



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ**

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ
ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ
ΑΜΙΑΝΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΜΑΒΕ)**

Διπλωματική Εργασία



Λάζαρος Ιωαννίδης
Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος

Επιβλέπων: Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή
Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος
Αν.Καθηγητής Δ. Δαμίγος
Επ. Καθηγήτρια Μ. Μενεγάκη

Ιωάννινα, 2016

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΚΑΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του διεπιστημονικού-διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.), περιβάλλον και ανάπτυξη ορεινών περιοχών, του Ε.Μ.Π και αφορά την αποκατάσταση του μεταλλείου αμιάντου βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ) στην περιοχή Ζιδανίου στο νομό Κοζάνης.

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή κ. Δημήτριο Καλιαμπάκο για τις υποδείξεις του και τη συνεχή καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της εργασίας αυτής. Ευχαριστώ θερμά τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Δημήτριο Δαμίγο αναπληρωτή καθηγητή και την κα Μαρία Μενεγάκη επίκουρη καθηγήτρια για τη συμμετοχή τους στην επιτροπή. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Μενεγάκη για τις πολύτιμες διορθώσεις και παρατηρήσεις της με αποτέλεσμα την βελτίωση της εργασίας μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σε όλους τους καθηγητές και τους συναδέλφους μου, χωρίς των οποίων τη βοήθεια και την κατανόηση δεν θα ήμουν σε θέση να ολοκληρώσω το μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Ιωάννινα, 2016

Λάζαρος Ιωαννίδης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ.....	11
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	15
1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	15
1.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ... ..	16
1.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	17
2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	18
3. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	19
4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	20
4.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	20
4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	22
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	23
5.1 ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΔΟΧΗ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ.....	23
5.2 ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	25
5.2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ	25
5.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	26

5.2.3 ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΠΡΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	27
5.2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	29
5.2.5 ΕΚΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ	30
5.2.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ	33
5.2.7 ΕΚΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΗΣ ΣΠΟΡΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗΣ	35
5.2.8 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	36
6. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	37
6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ	39
6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΗ	40
6.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	45
6.4 ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	45
6.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	46
6.5.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ	46
6.5.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	46
6.5.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	46
6.5.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	47
6.5.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	48
6.5.6 ΒΛΑΣΤΗΣΗ-ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ	49
6.5.7 ΑΞΙΟΛΟΓΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	52
6.5.8 ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΟΣ	52
6.6 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	53
7. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	54
8. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	56
8.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	57
8.1.1 ΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	57

8.1.2	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	58
8.1.3	ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ	59
8.1.4	ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	60
8.1.5	ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΙΩΝ	60
8.1.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΟΠΙΟΥ	61
8.2	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	65
8.2.1	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ	66
8.2.2	ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΛΙΣΕΩΝ	66
8.2.3	ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	66
8.2.4	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	67
9.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	67
9.1	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	67
9.1.1	ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	67
9.1.2	ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	68
9.1.3	ΤΑΦΡΟΙ ΚΑΙ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	69
9.1.4	ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	70
9.2	ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	70
9.3	ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ	70
9.4	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ).....	72
9.4.1	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ.....	72
9.4.2	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΙΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ	74
9.5	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	75
9.6	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	77

9.6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ	77
9.6.2 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΩΝ ΤΑΦΡΩΝ ΤΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΑΚΚΩΝ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ.....	85
9.6.3 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	85
9.6.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	86
10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	87
10.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	93
10.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	94
10.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	98
10.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	98
10.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	102
10.3.3 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	105
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.....	109

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η ταυτόχρονη με τις εργασίες εξόρυξης αποκατάσταση ενός μεταλλείου.	19
Εικόνα 2: Πρωτογενής οικολογική διαδοχή.....	24
Εικόνα 3: Εγκατάσταση βλάστησης με υδροσπορά.....	35
Εικόνα 4: Τρισδιάστατο φωτορεαλιστικό ψηφιακό μοντέλο της περιοχής μελέτης. 37	
Εικόνα 5: Τρισδιάστατο μοντέλο της περιοχής πριν και μετά τη λειτουργία του μεταλλείου.	39
Εικόνα 6: Άποψη της ευρύτερης περιοχής του μεταλλείου (ΜΑΒΕ)-Τεχνητή λίμνη Πολυφύτου (στο βάθος διακρίνεται το αμιαντορυχείο).	40

