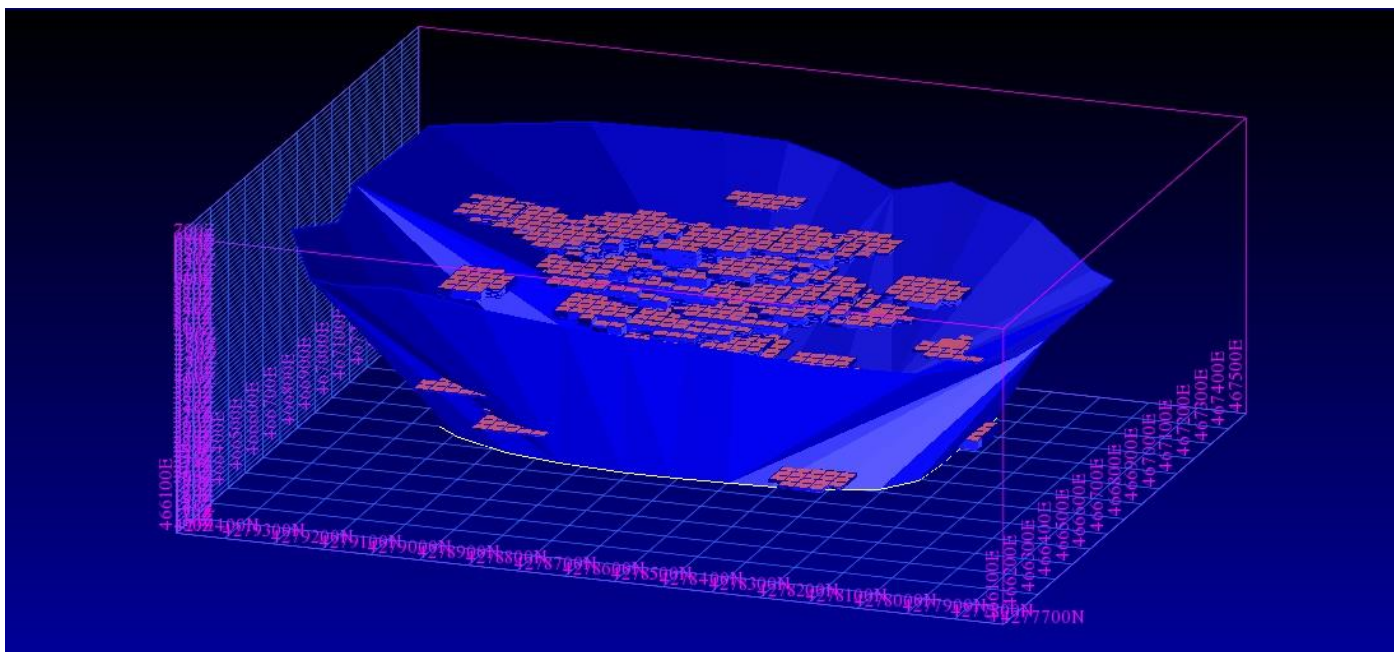
6.6.6.1 Πρώτο όριο εκσκαφής

Κατά τη δημιουργία του πρώτου ορίου επιχειρήθηκε να συμπεριληφθεί όλο το κοίτασμα στη σκάφη ώστε, να εξαχθεί ένα συμπέρασμα για το αν είναι οικονομικά συμφέρουσα η απόληψη όλου του κοιτάσματος. Έτσι, διαμορφώθηκε σε πρώτο επίπεδο το όριο με το οποίο θα υπήρχε η δυνατότητα να γίνει πλήρης εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Ως κατώτερο υψόμετρο, στην περίπτωση αυτή, εισηχθησαν τα 198 m, όπου είναι το χαμηλότερο υψόμετρο στο οποίο βρέθηκε μετάλλευμα με νικέλιο μεγαλύτερο από 0,5.

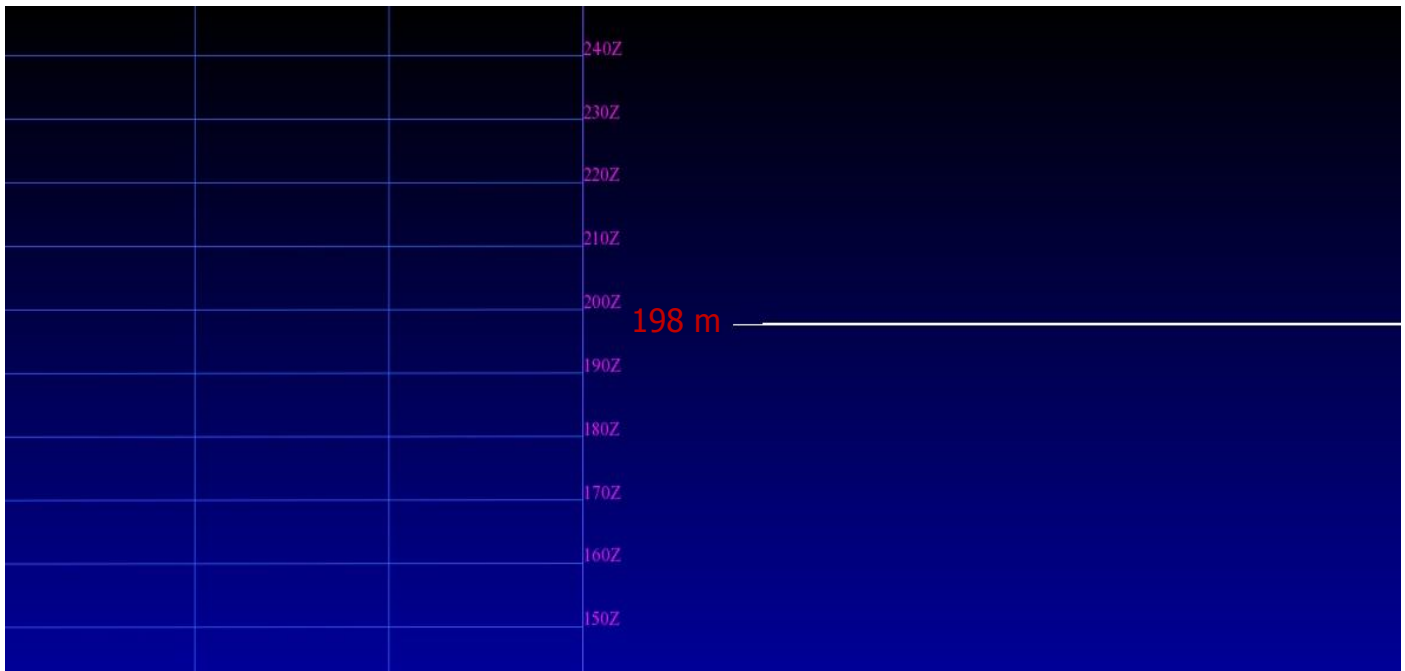
Η διαδικασία δημιουργίας της σκάφης περιεγράφηκε παραπάνω και οι δύο αναφορές έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα, τα οποία εμφανίζονται και στον πίνακα 7.5 των επόμενων σελίδων

Συνολικός όγκος σκάφης: $249.558.300 \text{ m}^3$

Όγκος μεταλλεύματος: $5.227.200 \text{ m}^3$



Εικόνα 6.52. 1^ο όριο εκσκαφής



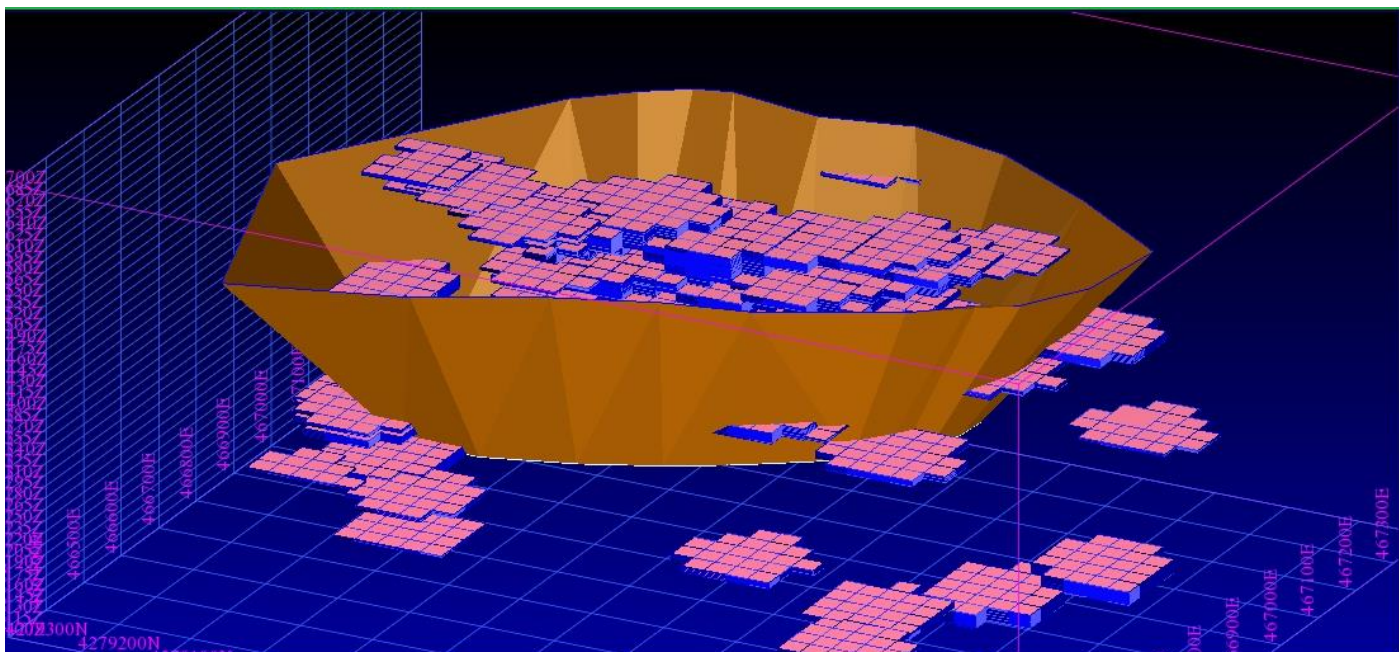
Εικόνα 6.53. Πυθμένας 1^{ου} ορίου εκσκαφής στο υψόμετρο των 198 m

6.6.6.2 Δεύτερο όριο εκσκαφής

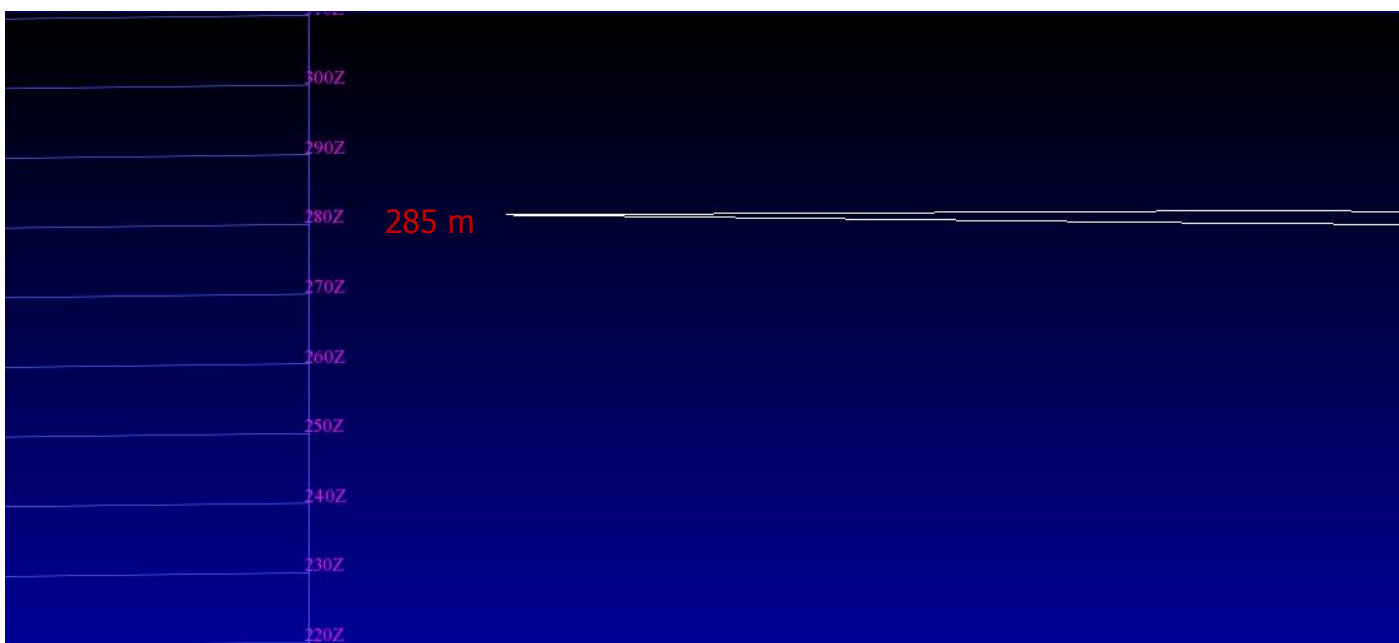
Παρατηρώντας το κοίτασμα διαπιστώθηκε πως μεταξύ των 198 m και των 285 m υπάρχει ένας μεγάλος όγκος αγόνων, η απόληψη των οποίων δίνει μία αρκετά μεγάλη σχέση εκμετάλλευσης, λόγω του μικρότερου όγκου μεταλλεύματος, μέσα σε αυτήν την υψομετρική διαφορά. Για το λόγο αυτό, στο δεύτερο όριο ο πυθμένας διαμορφώθηκε στο υψόμετρο των 285 m, με αποτέλεσμα, ο συνολικός όγκος σκάφης να μειωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η σχέση εκμετάλλευσης όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.5 έχει μειωθεί κατά πολύ, δηλαδή 11,44 tn/tn, παρά το γεγονός πως για την τελική σκάφη υπάρχει περιθώριο βελτιστοποίησης. Η βελτιστοποίηση αυτή θα πραγματοποιηθεί στα επόμενα βήματα

Συνολικός όγκος σκάφης: $45.787.500 \text{ m}^3$

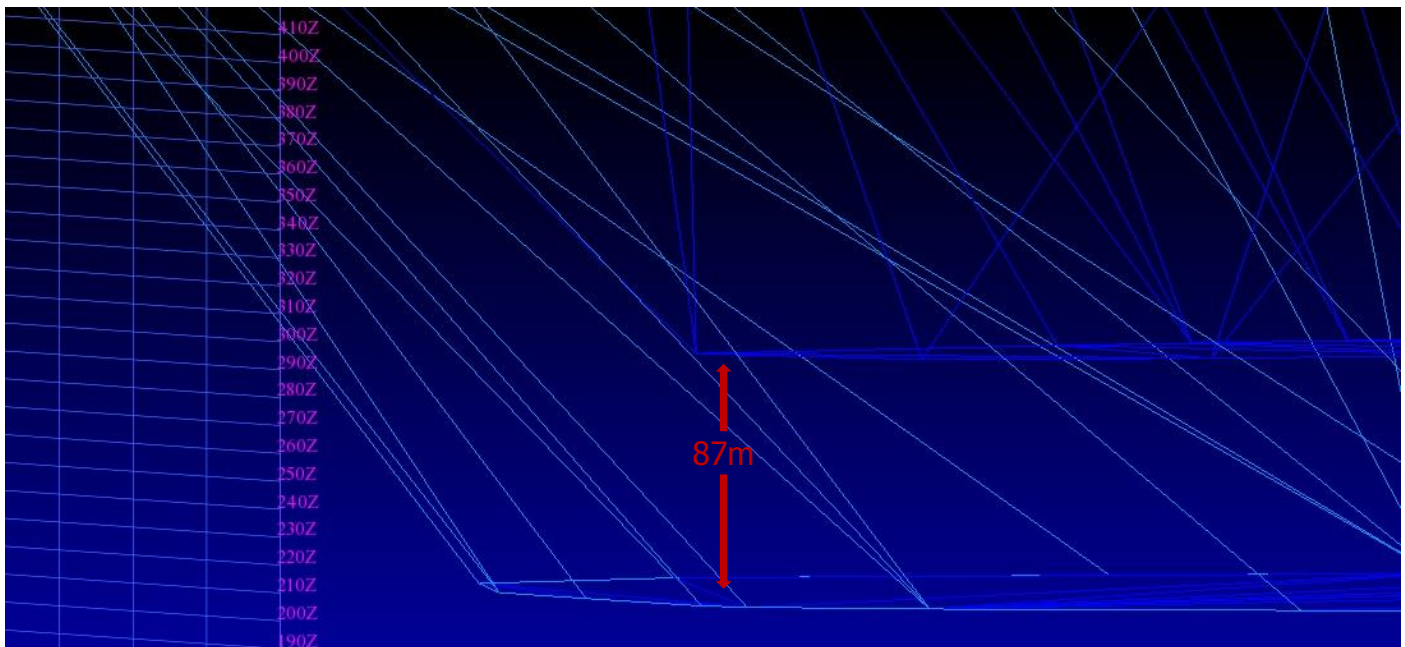
Όγκος μεταλλεύματος: $3.106.800 \text{ m}^3$



Εικόνα 6.54. 2^ο όριο εκσκαφής



Εικόνα 6.55. Πυθμένας 2^{ου} ορίου εκσκαφής στα 285 m υψόμετρο



Εικόνα 6.56. Υψομετρική διαφορά μεταξύ πρώτου και δεύτερου ορίου

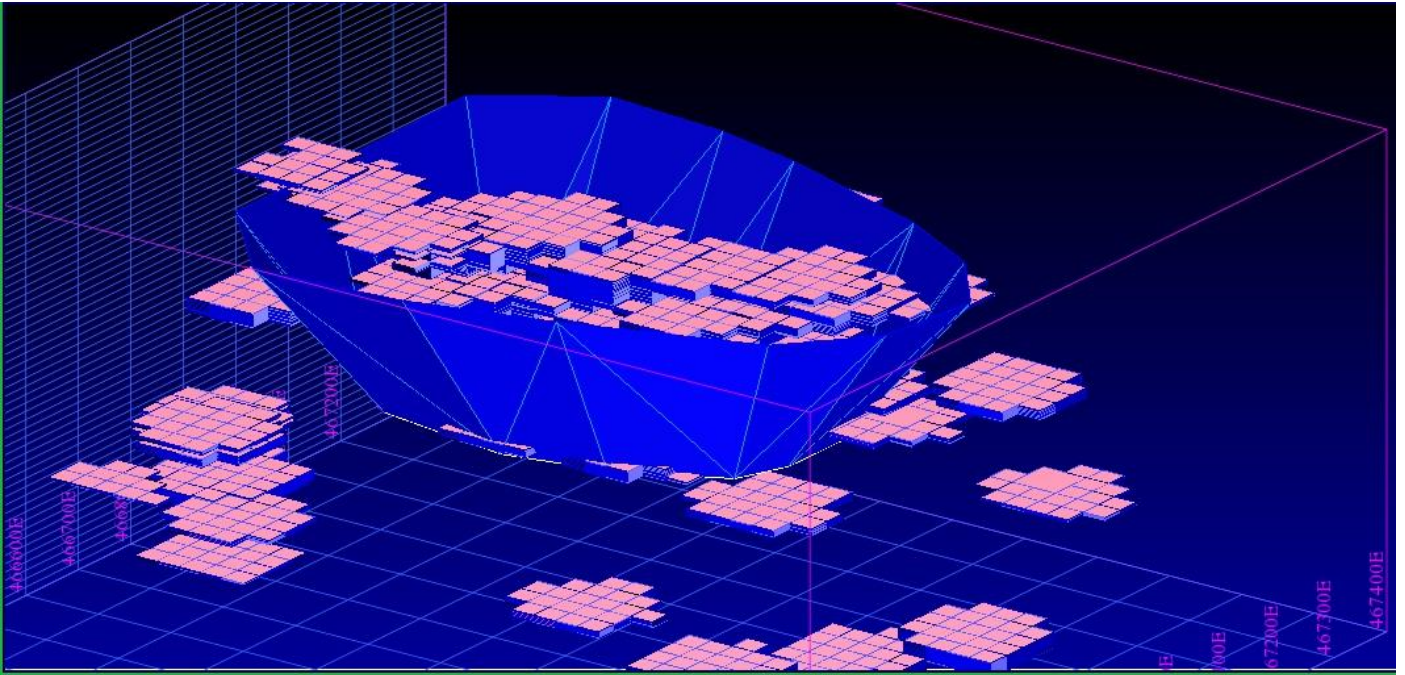
6.6.6.3 Τρίτο όριο εκσκαφής

Η δημιουργία του τρίτου ορίου αποτέλεσε απλούστερη διαδικασία καθώς, ήδη από τα δύο προηγούμενα όρια είχε περιοριστεί ο πυθμένας. Το ύψος του καθορίστηκε στο υψόμετρο των 350 m. Ο πυθμένας αυτός διαμορφώθηκε σημείο το σημείο περιμετρικά του κοιτάσματος μετά από ένα πλήθος δοκιμών.

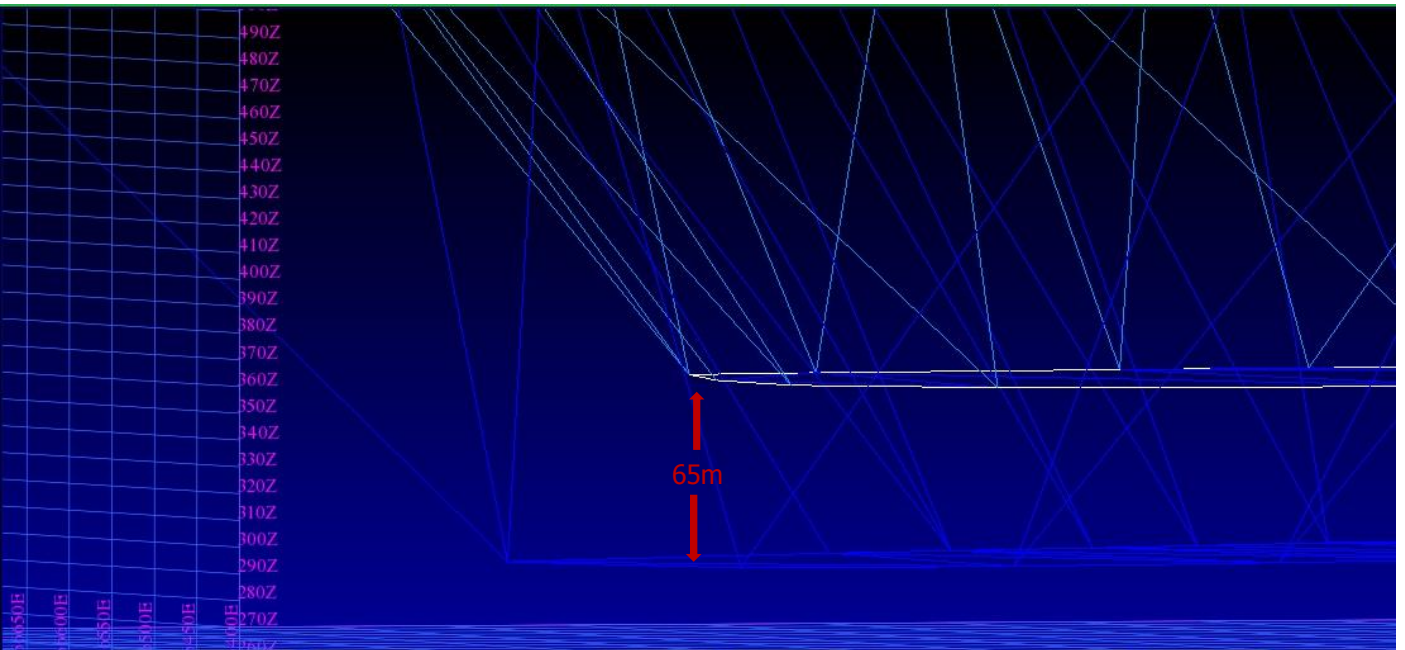
Συνολικός όγκος σκάφης: $63.693.000 \text{ m}^3$

Όγκος μεταλλεύματος: $3.414.600 \text{ m}^3$

Αξιοποιώντας την εκτίμηση του όγκου του πέμπτου μοντέλου και τις σχέσεις εκμετάλλευσης που προέκυψαν από τα τρία όρια καταλήξαμε στο τρίτο όριο ως το τελικό όριο εκσκαφής, βάση του οποίου θα ακολουθήσει ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης. Ωστόσο, η δεύτερη σκάφη έδωσε μία εξίσου καλή σχέση εκμετάλλευσης. Παρ' όλα αυτά, λόγω ορθολογικής αξιοποίησης του κοιτάσματος επιλέχθηκε η τρίτη σκάφη, καθώς στη δεύτερη μειώνεται αρκετά ο όγκος του χρήσιμου υλικού.



Εικόνα 6.57. Τελικό όριο εκσκαφής.



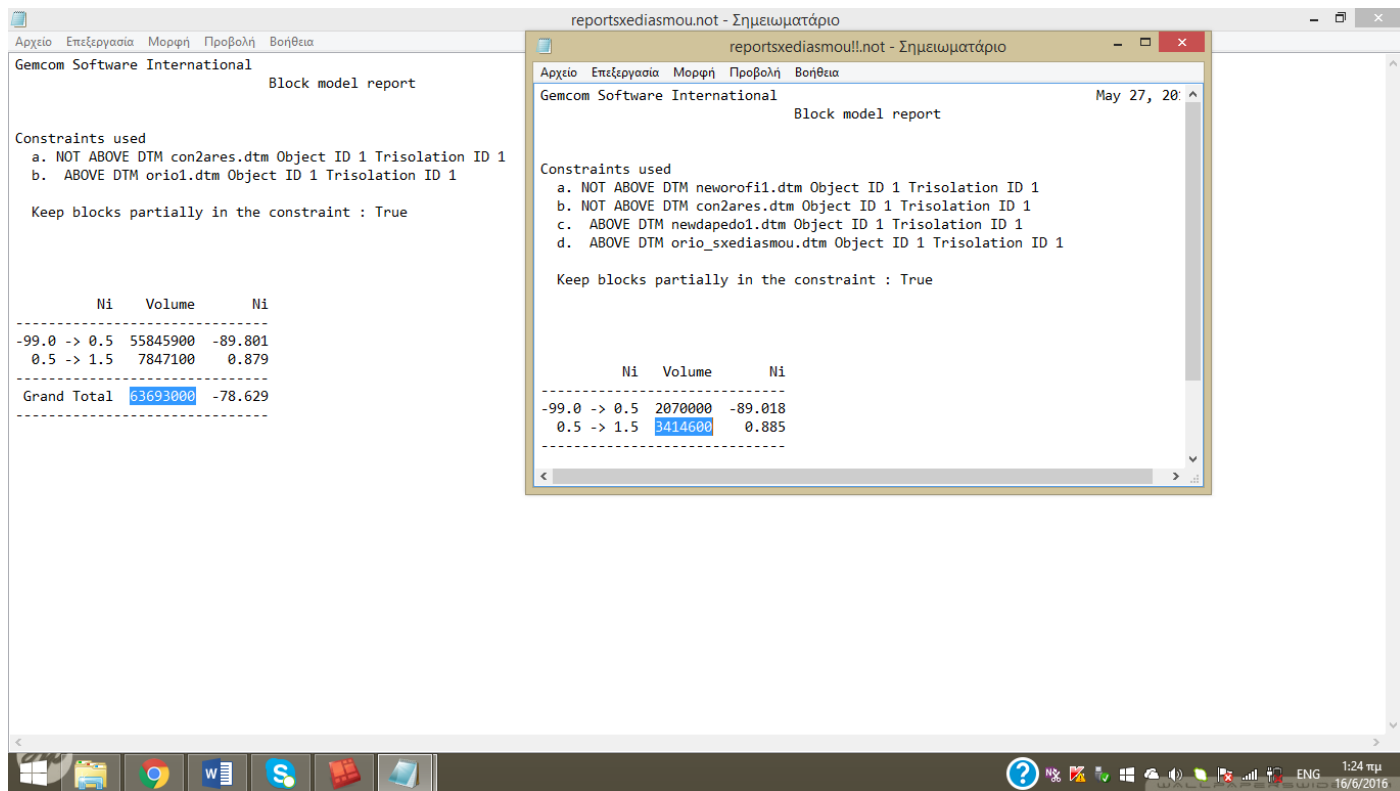
Εικόνα 6.58. Υψομετρική διαφορά μεταξύ δεύτερου και τελικού ορίου εκσκαφής

Παρακάτω, (Πίνακας 6.5) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναφορών των τριών ορίων αναλυτικά σε κυβικά μέτρα και σε τόνους.

Πίνακας 6.5. Αναφορές των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν

Ονομασία αναφορών	Συνολικός όγκος σκάφης (m ³)	Συνολικός όγκος στειρών (m ³)	Συνολική μάζα στειρών (tn)	Συνολικός όγκος μεταλ/τος (m ³)	Συνολική μάζα μεταλ/τος (tn)	Σ.Ε.*
Αναφορά 1^{ου} ορίου εκσκαφής	249.558.300	244.331.100	671.910.525	5.227.200	17.406.576	38,60
Αναφορά 2^{ου} ορίου εκσκαφής	45.778.500	42.680.700	117.371.925	3.106.800	10.252.440	11,44
Αναφορά 3^{ου} ορίου εκσκαφής	63.693.000	60.278.400	165.765.600	3.414.600	11.268.180	14,71

* Σχέση εκμετάλλευσης εκφρασμένη σε tn/tn



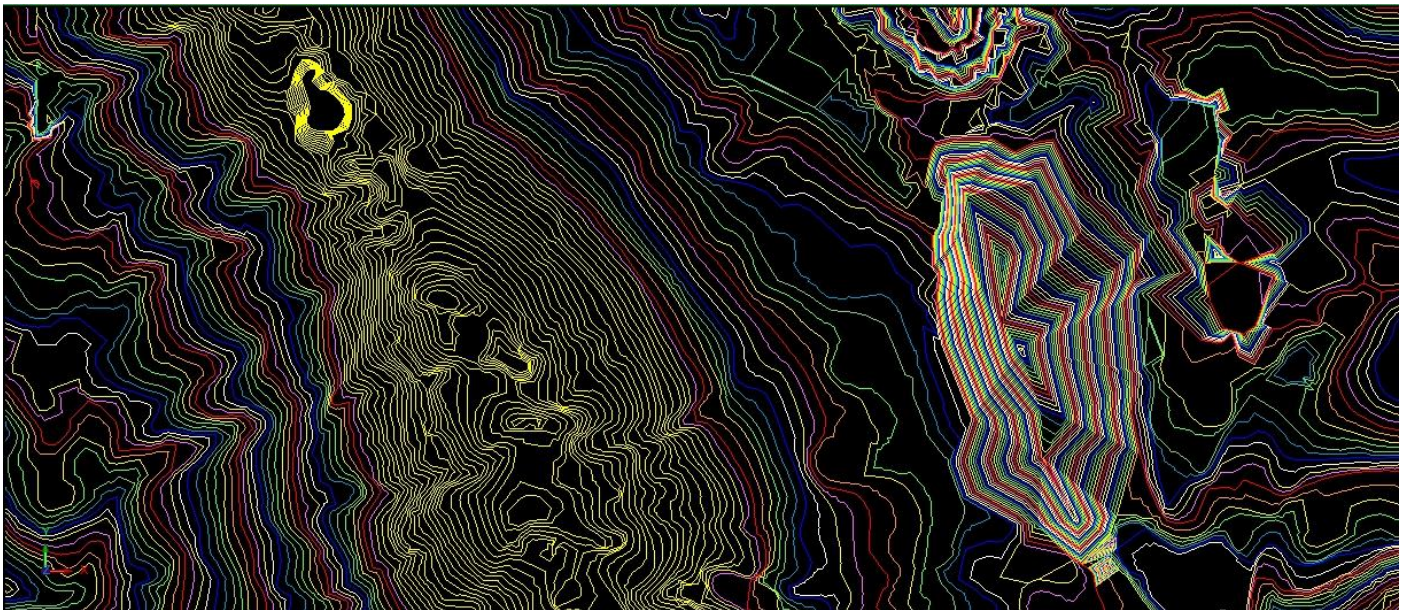
Εικόνα 6.59. Αναφορά μεταλλεύματος και στειρού του τελικού ορίου με το οποίο θα προχωρήσουμε στο σχεδιασμό, σε αρχείο notepad