Εικόνα 7: Περιοχή μεταλλείου αμιάντου (ΜΑΒΕ) πριν την αποκατάσταση.	41
Εικόνα 8: Περιοχή μεταλλείου αμιάντου (ΜΑΒΕ) πριν την αποκατάσταση.	42
Εικόνα 9: Περιοχή των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.	43
Εικόνα 10: Περιοχή των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.....	43
Εικόνα 11: Εργοστάσιο του αμιαντορυχείου.	44
Εικόνα 12: Γενική άποψη των κτιριακών εγκαταστάσεων.....	44
Εικόνα 13: Χώρος του μεταλλείου πριν την αποκατάσταση.....	54
Εικόνα 14: Χώρος αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.	55
Εικόνα 15: Η περιβαλλοντική αποκατάσταση του αμιαντορυχείου.	56
Εικόνα 16: Διαμόρφωση αποθέσεων.....	58
Εικόνα 17: Εργασίες σταθεροποίησης αποθέσεων.	59
Εικόνα 18: Σύστημα βαθμολόγησης Ο.Α.Ι.	64
Εικόνα 19: Βαθμολόγηση των παραγόντων για τον υπολογισμό της Ο.Α.Ι.	65
Εικόνα 20: Αποκατάσταση των αποθέσεων.	68
Εικόνα 21: Αποκατάσταση των αποθέσεων και κατασκευή βαθμίδων.	69
Εικόνα 22: Σχέδιο διαμόρφωσης κύριων και ατομικών βαθμίδων.	69
Εικόνα 23: Διάστρωση φυτικής γης στις οριζόντιες επιφάνειες.....	70
Εικόνα 24: Κατάσταση μεταλλείου και οριζόντιων επιφανειών πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης.	71
Εικόνα 25: Διάστρωση φυτικής γης στο μεταλλείο.....	72
Εικόνα 26: Διάστρωση φυτικής γης.	73
Εικόνα 27: Μεταφορά και διάστρωση φυτικής γης.....	73
Εικόνα 28: Εγκατάσταση αρδευτικού δικτύου.	75
Εικόνα 29: Αρδευτικό δίκτυο.....	76
Εικόνα 30: Άποψη των αποθέσεων μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	77
Εικόνα 31: Άποψη των αποθέσεων μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	81

Εικόνα 32: Άποψη των οριζόντιων επιφανειών μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	83
Εικόνα 33: Άποψη των οριζόντιων επιφανειών μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	83
Εικόνα 34: Άποψη του μεταλλείου μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	84
Εικόνα 35: Άποψη του μεταλλείου μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.....	85
Εικόνα 36: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου στον αέρα.....	88
Εικόνα 37: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου στη λίμνη του μεταλλείου.....	89
Εικόνα 38: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου σε λιμνάζοντα νερά.....	90
Εικόνα 39: Δορυφορική απεικόνιση της περιοχής του αμιαντορυχείου πριν την αποκατάσταση.....	90
Εικόνα 40: Δορυφορική απεικόνιση της περιοχής του αμιαντορυχείου μετά την αποκατάσταση.....	91
Εικόνα 41: Δορυφορική απεικόνιση του μεταλλείου πριν την αποκατάσταση.....	91
Εικόνα 42: Δορυφορική απεικόνιση του μεταλλείου μετά την αποκατάσταση.....	91
Εικόνα 43: Δορυφορική απεικόνιση των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.....	92
Εικόνα 44: Δορυφορική απεικόνιση των αποθέσεων μετά την αποκατάσταση.....	92
Εικόνα 45: Μετρήσεις σε οριζόντιες επιφάνειες.....	93
Εικόνα 46: Μετρήσεις σε κεκλιμένες επιφάνειες.....	93
Εικόνα 47: Εκτεταμένη φύτευση ακακίας στις αποθέσεις.....	94
Εικόνα 48: Παρουσία ακακίας και πεύκης στις κεκλιμένες επιφάνειες.....	95
Εικόνα 49: Παρουσία μεσογειακού κυπαρισσιού στις κεκλιμένες επιφάνειες.....	95
Εικόνα 50: Παρουσία μεσογειακού κυπαρισσιού και κυπαρισσιού Αριζόνας στις οριζόντιες επιφάνειες.....	96
Εικόνα 51: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή των αποθέσεων.....	96
Εικόνα 52: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή των αποθέσεων.....	97
Εικόνα 53: Φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους.....	97
Εικόνα 54: Φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους.....	98

Εικόνα 55: <i>Robinia pseudoacacia</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	99
Εικόνα 56: <i>Pinus nigra</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.....	100
Εικόνα 57: <i>Cupressus sempervirens</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	101
Εικόνα 58: <i>Cupressus sempervirens</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.....	103
Εικόνα 59: <i>Cupressus arizonica</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.	104

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χρήσεις γης (στρ.).....	45
Πίνακας 2: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.	48
Πίνακας 3: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.	48
Πίνακας 4: Μετεωρολογικά στοιχεία καπνικού σταθμού Κοζάνης, περιόδου 1969-2000.....	49
Πίνακας 5: Σύνθεση της φυσικής βλάστησης της περιοχής.	51
Πίνακας 6: Πανίδα της περιοχής.	52
Πίνακας 7: Στοιχεία πληθυσμού της περιοχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.).....	53
Πίνακας 8: Τιμές των ιδιοτήτων που χρειάζονται για την ανάπτυξη της βλάστησης.	60
Πίνακας 9: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.....	78
Πίνακας 10: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως μοσχεύματα.	78
Πίνακας 11: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως σπόροι.....	78
Πίνακας 12: Θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.....	78
Πίνακας 13: Θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως σπόροι.....	78
Πίνακας 14: Αναρριχώμενοι θάμνοι που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.....	79
Πίνακας 15: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στα πρηνή (κλίση 1:2).	79

Πίνακας 16: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στα πρηνή (κλίση 1:1).	80
Πίνακας 17: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στα πρηνή (κλίση 1:2).....	80
Πίνακας 18: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στα πρηνή (κλίση 1:1).....	80
Πίνακας 19: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών ως μοσχεύματα στα πρηνή (κλίση 1:2).....	81
Πίνακας 20: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών ως μοσχεύματα στα πρηνή (κλίση 1:1).....	81
Πίνακας 21: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στις οριζόντιες επιφάνειες.	82
Πίνακας 22: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στις οριζόντιες επιφάνειες. .	82
Πίνακας 23: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στο μεταλλείο.	84
Πίνακας 24: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στο μεταλλείο.	84
Πίνακας 25: Ποσοστό συμμετοχής αναρριχώμενων ειδών στο μεταλλείο.....	84
Πίνακας 26: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Robinia pseudoacacia</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	98
Πίνακας 27: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Pinus nigra</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	99
Πίνακας 28: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	100
Πίνακας 29: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και τυπική απόκλιση στις κεκλιμένες επιφάνειες.	101
Πίνακας 30: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.	102
Πίνακας 31: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus arizonica</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.	103
Πίνακας 32: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και τυπική απόκλιση στις οριζόντιες επιφάνειες.	104
Πίνακας 33: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες.	105

Πίνακας 34: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης και τυπική απόκλιση των ειδών στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες συνολικά.....	106
---	-----

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Περιοχή αμιαντορυχείου (MABE).	40
--	----