6.7 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης

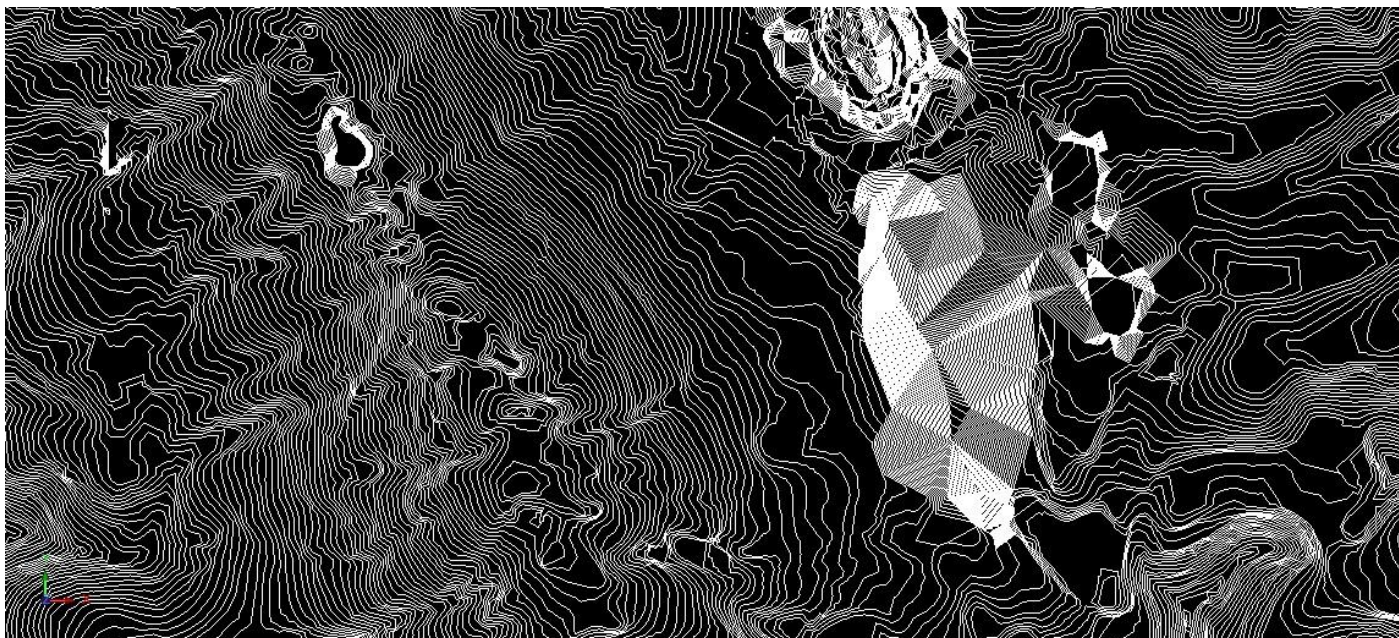
Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης πραγματοποιήθηκε μέσα από το SURPAC και αποτελεί το τελευταίο στάδιο της μοντελοποίησης. Όλες οι εντολές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο του σχεδιασμού βρίσκονται στο μενού εντολών design και create.

Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης με βάση τη μελέτη της εταιρίας, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις γεωλογικές συνθήκες πραγματοποιήθηκε με βαθμίδες ύψους 15m, πλάτους 8m και κλίση μετώπου τις 76°.

Αρχικά, θα περιγραφούν τα στάδια του σχεδιασμού, όπως διαμορφώθηκαν μέσα από το πρόγραμμα. Απαραίτητο βήμα είναι η φόρτωση του αρχικού, τοπογραφικού αναγλύφου. Σε προηγούμενο στάδιο, έχει μετατραπεί σε string file. Το αρχείο con2ares.str εμφανίζει ανά δύο μέτρα ισοϋψείς. Προς διευκόλυνση του σχεδιασμού δημιουργήθηκε και ένα αρχείο με το ανάγλυφο σε ασπρόμαυρο χρώμα όπως φαίνεται στην εικόνα 6.61

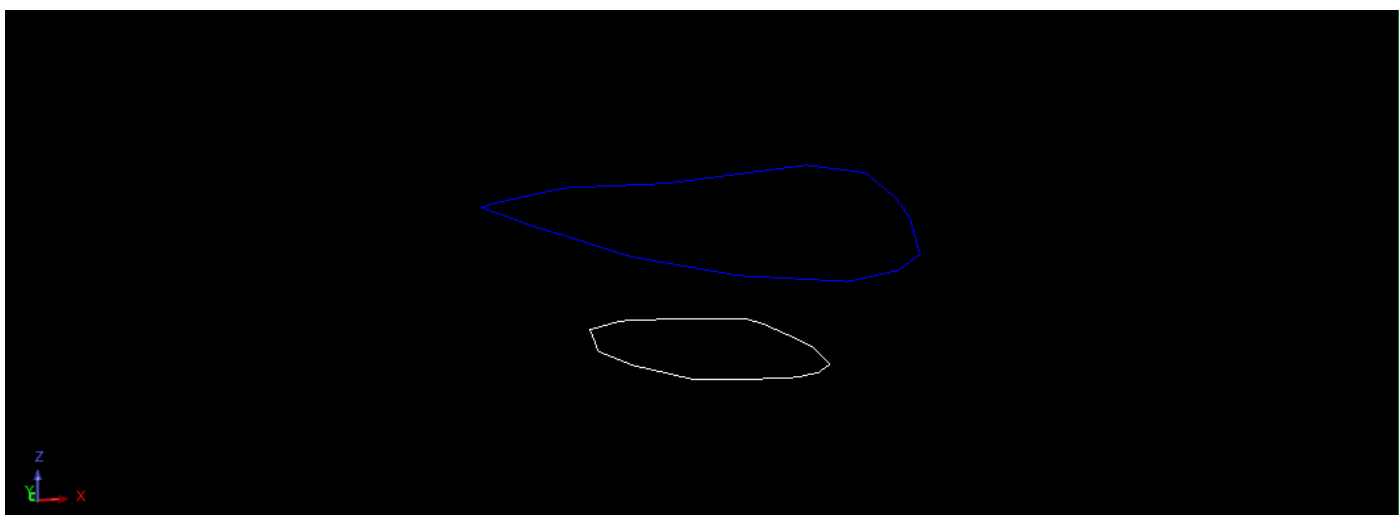


Εικόνα 6.60. Τοπογραφικό ανάγλυφο με ισοϋψείς ανά δύο μέτρα

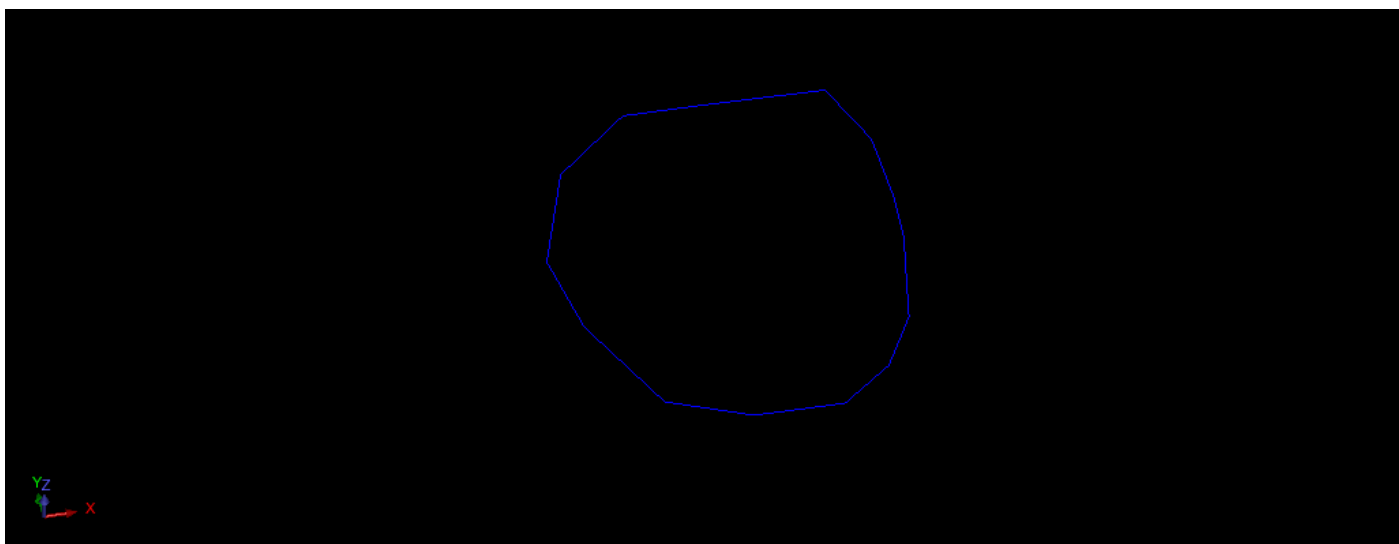


Εικόνα 6.61. Τοπογραφικό ανάγλυφο σε ασπρόμαυρο χρώμα με ισοϋψείς ανά δύο μέτρα

Στο επόμενο βήμα απαιτείται η επαναφορά του ορίου στην επιφάνεια εργασίας, όπως διαμορφώθηκε και επιλέχθηκε στο προηγούμενο στάδιο. Το αρχείο είναι το `oriosxediasμου.str` και επιλέχθηκε να εμφανίζεται στην οθόνη μόνο η ανώτερη περίμετρος της σκάφης και όχι ο πυθμένας, έτσι ώστε να διευκολυνθεί ο σχεδιασμός.

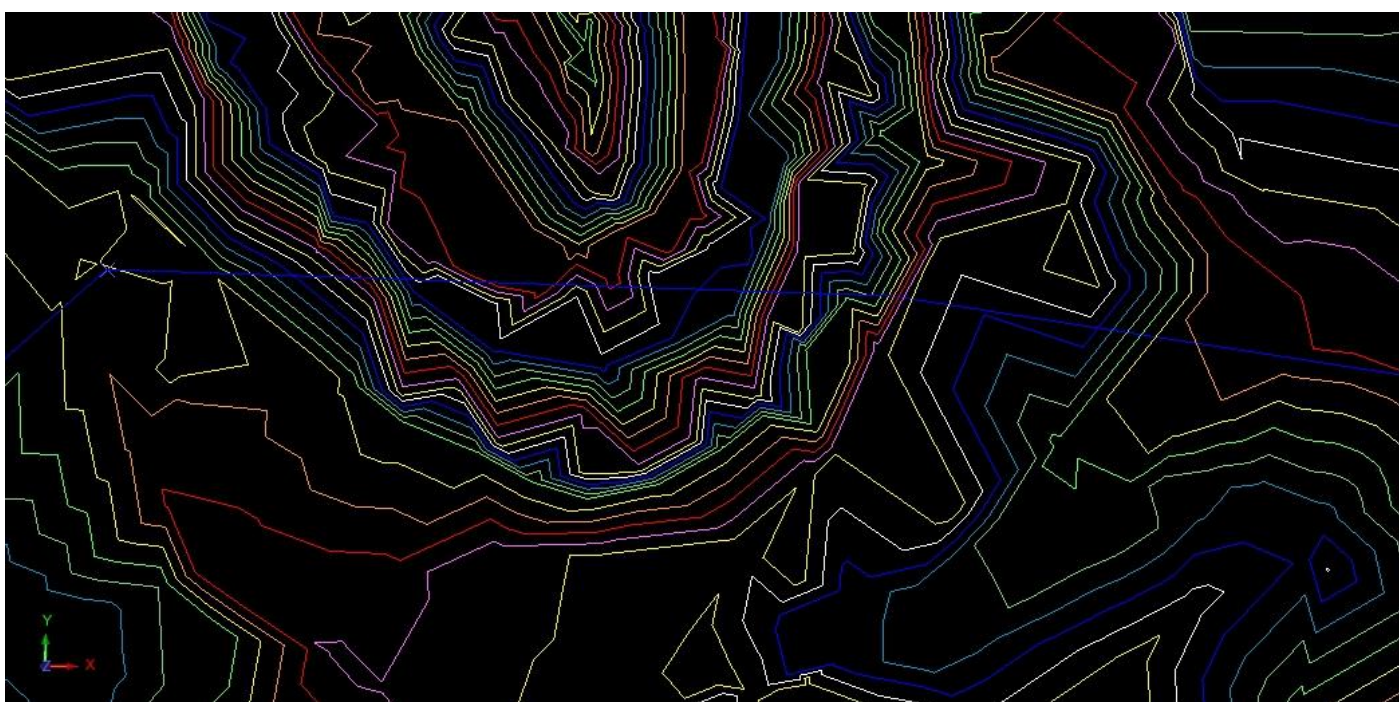


Εικόνα 6.62. Όριο σχεδιασμού, ανώτερο όριο και πυθμένας



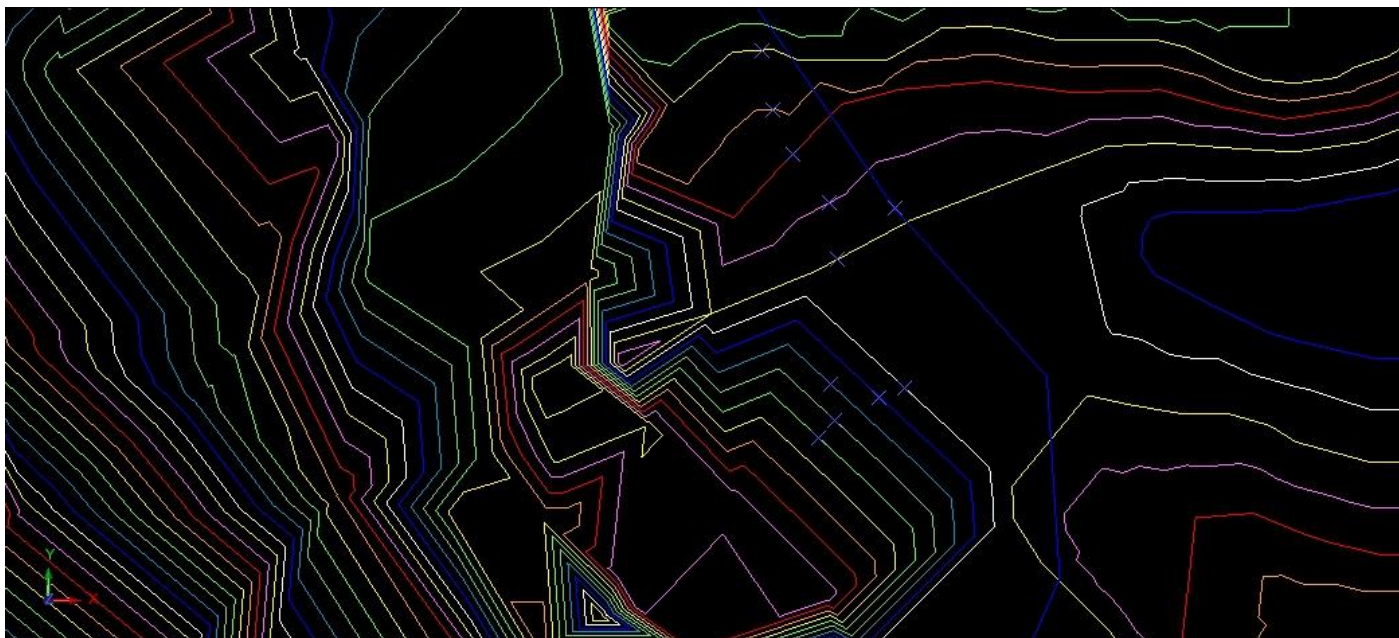
Εικόνα 6.63. Ανώτερο όριο της σκάφης

Όπως προαναφέρθηκε το βέλτιστο όριο επιλέχθηκε με κριτήριο την ιδανικότερη σχέση εκμετάλλευσης που προέκυψε. Ωστόσο, σε αυτό το βήμα, για τις ανάγκες του σχεδιασμού χρειάστηκε να αναδιαμορφωθεί το όριο σε δύο σημεία. Όπως φαίνεται στη βόρεια πλευρά της σκάφης (μπλε χρώμα) (Εικόνα 6.64) συναντάται προηγούμενη εκσκαφή, επομένως για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού χρειάστηκε να γίνει μία ομαλή διόρθωση των πρανών.