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Robinia pseudoacacia</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	99
Διάγραμμα 2: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Pinus nigra</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	100
Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις κεκλιμένες επιφάνειες.	101
Διάγραμμα 4: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και αποτύπωση τυπικής απόκλισης στις κεκλιμένες επιφάνειες.	102
Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.	102
Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus arizonica</i> στις οριζόντιες επιφάνειες.	103
Διάγραμμα 7: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και αποτύπωση τυπικής απόκλισης στις οριζόντιες επιφάνειες.	104
Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος <i>Cupressus sempervirens</i> στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες.	105
Διάγραμμα 9: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης και αποτύπωση τυπικής απόκλισης των ειδών στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες συνολικά.	106

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την αξιολόγηση της φυτοτεχνικής αποκατάστασης που έγινε στην περιοχή του μεταλλείου αμιάντου βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ). Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται ο βαθμός επιτυχίας της αποκατάστασης σε σχέση με τους στόχους που είχαν τεθεί.

Αρχικά, παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της μεταλλευτικής δραστηριότητας στο περιβάλλον, στο τοπίο και στην κοινωνία.

Στη συνέχεια, γίνεται μια παρουσίαση γενικών στοιχείων για την αποκατάσταση μιας περιοχής και αναλύονται οι ιδιότητες των στεírων υλικών, τα οποία δημιουργούνται από τη μεταλλευτική δραστηριότητα.

Ακολούθως, παρουσιάζονται οι μέθοδοι αποκατάστασης μιας περιοχής και αναλύονται οι διαδικασίες που ακολουθούνται σε κάθε μέθοδο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης. Περιγράφεται το μεταλλείο, το ιστορικό του, η γεωγραφική θέση και έκτασή του. Παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τις χρήσεις γης της περιοχής, το τοπίο και τα οπτικά χαρακτηριστικά και το φυσικό περιβάλλον. Επιπλέον, δίνονται κάποια κοινωνικοπολιτικά στοιχεία της περιοχής.

Έπειτα, περιγράφεται η κατάσταση στην οποία βρισκόταν το μεταλλείο και οι αποθέσεις πριν την αποκατάστασή τους.

Επίσης, περιγράφεται η αποκατάσταση των διαταραγμένων χώρων και συγκεκριμένα αναλύονται τα προβλήματα που υπήρχαν στην περιοχή, τα οποία δημιουργούσαν δυσκολίες στην εγκατάσταση της βλάστησης. Επιπλέον, περιγράφονται τα κριτήρια επιτυχίας της φυτοτεχνικής αποκατάστασης.

Στη συνέχεια, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή των φυτοτεχνικών έργων που αφορούν τη σταθεροποίηση των αποθέσεων, την αποκατάσταση των χώρων των οριζόντιων επιφανειών και του μεταλλείου, την προετοιμασία και επαναφορά της φυτικής γης, την εγκατάσταση του αρδευτικού δικτύου και τις εργασίες εγκατάστασης της βλάστησης.

Τέλος, παρουσιάζεται η έρευνα που έγινε στην περιοχή μελέτης και αναλύεται η μέθοδος που ακολουθήθηκε, ώστε να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση της φυτοτεχνικής αποκατάστασης. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις δασοπονικών ειδών σε διάφορες επιφάνειες της περιοχής μελέτης. Έγινε μια απλή στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, με υπολογισμό μέσων όρων και τυπικών αποκλίσεων, που βοήθησε στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το βαθμό επιτυχίας κάθε δασοπονικού είδους και συνολικά της φυτοτεχνικής αποκατάστασης στην περιοχή μελέτης.

ABSTRACT

The purpose of the present postgraduate thesis is to evaluate the landscaping restoration carried out at the region of asbestos mine in Northern Greece (MABE). Specifically, the level of success of the restoration is being examined in comparison with the objectives that had been set.

Initially, the consequences of mining activity to the environment, the landscape and the society, are discussed.

Afterwards, general data about the restoration of any region are presented and the features of barren materials that mining activity generates are analyzed.

Then, different restoration methods are presented and the processes each method employs are analyzed.

Afterwards, the region of the thesis is presented. The mine's background, geographic location, size and features are described. Data concerning the purpose of the region's land, the landscape, the optical characteristics and the natural environment are presented. Moreover, sociopolitical data of the region are given.

Then, the pre-restoration situation of the mine and the depositions is described.

Also, the restoration of disturbed areas is described and specifically the preexisting issues that impeded vegetation establishment are analyzed. Moreover, the criteria of landscaping restoration success are described.

Afterwards, there is an analytical description of landscaping restoration projects, concerning the stabilization of depositions, the horizontal surfaces and the mine, the preparation and restoration of the topsoil, the installation of irrigation networks and the processes of vegetation establishment.

Finally, the research performed at the study area is presented and the method applied for the evaluation of landscaping restoration is analyzed. Agronomic species measurements were performed on various partial surfaces of the study area. A simple statistical analysis of the measurement results was made, via calculation of means and standard deviations. The analysis helped draw conclusions regarding success level of each agronomic species and overall landscaping restoration at the study area.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιοποίηση του ορυκτού πλούτου και οι μεταλλευτικές δραστηριότητες είναι πολύ σημαντικές για μια χώρα, προσφέροντας οφέλη τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε κοινωνικό. Αντίστοιχα, το φυσικό περιβάλλον, του οποίου η προστασία είναι αναγκαία, αποτελεί ένα μεγάλο κεφάλαιο, το οποίο με τη σειρά του εξασφαλίζει σημαντικά πολλαπλά οφέλη, ικανοποιώντας οικονομικές, κοινωνικές, οικολογικές και υδρονομικές ανάγκες.

Είναι δεδομένο ότι η βιομηχανία εξόρυξης ορυκτών, όπως σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα και μεγάλες αλλοιώσεις στο τοπίο και στο φυσικό περιβάλλον. Σε πολλές περιπτώσεις, η επέμβαση στο περιβάλλον έχει σαν αποτέλεσμα την θεαματική σε ένταση, σε έκταση και σε ρυθμό μεταβολή και συχνά καταστροφή του φυσικού τοπίου (Μπρόφας, 1987).

Είναι φανερό ότι με την συνεχόμενη αύξηση των αναγκών του ανθρώπου, η αλλοίωση του τοπίου και η διατάραξη των φυσικών οικοσυστημάτων δεν θα σταματήσει (Ισπικούδης, 1981). Η εγκατάσταση ενός μεταλλείου επιφέρει περιβαλλοντικά προβλήματα και σημαντικές επιπτώσεις στη βλάστηση, στο έδαφος, στο ανάγλυφο και στις οικολογικές συνθήκες μιας περιοχής. Συνεπώς, είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου πλάνου αποκατάστασης (Ισπικούδης, 1981).

Η μεταλλευτική δραστηριότητα αποτελεί μία αναγκαία δραστηριότητα για την κοινωνία, η οποία όμως θα πρέπει να υλοποιείται με συγκεκριμένους όρους που θα αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα πιθανά περιβαλλοντικά προβλήματα από την εκμετάλλευση και θα εξασφαλίζουν την αποκατάσταση της περιοχής μετά το πέρας της εκμετάλλευσης. Το ζητούμενο είναι να δημιουργηθούν όσο το δυνατόν λιγότερα περιβαλλοντικά προβλήματα από τη μεταλλευτική δραστηριότητα και η σωστή αντιμετώπιση και αποκατάσταση των προβλημάτων αυτών. Αυτό μπορεί να γίνει πράξη με μια εμπειριστατωμένη μελέτη των επιπτώσεων και έναν σωστό σχεδιασμό αποκατάστασης, τα οποία θα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της μελέτης της μεταλλευτικής δραστηριότητας. Η αποκατάσταση θα είναι αποτελεσματικότερη και η αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος μικρότερη (Μπρόφας, 2000), με την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποκατάστασης και τη σωστή επιλογή των δασοπονικών ειδών.