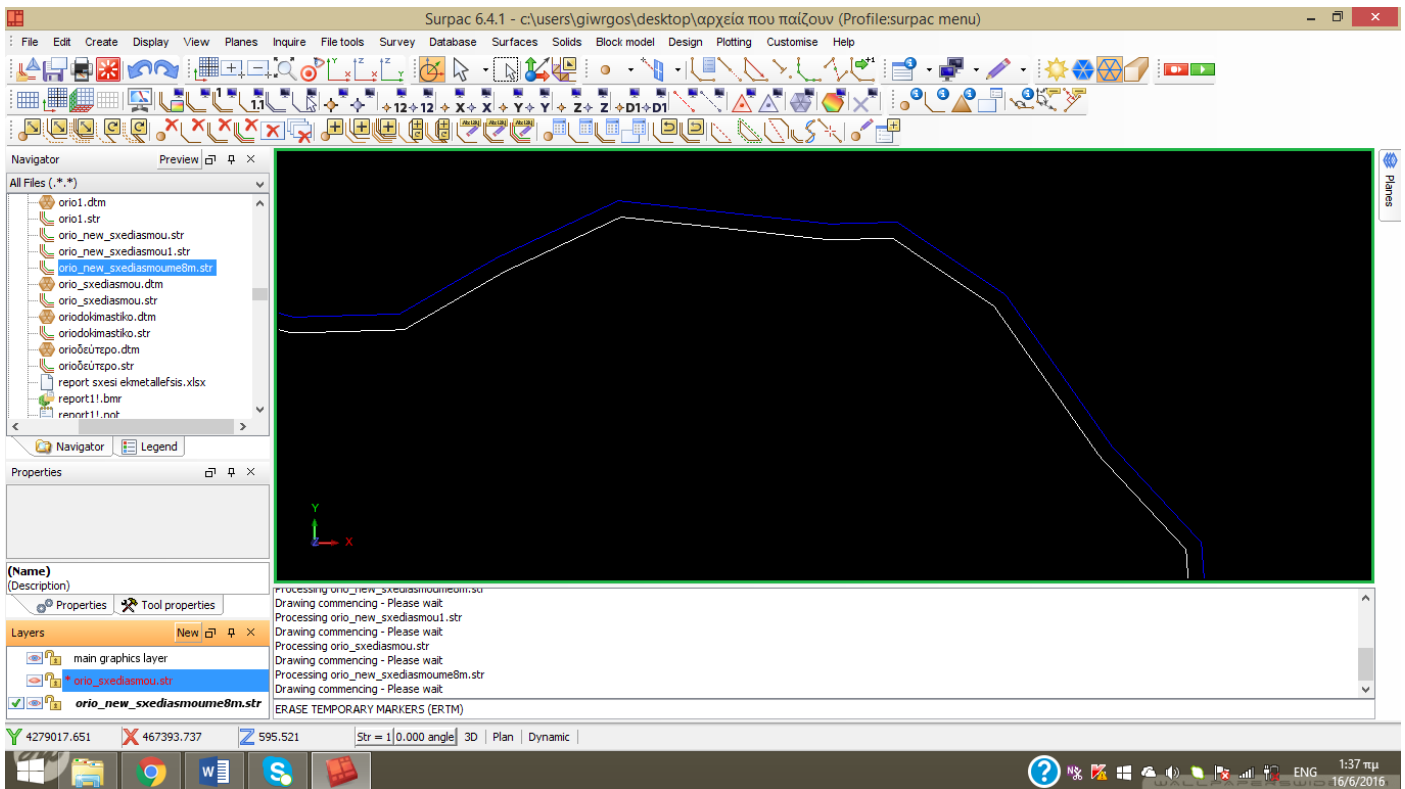
Εικόνα 6.64. Βόρειο τμήμα εκσκαφής και αναδιαμόρφωση του ορίου

Επιπλέον, στη βορειοανατολική πλευρά το όριο επεκτάθηκε ελάχιστα προς τα έξω για τις ανάγκες του σχεδιασμού, για λόγους ασφάλειας και ευστάθειας.



Εικόνα 6.65. Βορειοανατολική πλευρά της εκσκαφής και αναδιαμόρφωση του ορίου

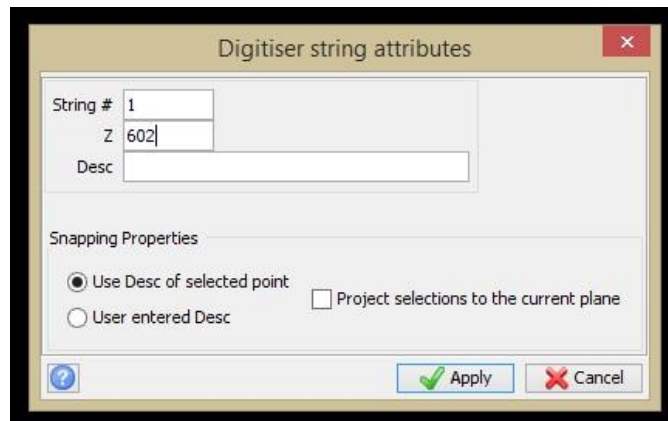
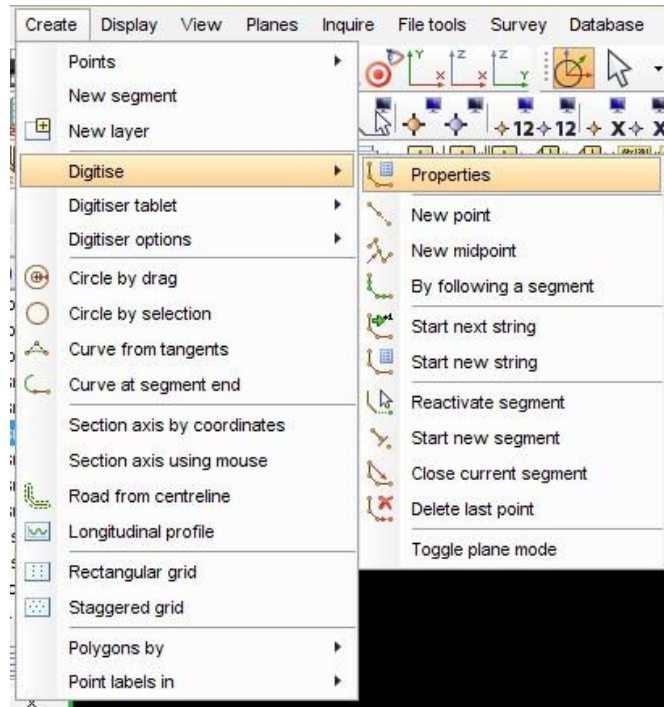
Στο σημείο αυτό, δημιουργήθηκε μία περιμετρική ζώνη πλάτους 8m, από την οποία θα ξεκινήσει η εκμετάλλευση. Η διαδικασία αυτή αποτελεί κομμάτι της ασφάλειας και είναι απαραίτητη σε κάθε σχεδιασμό υπαίθριας εκμετάλλευσης. Για τη δημιουργία της ζώνης, ανατρέχουμε στο μενού design στην εντολή `expand segment` → `by berm width`, επιλέγοντας το όριο το οποίο θα μετατοπιστεί και καθορίζεται η απόσταση και η κατεύθυνση του νέου ορίου. Δίνεται η δυνατότητα να μετατοπιστεί προς τα μέσα ή προς τα έξω από το υπάρχον όριο. Το όριο σχεδιασμού επιλέχθηκε να μετατοπιστεί εξωτερικά. Η κατεύθυνση καθορίστηκε από το πεδίο `Horizontal direction`, επιλέγοντας `expand`.



Εικόνα 6.66. Προέκταση του ορίου σχεδιασμού 8 m εξωτερικά

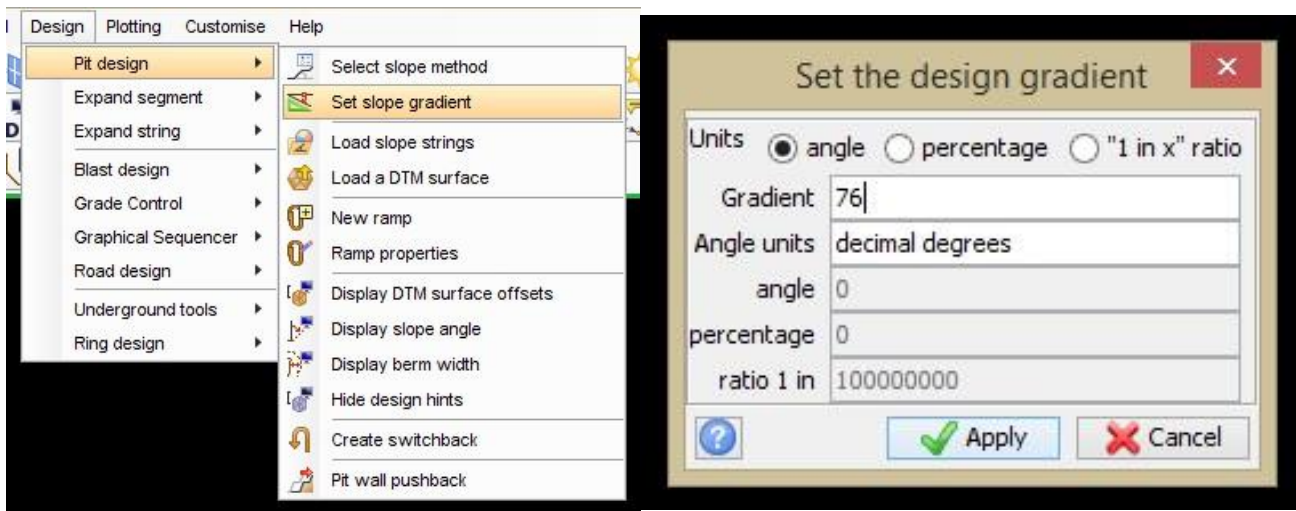
Στο σημείο αυτό ξεκινάει ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης σε ένα νέο επίπεδο σχεδίασης (new layer). Γενικότερα, σε εκμεταλλεύσεις οι οποίες αναπτύσσονται στις πλαγιές των ορεινών όγκων, είναι προτιμότερο, να ξεκινάει ο σχεδιασμός από το υψηλότερο σημείο της εκμετάλλευσης και να συνεχιστεί προς τα χαμηλότερα. Με αυτόν τον τρόπο, η εκμετάλλευση θα σχεδιαστεί ακολουθώντας τον τρόπο που θα διαμορφωθεί και στην πραγματικότητα βάσει της νομοθεσίας, η οποία επιβάλλει τη διαμόρφωση βαθμίδων από τα υψηλότερα επίπεδα προς τα χαμηλότερα. Επιπλέον, εξοικονομείται χρόνος, καθώς ξεκινώντας από τα χαμηλότερα επίπεδα σε πολλές περιπτώσεις διαπιστώνεται ότι πρέπει να γίνουν σημαντικές σχεδιαστικές αλλαγές για να εκμεταλλευτούμε στο έπακρο το κοίτασμα. (Μενεγάκη 2010) Όπως παρατηρείται από το ανάγλυφο, το Σούρτζι βρίσκεται επάνω σε ορεινό όγκο, επομένως, ο σχεδιασμός θα ξεκινήσει από το υψηλότερο επίπεδο.

Από την εντολή point properties εξερευνώντας τις ισοϋψείς του χώρου, εντός του ορίου, παρατηρήθηκε πως το μεγαλύτερο υψόμετρο ισοϋψούς, βρίσκεται στο δυτικό όριο του χώρου και στο υψόμετρο των 602 m. Η διαμόρφωση των βαθμίδων επομένως, ξεκίνησε από αυτό το σημείο. Η διαδικασία για τη δημιουργία των βαθμίδων είναι η ακόλουθη και επαναλαμβάνεται σε κάθε νέα βαθμίδα που δημιουργείται.



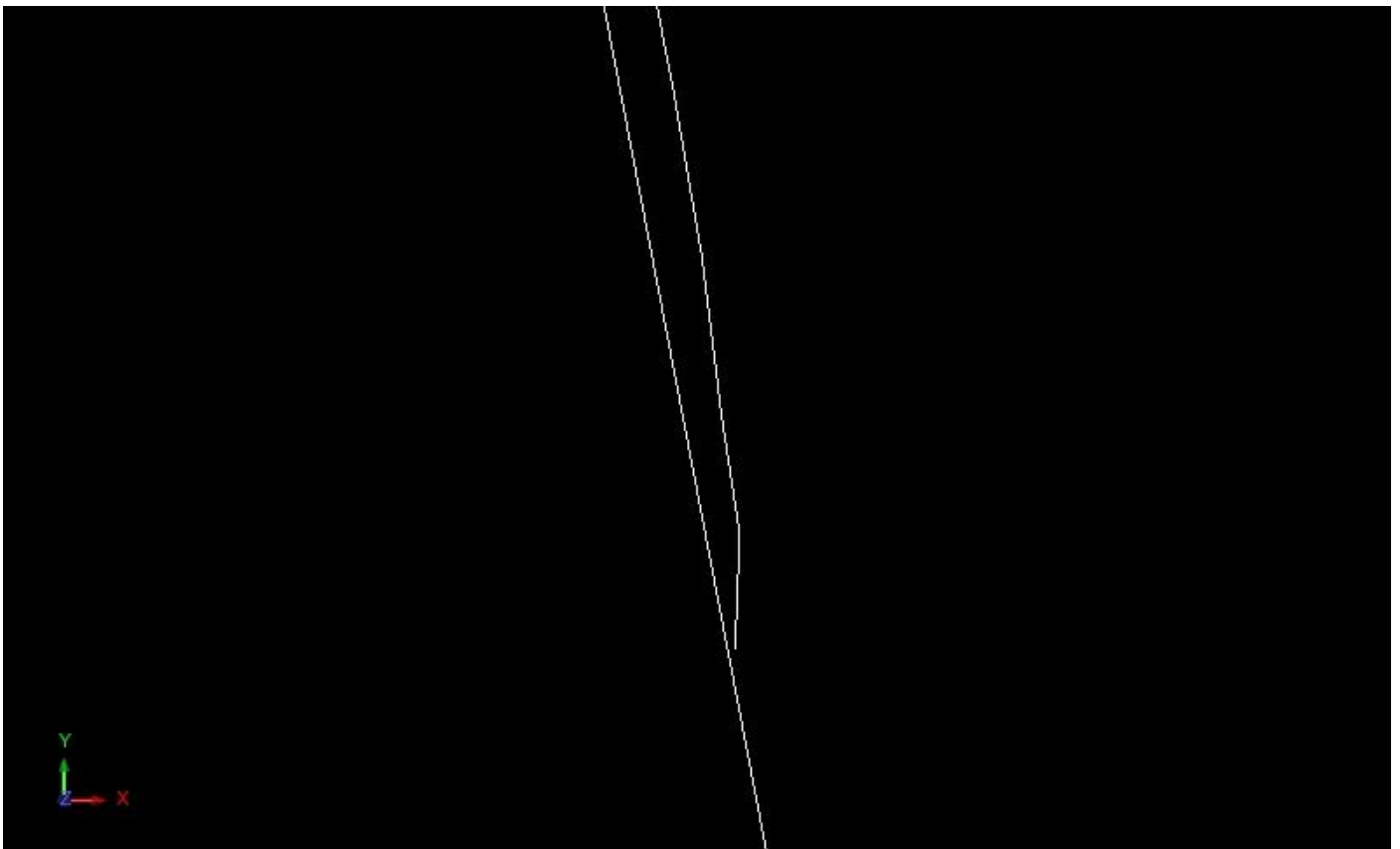
Εικόνα 6.67. Διαμόρφωση υψόμετρου της πρώτης βαθμίδας

Αρχικά, από το μενού design -> pit design -> set slope gradient ορίζουμε την κλίση των βαθμίδων στις 76°.



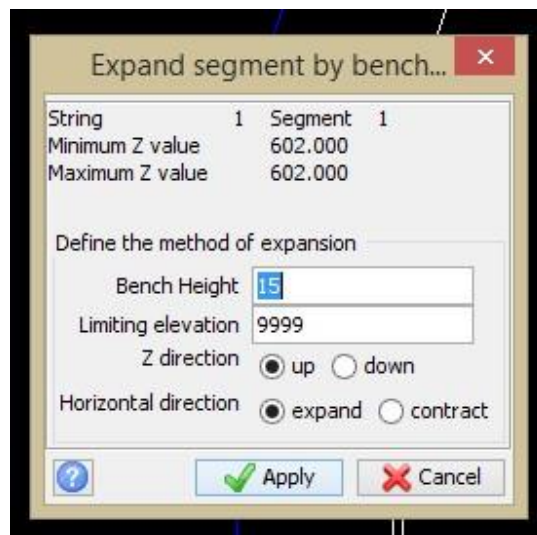
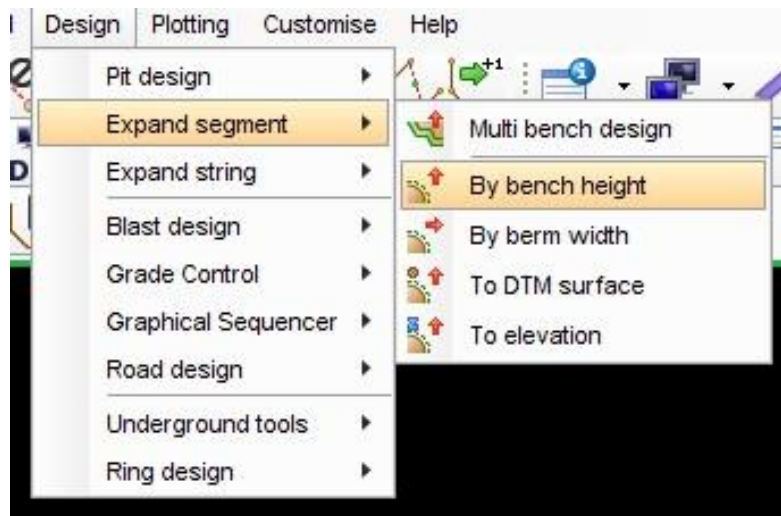
Εικόνα 6.68. Διαμόρφωση κλίσης της πρώτης βαθμίδα

Έπειτα, από το μενού create -> digitize -> properties, ορίζεται το υψόμετρο στο οποίο ξεκινάει η βαθμίδα και από την εντολή new point χαράσσεται η πρώτη βαθμίδα περιμετρικά του ορίου, ξεκινώντας από τη διεπαφή ισούψους-ορίου. Με την εντολή move point δίνεται η δυνατότητα να διορθωθεί η βαθμίδα.

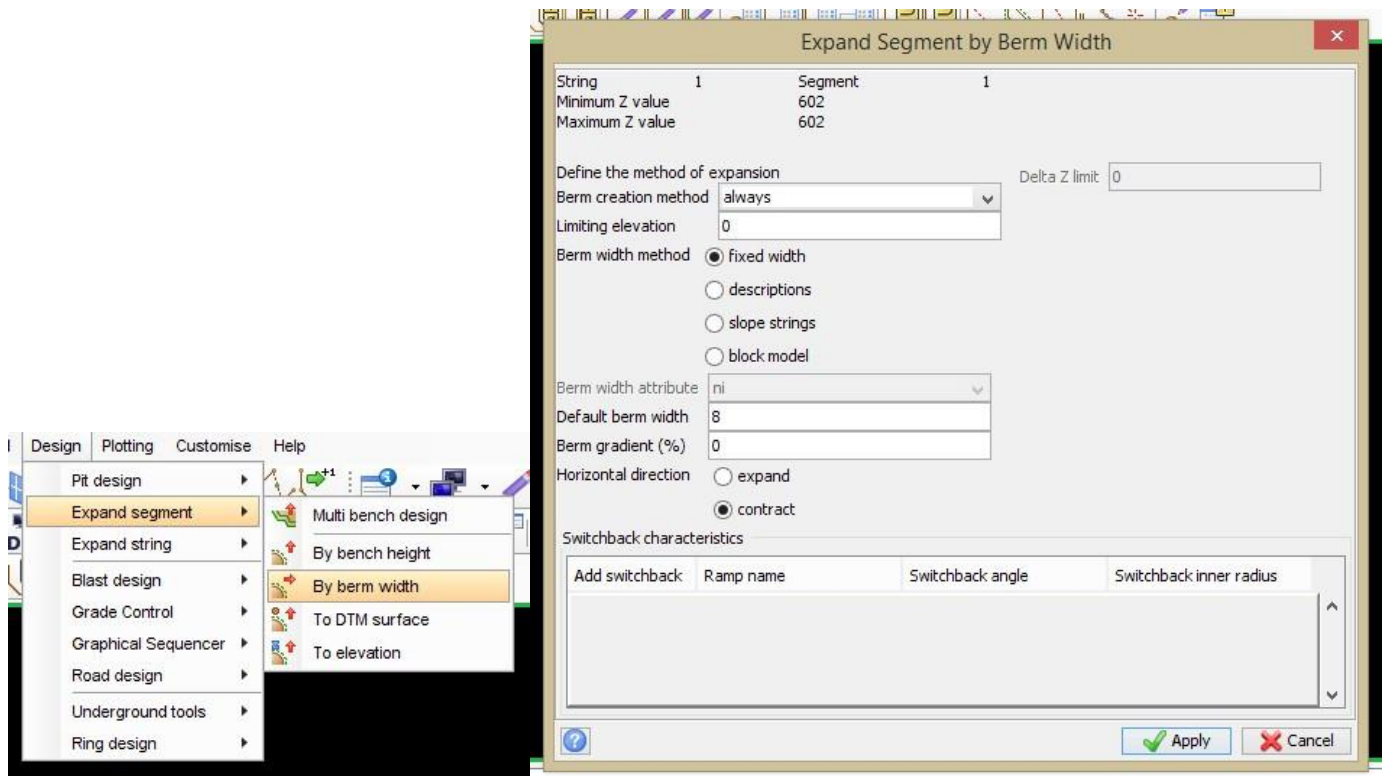


Εικόνα 6.69. Διεπαφή ισούψους και ορίου εκσκαφής

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός του ύψους της βαθμίδας. Με την εντολή expand segment -> by bench height, επιλέγεται η βαθμίδα να κατέβει 15 m και με την εντολή expand segment -> by berm width διαμορφώνεται το πλάτος της βαθμίδας δηλαδή τα 8 m.

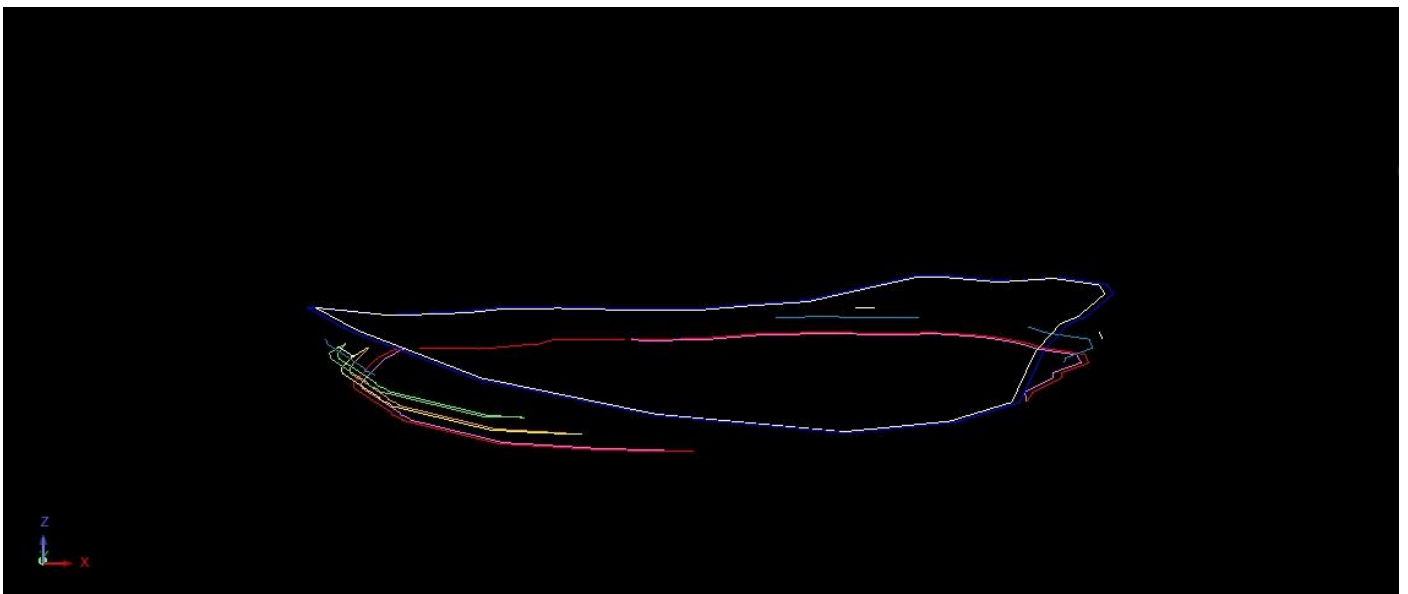


Εικόνα 6.70. Διαμόρφωση ύψους της πρώτης βαθμίδας



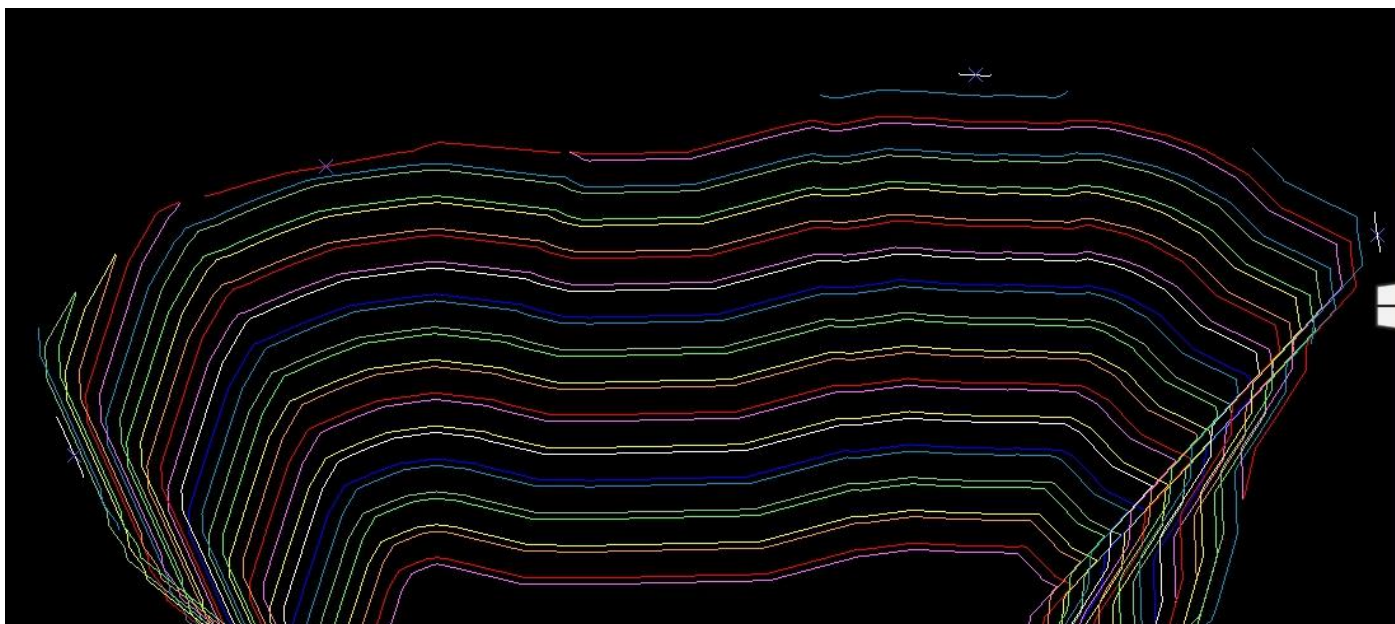
Εικόνα 6.71. Διαμόρφωση πλάτους της πρώτης βαθμίδας

Η διαδικασία της δημιουργίας μιας βαθμίδας, όπως περιεγράφηκε παραπάνω, αποτελεί μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία η οποία βέβαια χρήζει τεράστιας προσοχής και κυρίως μεγάλης έρευνας του φυσικού αναγλύφου. Στην παρούσα εργασία, κατά τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, απαιτήθηκε να δημιουργηθούν κάποιες βαθμίδες διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών.



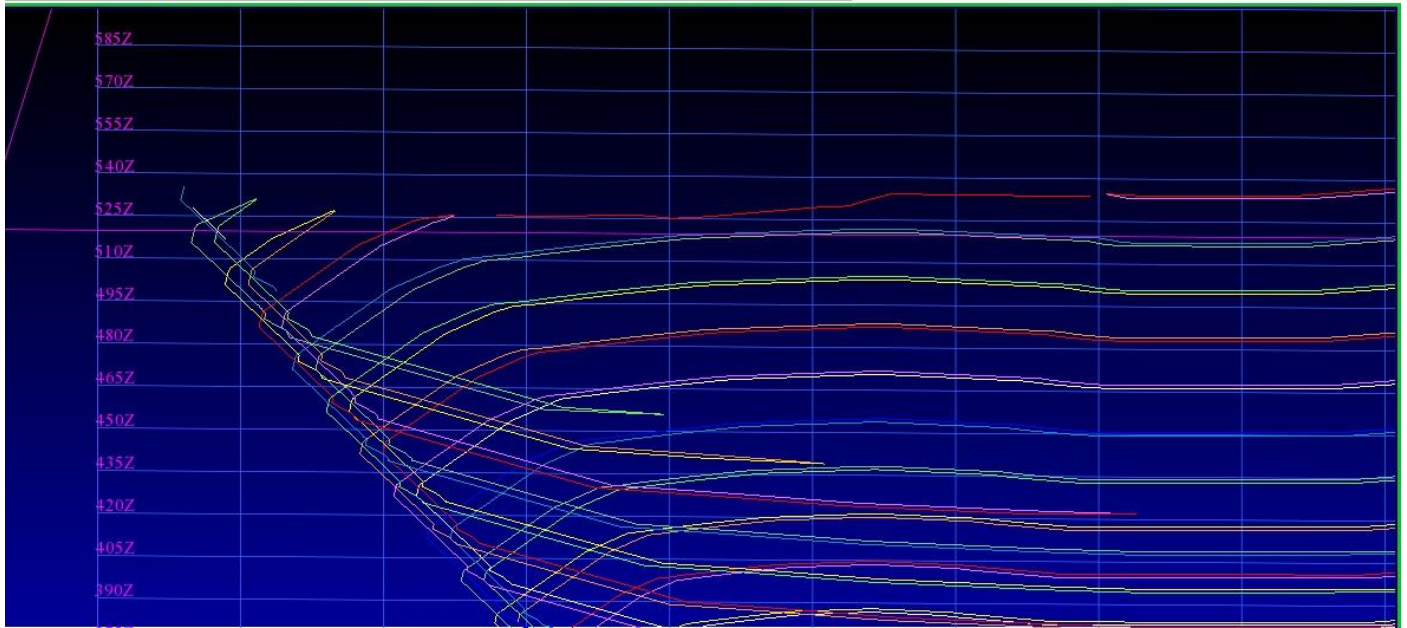
Εικόνα 6.72. Οι πρώτες βαθμίδες της εκσκαφής

Όπως προαναφέρθηκε, η πρώτη βαθμίδα δημιουργήθηκε στη δυτική πλευρά, στο υψόμετρο των 602 m και έχει ύψος 12 m έτσι ώστε να μετατοπιστούμε στα 590 m υψόμετρο. Στη βόρεια πλευρά επίσης, δημιουργήθηκε μία μικρή βαθμίδα έτσι ώστε να υπάρξει μία μετατόπιση από τα 536 m στα 530 m και κατεβαίνοντας η εκσκαφή να συναντήσει το υψόμετρο των 530 της δυτικής πλευράς. Επιπλέον, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.73 στη βορειοανατολική και στην ανατολική πλευρά δημιουργήθηκαν ακόμη δύο μικρές βαθμίδες 8 m έτσι ώστε να συναντήσουμε τα 560 m.

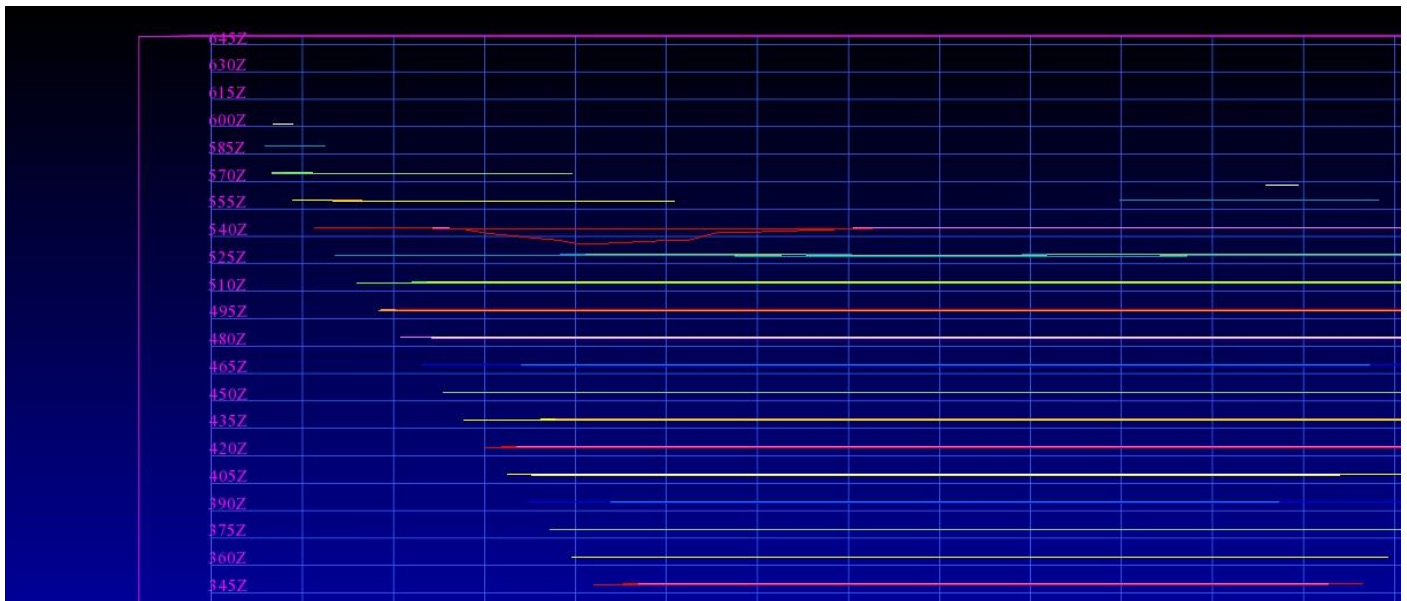


Εικόνα 6.73. Βαθμίδες έως το υψόμετρο των 350 m

Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.74, οι βαθμίδες είναι ανοιχτές έως το υψόμετρο των 530 m, όπου αρχίζουν και κλείνουν, δημιουργώντας μία χοανοειδή εκσκαφή. Οι βαθμίδες θα προσεγγίσουν το υψόμετρο των 350 m, όπου είναι το υψόμετρο του πυθμένα της σκάφης.