Τα σημαντικότερα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την αποκατάσταση των μεταλλευτικών χώρων είναι:

- Η διαμόρφωση της κλίσης των υπό αποκατάσταση επιφανειών τόσο στους χώρους απόθεσης στείρων υλικών όσο και στα μέτωπα εξόρυξης.
- Η εξεύρεση των μεγάλων ποσοτήτων επιφανειακού εδάφους καλής ποιότητας έτσι ώστε οι επιφάνειες πάνω στις οποίες πρόκειται να γίνουν οι φυτεύσεις να καλυφθούν με ένα ικανοποιητικό για την εγκατάσταση των φυτικών ειδών εδαφικό υπόστρωμα.
- Η επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών τα οποία θα μπορέσουν να επιβιώσουν στις γενικά δύσκολες συνθήκες που δημιουργούνται μετά το πέρας της μεταλλευτικής δραστηριότητας.
- Τα πιθανά προβλήματα τοξικότητας και ρύπανσης του περιβάλλοντος.
- Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός της αποκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη την αισθητική προσαρμογή της περιοχής στο ευρύτερο τοπίο.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του μεταλλείου αμιάντου βορείου Ελλάδος (ΜΑΒΕ), η αποκατάσταση των αποθέσεων και του χώρου του μεταλλείου ήταν αναγκαία και επιβεβλημένη, διότι εκτός από την ανάγκη απακατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος και του τοπίου, υπήρχε ο κίνδυνος για την δημόσια υγεία από ένα καρκινογόνο υλικό όπως ο αμιάντος, αλλά και ο κίνδυνος εκτεταμένης ρύπανσης της ατμόσφαιρας και των υδάτων από τις εκτεθειμένες ποσότητες καθαρού αμιάντου στην περιοχή του μεταλλείου.

1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις στα διάφορα οικοσυστήματα και κυρίως στον τοπικό άνθρωπο είναι πολλαπλές και έντονες. Μεγάλες εκτάσεις παραγωγικών εδαφών κυριολεκτικά αχρηστεύονται. Η καταστροφή της βλάστησης οδηγεί στη διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων με αλυσιδωτές δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον (πανίδα, υδατική οικονομία, ποιότητα αέρα κ.λ.π.), όσο και στην τοπική οικονομία (γεωργία, κτηνοτροφία, μελισσοκομία, δασοπονία κ.λ.π.). Οι περισσότερες από τις παραπάνω επιπτώσεις είναι μη αναστρέψιμες όταν οι επεμβάσεις γίνονται χωρίς σχεδιασμό και χωρίς προοπτική αποκατάστασης, γεγονός που περιορίζει τις εναλλακτικές λύσεις για μελλοντική χρήση της γης.

1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Προκειμένου να προχωρήσει η επιφανειακή εξόρυξη καταστρέφεται καταρχήν η υφιστάμενη φυσική βλάστηση. Το επιφανειακό έδαφος και οι οργανισμοί του, αναμιγνύονται με γεωλογικά υλικά βαθύτερων στρωμάτων τα οποία έρχονται στην επιφάνεια. Το οικολογικό περιβάλλον για τα άγρια ζώα αλλάζει ριζικά ή περιορίζεται δραστικά και οι εγκαταλειπόμενοι σωροί υπολειμμάτων κάνουν το τοπίο αποκρουστικό (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989, Χατζηστάθης και Ισπικούδης 1992). Κατά τη διαδικασία της εξόρυξης είναι πιθανό να έρχονται στην επιφάνεια τοξικά ή ραδιενεργά στοιχεία τα οποία αναμιγνύονται με τα σείρα και κάνουν την περιοχή ακατάλληλη για την άσκηση γεωργίας και κτηνοτροφίας ακόμα και μετά την αποκατάσταση.