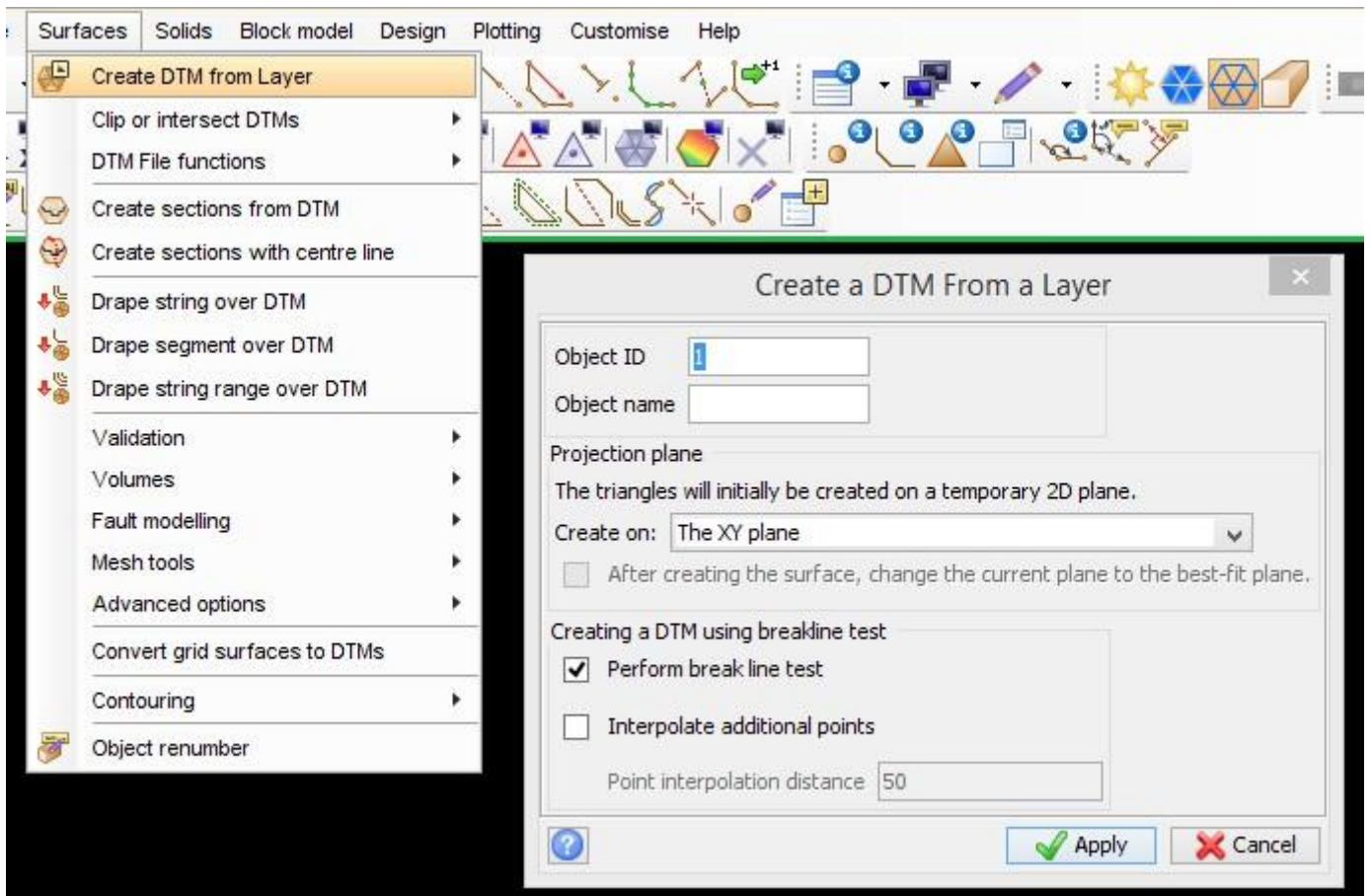


Εικόνα 6.74. Υψόμετρο των 530 m όπου οι βαθμίδες ξεκινούν να κλείνουν

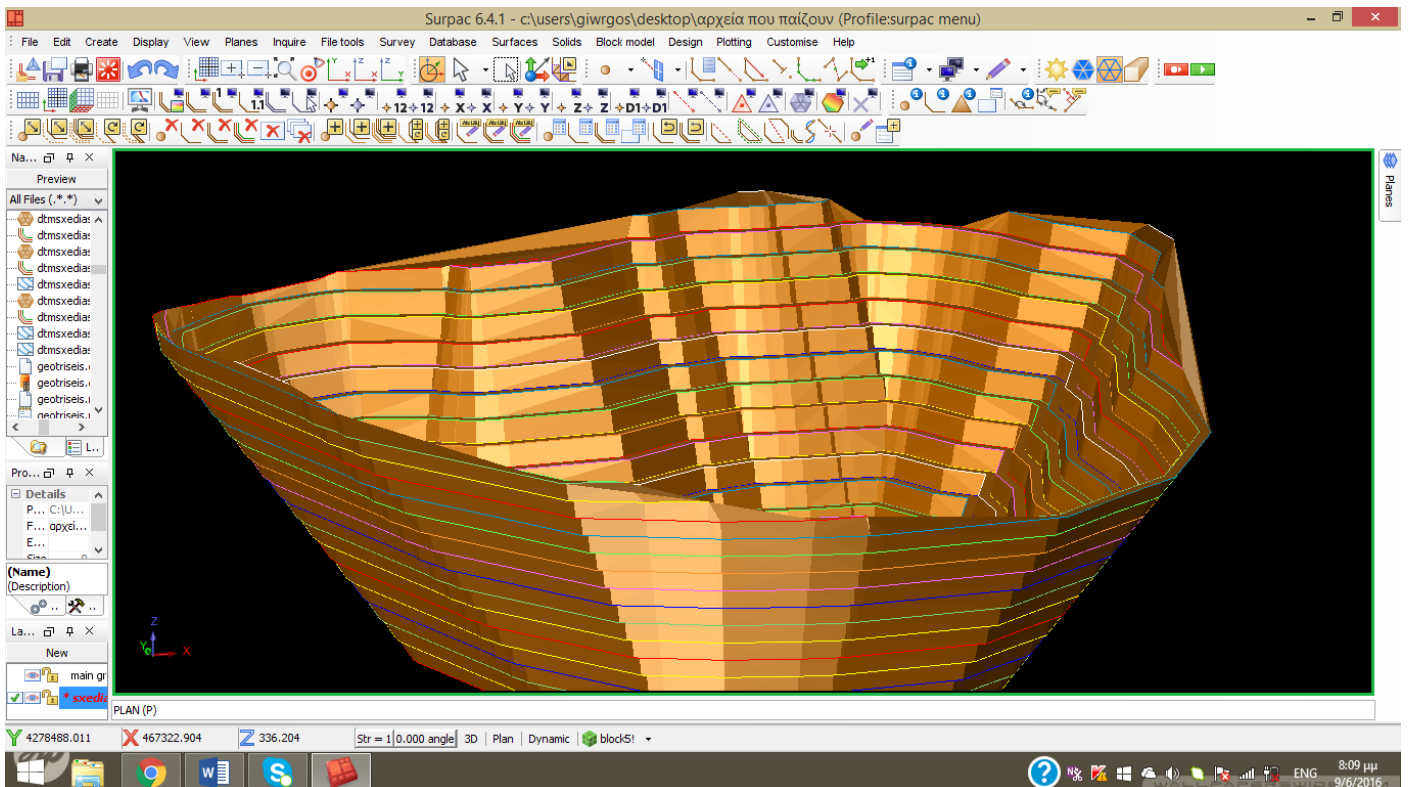


Εικόνα 6.75. Βαθμίδες έως το υψόμετρο των 350 m

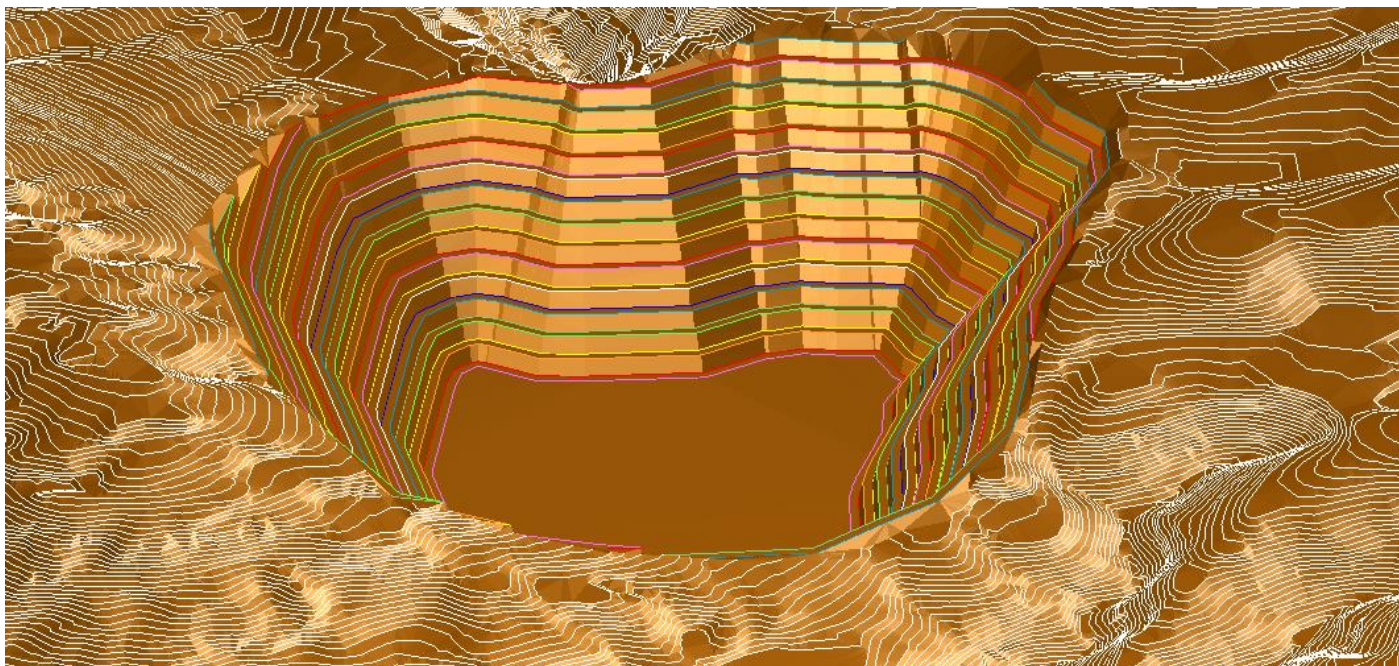
Σε αυτό το στάδιο θα δημιουργήσουμε ένα αρχείο της μορφής .dtm όλης της εκσκαφής αξιοποιώντας την εντολή create DTM from Layer από το μενού Surfaces.



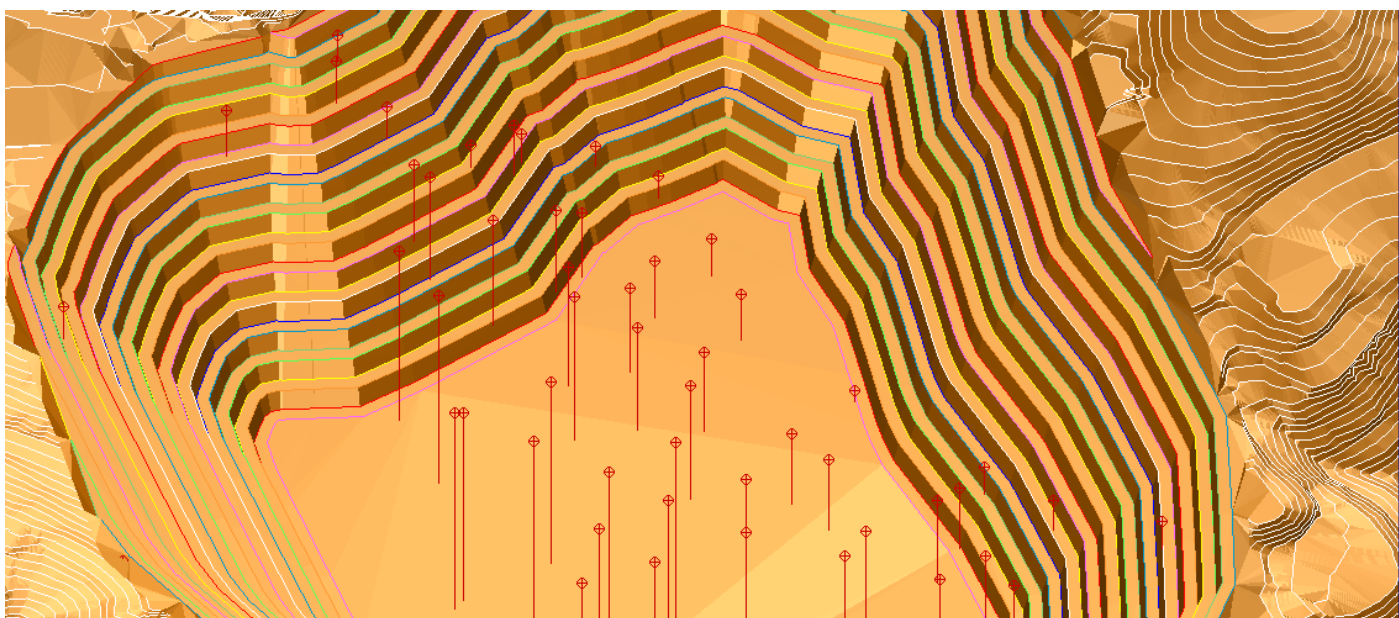
Εικόνα 6.76. Δημιουργία αρχείου της μορφής .dtm