Μία άλλη σοβαρή επίπτωση στο περιβάλλον από τη δραστηριότητα των μεταλλείων είναι η υποβάθμιση και η ρύπανση των υδάτων. Τα υδρολογικά πρότυπα αλλάζουν ριζικά στις περιοχές αυτές. Τα πλημμυρικά νερά αυξάνουν, η διάβρωση είναι πολύ πιο έντονη και η μεταφορά στερεών υλικών στα ρέματα και τους ποταμούς είναι πολύ πιο μεγάλη. Το οικολογικό περιβάλλον για την υδρόβια ζωή μεταβάλλεται δραστικά και πολλοί ζωικοί οργανισμοί εξαφανίζονται (Χατζηστάθης και Ισπικούδης 1992).

Τα παραπάνω έχουν ιδιαίτερη σημασία για περιοχές οι οποίες κατά καιρούς αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα από τη δράση των τοπικών χειμάρρων. Τα χειμαρρικά φαινόμενα θα είναι πολύ πιο καταστροφικά μετά την άσκηση μεταλλευτικών δραστηριοτήτων, αφού στον ευρύτερο χώρο θα υπάρχουν πολλές πηγές φερτών υλικών οι οποίες θα τροφοδοτήσουν τα αυξημένα πλημμυρικά νερά και θα οδηγήσουν σε καταστροφές. Επίσης, τα ύδατα αποτελούν τον πολυτιμότερο φυσικό πόρο, συνεπώς η υποβάθμισή τους και η ρύπανσή τους θα δρομολογήσουν σοβαρές αλλαγές στις περιοχές αυτές και δυστυχώς πρόκειται για κάτι μη αντιστρεπτό.

Η καταστροφή των ενδαιτημάτων είναι μια ακόμη σοβαρή επίπτωση της μεταλλευτικής δραστηριότητας και μια απειλή για την βιοποικιλότητα. Η καταστροφή της βλάστησης και η εναπόθεση των στείρων, επηρεάζουν αρνητικά τους σημαντικούς οικολογικά βιοτόπους των περιοχών αυτών και τα είδη χλωρίδας και πανίδας που περιλαμβάνουν, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εύθραυστα και δυσαναπλήρωτα (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995). Επίσης, ο περιορισμός των πολλαπλών λειτουργιών του δάσους όπως η παραγωγή ξύλου, η αντιδιαβρωτική προστασία του εδάφους, η ρύθμιση του υδατικού δυναμικού και η αναψυχή, καθώς και η διατάραξη της οικολογική ισορροπίας των οικοσυστημάτων είναι δεδομένο ότι θα συμβούν.

Στη μεταλλευτική δραστηριότητα, οι μονάδες επεξεργασίας χρειάζονται για τη λειτουργία τους τεράστιες ποσότητες νερού. Οι ποσότητες αυτές προέρχονται συνήθως από γεωτρήσεις, με αποτέλεσμα να ανατρέπονται όλα τα δεδομένα σε ότι αφορά την τοπική υδατική οικονομία. Το πρόβλημα το οποίο προκύπτει είναι η καταστροφή των υδροφόρων οριζόντων οι οποίοι και μετά την ιδανικότερη αποκατάσταση της περιοχής δεν πρόκειται να εμφανισθούν όσα χρόνια και αν περάσουν.

Σοβαρή επίπτωση στο περιβάλλον από τη μεταλλευτική δραστηριότητα, είναι η υποβάθμιση και ρύπανση των υδάτων της γύρω περιοχής. Οι μονάδες επεξεργασίας, το νερό που χρησιμοποιούν το απορρίπτουν στον περιβάλλοντα χώρο. Οι μεγάλες αυτές ποσότητες υγρών αποβλήτων, υποβαθμίζουν σοβαρά την ποιότητα των υδάτων και δηλητηριάζουν τα εδάφη. Η υποβάθμιση των υπόγειων υδάτων συντελείται μέσω της αποστράγγισης διαλυτών τοξικών στοιχείων στους υδροφόρους ορίζοντες αλλά και στα ρέματα της περιοχής.