Εικόνα 6.77. Αρχείο .dtm της εκσκαφής

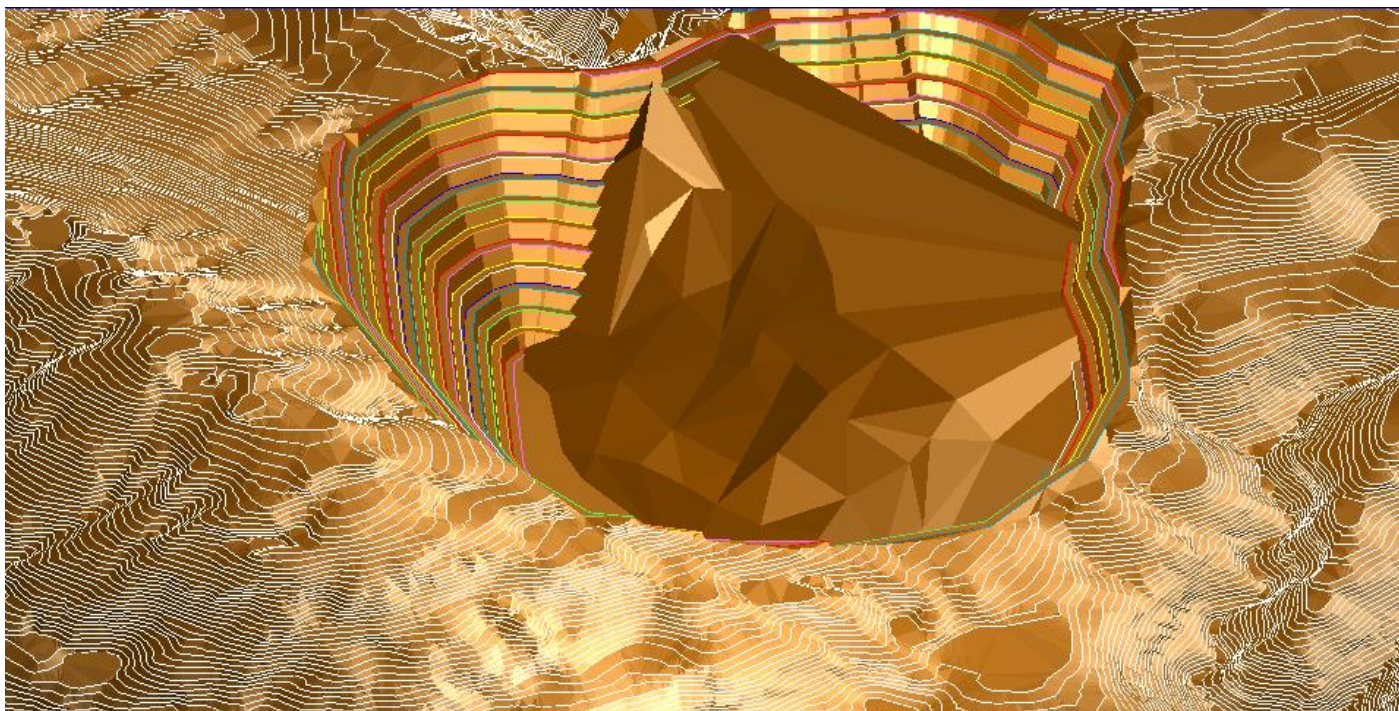


Εικόνα 6.78. Τοπογραφικό ανάγλυφο και σκάφη σχεδιασμού

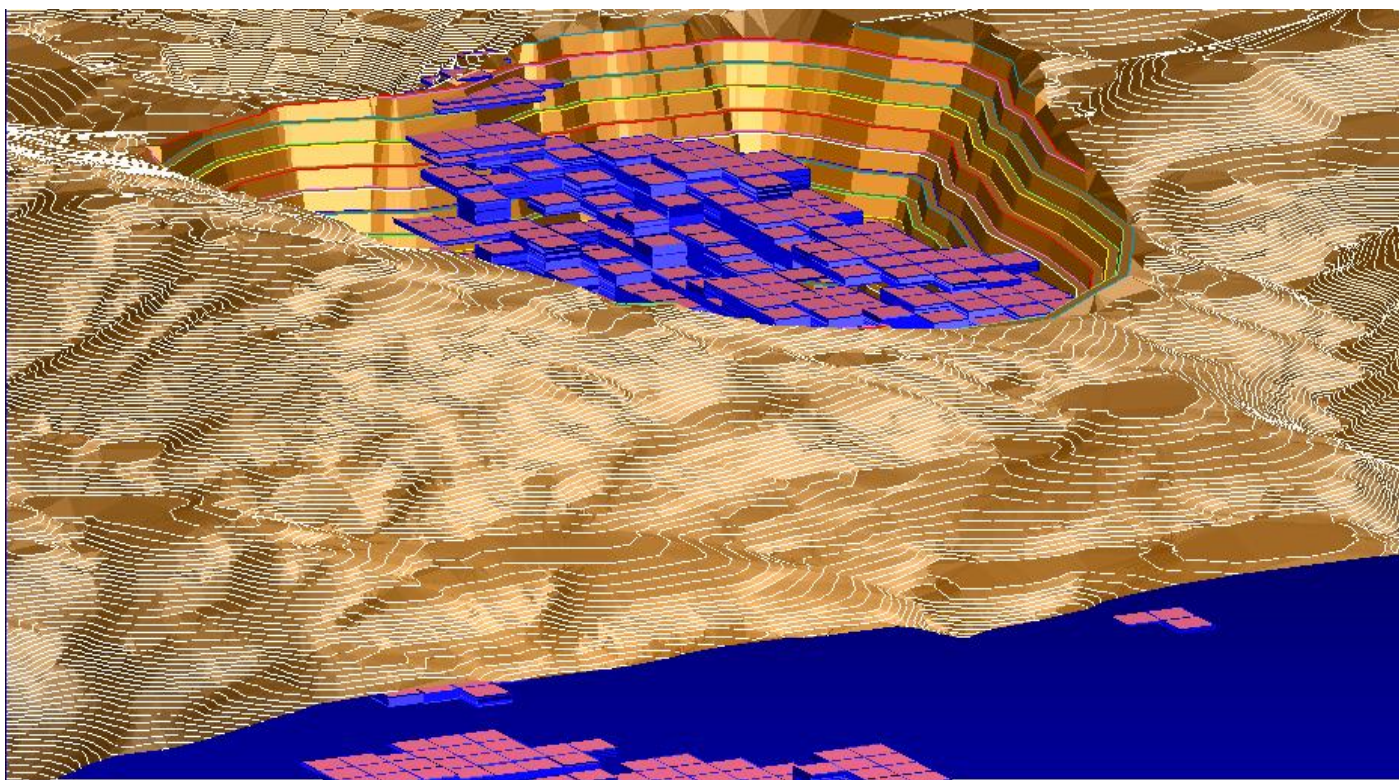


Εικόνα 6.79. Σκάφη σχεδιασμού με το αρχείο των γεωτρήσεων

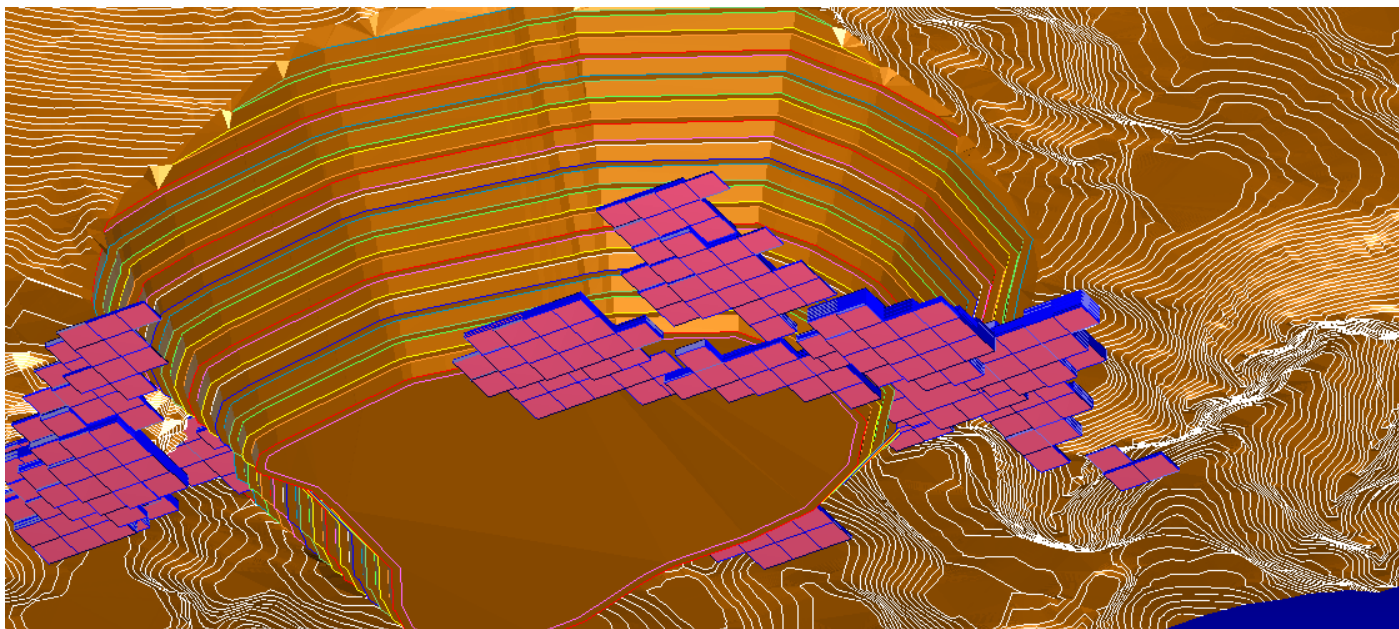
Στο Παράρτημα 2 δίνεται η τελική μορφή του σχεδίου της εκμετάλλευσης σε χάρτη κλίμακας 5.000:1



Εικόνα 6.80. Σκάφη σχεδιασμού και δάπεδο του κοιτάσματος



Εικόνα 6.81. Σκάφη σχεδιασμού και block model



Εικόνα 6.82. Blocks τα οποία βρίσκονται εκτός της σκάφης σχεδιασμού

Τέλος, τα τελικά αποθέματα μετά το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης υπολογίστηκαν σε $2.970.900 \text{ m}^3$ ή $9.803.970 \text{ tn}$ με μέση περιεκτικότητα νικελίου $0,88\%$.

7 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν μία ακριβής προσέγγιση της εκτίμησης των αποθεμάτων του σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος Σούρτζι, σε σχέση με την εκτίμηση της μελέτης που έχει γίνει για το κοιτάσμα, καθώς και ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης του εν λόγω κοιτάσματος.

Τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν βασίζονται κυρίως στις παρατηρήσεις που έγιναν κατά το στάδιο της μοντελοποίησης και αφορούν την ευαισθησία του προγράμματος στη μεταβολή κάποιων παραμέτρων

Το πρώτο συμπέρασμα το οποίο μπορεί να εξαχθεί, αφορά την οροφή και το δάπεδο του κοιτάσματος, το οποίο δημιουργήθηκε στο δεύτερο στάδιο της μοντελοποίησης. Όπως παρατηρήθηκε, οι υπολογισμοί των αποθεμάτων πλησίαζαν την πραγματικότητα, μόνο στην περίπτωση που η οροφή και το δάπεδο εισήχθησαν ως περιορισμοί για τις αναφορές που εξήχθησαν. Εν ολίγοις, η οριοθέτηση του κοιτάσματος, αποτελεί αναγκαίο στάδιο καθώς, βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό την ακρίβεια της εκτίμησης των αποθεμάτων. Συγκεκριμένα, ο όγκος του υλικού που περικλείεται εντός της οροφής και του δαπέδου υπολογίστηκε σε 25.646.253 tn.

Στη συνέχεια, όσον αφορά τη δημιουργία των block models οι παρατηρήσεις αφορούν την ευαισθησία του προγράμματος κυρίως σε σχέση με το μέγεθος της ακτίνας επιρροής των γεωτρήσεων, όπως και τον αριθμό των γειτονικών δειγμάτων επιρροής.

Οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με μέγιστη ακτίνα επιρροής κάθε δείγματος μικρότερη των 70 m οδήγησαν στη διαμόρφωση μοντέλων με ελλιπή δεδομένα, λόγω των αποστάσεων των γεωτρήσεων. Επομένως, μοντέλα με ακτίνα επιρροής 50, 60 και 70 m απορρίφθηκαν εξ αρχής. Από το σύνολο των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν βρέθηκε πως η βέλτιστη ακτίνα επιρροής για τη συγκεκριμένη διάταξη γεωτρήσεων ήταν τα 80 m, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1 Μέγιστη ακτίνα επιρροής της κάθε γεώτρησης

Όνομασία του block model	Μέγιστη ακτίνα επιρροής μίας γεώτρησης	Ποσότητα μεταλ/τος σε m ³	Ποσότητα μεταλ/τος σε tn
Block 13	80	7.347.200	24.245.760
Block 11	80	6.242.400	20.599.920
Block 20	80	5.148.000	16.988.400
Block 16	80	5.502.600	18.158.580
Block10	80	6.236.800	20.581.440
Block5	80	5.321.700	17.561.610
Block 18	80	5.273.100	17.401.230

Επιπλέον, όσον αφορά την αντιπροσωπευτικότητα των γειτονικών γεωτρήσεων επιρροής συμπεραίνεται πως ο βέλτιστος συνδυασμός κυμαίνεται από 2-15 δείγματα. Για το λόγο αυτό, μετά το πέρας των δοκιμών, τα block model με διαφορετικό εύρος τιμών π.χ. 2-12 στα δείγματα επιρροής απορρίφθηκαν. Επομένως, ο αριθμός των γειτονικών γεωτρήσεων που λαμβάνονται υπόψη υπήρξε επίσης, καθοριστικός παράγοντας αποκλεισμού ορισμένων μοντέλων.

Συγχρόνως, έγινε σαφές πως μοντέλα με διαφορετικό block size και απόλυτα όμοιες τις υπόλοιπες παραμέτρους διαφοροποιούνται ελάχιστα, καθώς τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης είχαν μικρές διαφορές στα κυβικά μέτρα του μεταλλεύματος. Εδώ, ας σημειωθεί, ωστόσο πως οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με ένα εύλογο εύρος διακύμανσης (20×20-40×40). Ταυτόχρονα, το ύψος Z του μοντέλου επιλέχθηκε να είναι διαφορετικό από το μέγεθος του βάθους που δόθηκε για τον προσδιορισμό της τιμής του κάθε block, έτσι, ώστε να προσεγγίσει καλύτερα τη γεωλογική διακύμανση του κοιτάσματος. Με αυτόν τον τρόπο, επιλέχθηκε το μοντέλο (block5) από το πανομοιότυπο μοντέλο (block 16), στο οποίο υπάρχει ταύτιση του μέγιστου βάθους επιρροής και του ύψους του block.

Πίνακας 7.2 Πανομοιότυπα block models

Διαφοροποιήσεις στο μέγεθος του μοντέλου

Διαφοροποιήσεις στο Z και στο μέγιστο βάθος προσδιορισμού τιμής

Όνομασία του block model	Block 13	Block 11	Block 20	Block 16	Block5	Block10	Block 18
Μέγεθος του μοντέλου (block size)	40 x 40	30 x 30	20 x 20	30 x 30	30 x 30	40 x 40	30 x 30
Ύψος (Z)	2	2	2	2	1	1	1
Μέγιστο βάθος για τον προσδιορισμό τιμής του κάθε block	2	2	2	2	2	2	1
Ελάχιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (min)	2	2	2	3	3	2	2
Μέγιστα γειτονικά δείγματα επιρροής του block (max)	12	12	12	15	15	12	12
Μέγιστη ακτίνα επιρροής μίας γεώτρησης	80	80	80	80	80	80	80

Η οριοθέτηση της συνολικής εκσκαφής αποτελεί κομβικής σημασίας στάδιο για το σχεδιασμό μίας υπαίθριας εκμετάλλευσης. Για το λόγο αυτό, διαμορφώθηκαν τρία διαφορετικά όρια εκσκαφής.

Πίνακας 7.3 Αναφορές των τριών ορίων που δημιουργήθηκαν

Ονομασία αναφορών	Συνολικός όγκος σκάφης (m ³)	Συνολικός όγκος στείρων (m ³)	Συνολική μάζα στείρων (tn)	Συνολικός όγκος μεταλ/τος (m ³)	Συνολική μάζα μεταλ/τος (tn)	Σ.Ε.*
Αναφορά 1 ^{ου} ορίου εκσκαφής	249.558.300	244.331.100	671.910.525	5.227.200	17.406.576	38,60
Αναφορά 2 ^{ου} ορίου εκσκαφής	45.778.500	42.680.700	117.371.925	3.106.800	10.252.440	11,44
Αναφορά 3 ^{ου} ορίου εκσκαφής	63.693.000	60.278.400	165.765.600	3.414.600	11.268.180	14,71

* Σχέση εκμετάλλευσης εκφρασμένη σε tn/tn

Επιπλέον, μετά την επιλογή του τρίτου ορίου ως το βέλτιστο όριο εκσκαφής, γίνεται σαφές πως η απόληψη ολόκληρου του κοιτάσματος είναι αδύνατη λόγω της κλίσης του κοιτάσματος. Συγκεκριμένα, το κοίτασμα Σούρτζι εκτείνεται με μεγάλη κλίση, περικλείοντας, έτσι, μία μεγάλη μάζα αγόνων, που δεν επιτρέπει την απόληψη του κοιτάσματος από τα χαμηλότερα υψόμετρα. Έχοντας επομένως, ως μοναδικό κριτήριο τη σχέση εκμετάλλευσης, προτιμήθηκε το τρίτο όριο, με το οποίο προχωρήσαμε στο σχεδιασμό. Αν και το δεύτερο όριο έδωσε μία εξίσου καλή σχέση εκμετάλλευσης, λόγω ορθολογικής αξιοποίησης του κοιτάσματος επιλέχθηκε το τρίτο, έτσι ώστε να αποληφθεί όσο γίνεται μεγαλύτερος όγκος μεταλλεύματος. Έτσι, η σχέση εκμετάλλευσης με την οποία εργαστήκαμε είναι 14,71 tn/tn. Για τις μετατροπές από m³ σε tn χρησιμοποιήθηκαν τα εξής ειδικά βάρη: 3,3 tn/m³ για το νικέλιο και 2,75 tn/m³ για τα άγονα.

Κατά τη δημιουργία της σκάφης της εκμετάλλευσης και των βαθμίδων απαιτήθηκε μία αναδιαμόρφωση του τελικού ορίου εκσκαφής η οποία αφορούσε στη διευκόλυνση του σχεδιασμού. Από την άλλη, στο αρχικό στάδιο, απαιτήθηκε μία ομαλή διόρθωση των πρανών για λόγους ευστάθειας και ασφάλειας και για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν κάποιες βαθμίδες διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών από τις υπόλοιπες.

Τέλος, τα τελικά αποθέματα μετά το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης υπολογίστηκαν σε 2.970.900 m³ ή 9.803.970 tn με μέση περιεκτικότητα νικελίου 0,88%.

Βιβλιογραφία

n.d. *www.roskill.com*.

n.d. *eviawelle*. Πρόσβαση 2016. <http://www.eviawelle.gr/>.

G., Matheron. 1963. *Economic Geologist*, . Τόμ. Principles of Geostatistics. 58 τόμ.

n.d. *Geovia*. Πρόσβαση 2016. <http://www.geovia.com/products/whittle>.

n.d. *google maps*. Πρόσβαση 2016. <https://www.google.gr/maps>.

n.d. *lme*. www.lme.com.

n.d. *maptek*. Πρόσβαση 2016. <http://www.maptek.com/products/vulcan/>.

2016. *mascus*. <http://www.mascus.gr/>.

n.d. *oryktosploutos*. www.oryktosploutos.net.

2016. *playground*. <http://www.plgr.net/atlascoopco/>.

n.d. *threedify*. Πρόσβαση 2016. <http://threedify.com/open-pit-mine-planning-software/>.

wikipedia. n.d. Πρόσβαση 2016.
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BF>.

Βασιλείου, Ελένη. 2013. Ιούλιος. Πρόσβαση 2016.

Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ. n.d. Πρόσβαση 2016. <http://www.larco.gr/>.

Ε.Κ.Π.Α., Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Ελλάδος (Σ.Μ.Ε.) με την επιστημονική επιμέλεια της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. και του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του. n.d. *orykta.gr*. Πρόσβαση 2016. <http://www.orykta.gr/>.

Καπαγερίδης, Ιωάννης. 1995. Πρόσβαση 2016.

Μ.Ν.Ζευγώλης. 2000. *Η ασφάλεια στη βιομηχανία*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Μανουσάκη-Ορφανουδάκη, Αναστασία. 2005. *Ορυκτολογία*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Μηχ. Μετ. Μετ. Τμήμα Γεωλογικών Επιστημών. Πρόσβαση 2016.

Μενεγάκη, Μαρία. 2010. *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Μηχ.Μετ.Μετ.*
http://www.metal.ntua.gr/index.pl/notes7d1d21d9_gr.

Μόδης, Κωνσταντίνος, και Σοφία Σταματάκη. 2015. «Μελέτες Περίπτωσης.» Στο *Εισαγωγή στη μεταλλευτική έρευνα*. <http://hdl.handle.net/11419/763>.

Οικονομόπουλος, Ιωάννης. 1989. *Εκμετάλλευσις Μεταλλείων*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Ορφανουδάκη, Αναστασία Μανουσάκη -. 2005. *Κοιτασματολογία*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Προβηγίας(Γαλλία), Μερμίγκης Αντώνιος. Διδάκτορ γεωλογίας του Πανεπιστημίου της. n.d.
Πρόσβαση 2016. http://gym-gouvon.eyv.sch.gr/files/Geologiki_istoria.pdf.

Σταματάκη, Σοφία. 2006. *Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις - Εφαρμογή στη Μεταλλευτική Έρευνα*.
Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Υπουργείο Έρευνας και Ανάπτυξης. 2011. «Επιφανειακές Εκσκαφές.» Στο *Κανονισμός
Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών*.
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR>.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 Χάρτης κλίμακας 5.000:1 με την τελική μορφή του σχεδίου εκμετάλλευσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε.) για υπαίθριες εκμεταλλεύσεις

Κάθε επιφανειακή εκσκαφή που εντάσσεται σε έργο εντοπισμού κοιτάσματος ή εκμετάλλευσης, καθώς και η λήψη μέτρων για την ασφάλεια της επιφάνειας και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων στο περιβάλλον που σχετίζονται με τη λειτουργία του έργου, πρέπει να αποτελούν αντικείμενο ειδικής μελέτης που περιλαμβάνεται, ανάλογα με την περίπτωση, στο αντίστοιχο μέρος της τεχνικής μελέτης του άρθρου 4. ΜΕΡΟΣ Α΄ του κανονισμού.

Στο άρθρο 83 αναφέρονται τα γενικά μέτρα για την ασφάλεια των εκσκαφών ως εξής.

1ον: Για τον καθορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των εκσκαφών, κάθε είδους και τύπου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, μεταξύ των άλλων, και τα παρακάτω:

- α) Το είδος και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος.
- β) Τα επίπεδα ολίσθησης στο χώρο της εκσκαφής και στο γειτονικό χώρο.
- γ) Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά του χώρου της εκσκαφής και του περιβάλλοντος χώρου.
- δ) Τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής.

2ον: Ιδιαίτερη προσοχή, πρέπει να δίνεται στον καθορισμό της γωνίας πρανούς σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, σ' όλες τις φάσεις της εργασίας, εφόσον αυτή γίνεται σε μία μόνο βαθμίδα ή στις ενδιάμεσες και τελική φάση, αν η εργασία γίνεται σε περισσότερες βαθμίδες. Η γωνία πρανούς πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μη δημιουργείται κίνδυνος κατολίσθησης ή κατακρήμνισης. Απαγορεύεται, σε κάθε περίπτωση, η εκσκαφή με γωνία πρανούς μεγαλύτερη από 90° (αρνητική κλίση πρανούς). Η γωνία πρανούς της εκσκαφής για συνεκτικά και υγιή πετρώματα, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60° . Κατ' εξαίρεση, η γωνία αυτή μπορεί να αυξάνεται μέχρι τις 70° , εφόσον εφαρμόζονται ειδικά μέτρα ή μέθοδοι (π.χ. απαλή όρυξη κ.λ.π.) με βάση την εγκεκριμένη τεχνική μελέτη του άρθρου 4. Η γωνία πρανούς της εκσκαφής, σε όλες τις φάσεις εργασίας, για σαθρά, αμμώδη, προσχλωσιγενή και γενικά επιρρεπή σε κατολίσθηση πετρώματα, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 45° . Επιτρέπεται, κατ' εξαίρεση, η όρυξη επιμήκων ταφροειδών εκσκαφών, βάθους μέχρι 1,70 m και μικρού πλάτους, για ερευνητικούς σκοπούς και ειδικές χρήσεις (π.χ. κατασκευή υπόγειων δικτύων νερού, ηλεκτρικού ρεύματος, αποχέτευσης) με παρέκκλιση από τα οριζόμενα στα πιο πάνω εδάφια γ' και δ', εφόσον στη διάρκεια της όλης εργασίας έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα για την ασφάλεια των εργαζομένων (π.χ. η απαραίτητη στύλωση ή στήριξη των πρανών) και μετά το τέλος

της, η εκσκαφή επιχωματωθεί ή γίνει σταθεροποίηση των πρανών της, με κατάλληλη επένδυση ή στήριξη όπου αυτό είναι αναγκαίο, σε περίπτωση που χρειάζεται να παραμείνει ανοικτή.

3ον: Κάθε εκσκαφή, πρέπει να σχεδιάζεται ή και να προστατεύεται με τρόπο ώστε να αποτρέπεται, όσο το δυνατό, η εισροή των επιφανειακών νερών. Κάθε εκσκαφή κλειστού τύπου που περιβάλλεται από επιφάνειες εσωτερικής απορροής, πρέπει να προστατεύεται από την εισροή νερών με την όρυξη περιμετρικής τάφρου κατάλληλων διαστάσεων και κλίσης. Στις εκσκαφές ανοιχτού τύπου, πρέπει να ορύσσεται κατάλληλη τάφρος προστασίας, μόνο στις περιπτώσεις κινδύνων απότομης εισροής μεγάλων ποσοτήτων νερού. Σε περίπτωση που κοντά στην εκσκαφή ρέουν ή υπάρχουν μεγάλες ποσότητες νερού (χειμάρροι, ποτάμια, λίμνες κ.λ.π.), πρέπει να κατασκευάζονται τα κατάλληλοι υδραυλικά έργα (π.χ. φράγματα, έργα εκτροπής ροής) για την αποφυγή κινδύνων κατάκλισης. Στις εκσκαφές κλειστού τύπου, πρέπει να γίνεται αποστράγγιση των νερών που εισρέουν, με όρυξη υπόγειων εκσκαφών (π.χ. στοά αποστράγγισης) ή και με άντληση με κατάλληλο αντλητικό δίκτυο. Η δυναμικότητα της αποστράγγισης ή της άντλησης, καθορίζεται με βάση τις περιπτώσεις γ και δ της παρ. 1 αυτού του άρθρου 83.

Στο άρθρο 84 που αφορά τα επιφανειακά μέτωπα αναφέρεται πως :

1ον: Κάθε εκσκαφή, για την ασφαλή και ορθολογική εκτέλεση της εργασίας, πρέπει να υποδιαιρείται σε βαθμίδες ύψους, το πολύ, 15 m. Η γωνία πρανούς κάθε βαθμίδας καθορίζεται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από το άρθρο 83 παρ. 1 και παρ. 2 εδ. α' και β'. Ειδικά για τα πετρώματα του εδαφίου στ' της παραγράφου 2 του άρθρου 83 η μέγιστη γωνία πρανούς βαθμίδας δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 70°, συνεκτιμώντας και το ύψος της βαθμίδας. Ο καθορισμός του πλάτους της βαθμίδας, γίνεται με βάση το κριτήριο της ασφαλούς και ορθολογικής λειτουργίας του μηχανικού εξοπλισμού που απασχολείται. Στις ενδιάμεσες φάσεις εργασίας, το πιο πάνω πλάτος δεν μπορεί να είναι μικρότερο, για την περίπτωση απασχόλησης τροχοφόρων μηχανημάτων, από 12 m, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις, από 6 m. Ειδικά στα λατομεία μαρμάρου, στα οποία η εξόρυξη γίνεται αποκλειστικά με συρματοκοπή, το πλάτος της εγκαταλειπόμενης βαθμίδας μπορεί, ανάλογα με το βαθμό τεκτονισμού και τη συνεκτικότητα του πετρώματος, να περιοριστεί στα 4 m. Η βαθμιδωτή διαμόρφωση, θα διατηρείται και μετά το τέλος του έργου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται ο καθορισμός ύψους βαθμίδας μεγαλύτερου από το προβλεπόμενο, μόνο στις παρακάτω περιπτώσεις:

α) Η εκσκαφή εκτελείται με εκσκαπτικά μηχανήματα που έχουν μεγαλύτερη από 15 m ακτίνα κατακόρυφης δράσης, σύμφωνα με τα επίσημα εγχειρίδια ή πιστοποιητικά του κατασκευαστή. Εξυπακούεται, ότι το ύψος του μετώπου και στην περίπτωση αυτή δεν μπορεί να ξεπερνάει την παραπάνω ακτίνα δράσης του μηχανήματος.

β) Η εκσκαφή εκτελείται για την αποκάλυψη κοιτάσματος σε σταθερά και συμπαγή πετρώματα και εφόσον εφαρμόζονται ειδικά μέτρα ή μέθοδοι για τη σταθεροποίηση των πρανών, με βάση την εγκεκριμένη τεχνική μελέτη του άρθρου 4, οπότε το ύψος της βαθμίδας μπορεί να αυξάνεται μέχρι τα 20 m.

2ον: Η διαμόρφωση των βαθμίδων, σε κάθε περίπτωση, αρχίζει από τα υψηλότερα σημεία της εκσκαφής και προχωράει διαδοχικά στα χαμηλότερα. Για τον προσανατολισμό των μετώπων εξόρυξης σε κάθε βαθμίδα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περιπτώσεις α, β, γ και δ του άρθρου 83 παρ. 1. Η εξόρυξη στη ψηλότερη βαθμίδα, πρέπει να σταματάει σε απόσταση, το λιγότερο, 8 m από τα όρια του μεταλλευτικού ή λατομικού χώρου. Με φροντίδα της Δ/σης του έργου, στο παραπάνω τελευταίο τμήμα, πρέπει να γίνεται απομάκρυνση των επισφαλών όγκων και να δημιουργούνται βαθμίδες ασφάλειας μικρού ύψους ή πρανή μικρής κλίσης.

3ον: Αν για την εξόρυξη γίνεται χρήση εκρηκτικών υλών, πρέπει να ορύσσονται, σε κάθε μέτωπο, διατρήματα με κατάλληλη κλίση για τη δημιουργία και διατήρηση της επιθυμητής γωνίας πρανούς της βαθμίδας. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η όρυξη οριζόντιων ή παραοριζόντιων διατρημάτων (ντούκια), μόνο στις περιπτώσεις της αρχικής διαμόρφωσης των βαθμίδων, της εξόρυξης όγκων μαρμάρου με χρήση πυρίτιδας ή ειδικού εξοπλισμού, της εκμετάλλευσης κοιτασμάτων με ειδικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, της ανατίναξης αποτυχημένων υπονόμων και της διαμόρφωσης του δαπέδου βαθμίδας ή της εκσκαφής κατόπιν έγγραφης εντολής του επιβλέποντος μηχανικού. Απαγορεύεται, σε κάθε περίπτωση στη διάρκεια της νύχτας, κάθε εργασία που έχει σχέση με εκρηκτικές ύλες (μεταφορά τους στα μέτωπα, γόμωση, πυροδότηση).

4ον: Η απομάκρυνση των επισφαλών όγκων από τα μέτωπα, πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται το ξεσκάρωμα με ειδικά εργαλεία από τον «ξεσκαρωτή» ή και με χρήση εκρηκτικών υλών, από τον αδειούχο γομωτή, μόνο σε περίπτωση ανάγκης για απομάκρυνση επισφαλών όγκων που βρίσκονται κοντά στο φρύδι του πρανού και δεν είναι δυνατή η απομάκρυνση τους με το μηχανικό μέσο που χρησιμοποιείται ή και με ξεσκάρωμα, αντίστοιχα, καθώς και στην περίπτωση εξόρυξης όγκων μαρμάρου. Στις πιο πάνω περιπτώσεις, πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα, ανάλογα με την περίπτωση, για την ασφαλή εκτέλεση της εργασίας, όπως απομάκρυνση σε απόσταση ασφάλειας του προσωπικού και των μηχανημάτων, πρόσδεση του «ξεσκαρωτή» με ζώνη εξάρτησης ασφάλειας τριών σημείων και σχοινί αντοχής σε φόρτιση, το λιγότερο, 2500 κιλών, από δύο τουλάχιστον σημεία διασφάλισης ή και τα προβλεπόμενα από το κεφάλαιο VII.

5ον: Σε κάθε εκσκαφή, πρέπει να επιλέγεται ο τρόπος εξόρυξης, έτσι ώστε, το υλικό που εξορύσσεται να έχει διαστάσεις που επιτρέπουν την ασφαλή φόρτωση και μεταφορά του με τα μηχανικά μέσα

που χρησιμοποιούνται. Σε περίπτωση που, παρά τα πιο πάνω, εξορύσσονται όγκοι μεγαλύτερων διαστάσεων, τότε πρέπει να γίνεται δευτερογενής θραύση τους με μηχανικά μέσα. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δευτερογενής θραύση με χρήση εκρηκτικών υλών, μόνο όταν η παραγωγή τέτοιων όγκων είναι μικρή και σποραδική και δεν υπάρχει κατάλληλο μηχανικό μέσο. Στην περίπτωση αυτή, η θραύση πρέπει να γίνεται μόνο στο χώρο του μετώπου και αφού προηγουμένως έχουν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας που προβλέπονται από το κεφάλαιο VII του κανονισμού.