Τέλος, σημαντικές επιπτώσεις για τις περιοχές στις οποίες υφίσταται μεταλλευτική δραστηριότητα, αποτελούν η αλλοίωση του αναγλύφου και οι αλλαγές του μικροκλίματος των περιοχών αυτών. Η ολοκληρωτική απόσπαση του επιφανειακού εδάφους και υπεδάφους, οδηγεί στη δημιουργία μεγάλων μετώπων εκσκαφής, έντονων εξάρσεων από την εναπόθεση των στείρων και διάφορων κοιλοτήτων και λάκκων. Συνεπώς, δημιουργούνται καταστάσεις έντονης αστάθειας και διάβρωσης του εδάφους. Η έλλειψη βλάστησης στις περιοχές αυτές, συνεπάγεται την αύξηση της έντασης του φωτός και την μείωση της εξατμισοδιαπνοής. Η συνεχής έκθεση του εδάφους στην ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς την προστασία της βλάστησης, αυξάνει την θερμοκρασία του εδάφους και του αέρα, επηρεάζοντας αρνητικά τους ζωντανούς οργανισμούς (Χατζηστάθης, 1997).

1.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η μεταλλευτική δραστηριότητα επιδρά αρνητικά και δημιουργεί μια αισθητική αλλοίωση του τοπίου. Η καταστροφή της βλάστησης και του εδάφους επιφέρει έντονες αντιθέσεις στο χρώμα, στη γραμμή, στη μορφή και στην υφή τα οποία αποτελούν τα κύρια στοιχεία του τοπίου. Η μορφή των αλλαγών στο τοπίο εξαρτάται κάθε φορά από τη μέθοδο εξόρυξης, από το μέγεθος της περιοχής που καταλαμβάνει και από την ένταση της επέμβασης στο τοπίο (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Η μεταλλευτική δραστηριότητα μεταβάλλει σημαντικά τους οπτικούς χαρακτήρες του τοπίου (Μπρόφας, 1989). Στην περιοχή εξόρυξης είναι εμφανής η αλλοίωση του φυσικού αναγλύφου, η μείωση των πολύπλοκων μορφών του τοπίου και η αύξηση των κανονικών μορφών με αποτέλεσμα την ομοιομορφία του. Επίσης, εμφανίζονται άκαμπτα ευθύγραμμα τμήματα σε αντίθεση με τις φυσικές

γραμμές του τοπίου και ανοιχτά και έντονα χρώματα των εκσκαφών και των αποθέσεων σε αντίθεση με τα σκούρα χρώματα των φυσικών στοιχείων.

Οι μεταβολές των βασικών στοιχείων του τοπίου προσδιορίζουν το είδος και την ένταση της επέμβασης της μεταλλευτικής δραστηριότητας. Όσον αφορά την ένταση διακρίνονται τέσσερις βαθμοί επέμβασης (Μπρόφας, 1989):

- Επέμβαση χωρίς ουσιαστική μεταβολή ή με σημειακή αλλαγή, όπως συμβαίνει με την υπόγεια μεταλλευτική δραστηριότητα.
- Επέμβαση με μερική αλλοίωση, όπως συμβαίνει στην αξιοποίηση των αβαθών επιφανειακών κοιτασμάτων.
- Επέμβαση με έντονη μεταβολή του τοπίου και δημιουργία μεγάλων εκσκαφών και αποθέσεων.
- Επέμβαση με πλήρη μεταβολή του φυσικού τοπίου.

1.3 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η επίδραση της μεταλλευτικής δραστηριότητας στην ποιότητα ζωής των κατοίκων της περιοχής εξόρυξης είναι πολύ σημαντική και μπορεί να προκαλέσει τόσο προβλήματα υγείας όσο και κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, η ηχορύπανση, οι δονήσεις από τις εκρήξεις και τα στερεά και υγρά απόβλητα, που συνοδεύουν την εξορυκτική δραστηριότητα, μπορούν να αποτελέσουν σοβαρή ενόχληση, ακόμα και κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη μείωση αυτών των επιδράσεων (Χατζηστάθης, 1997).

Σημαντικός είναι ο κίνδυνος κατολισθήσεων, που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να συμβούν, με σοβαρές συνέπειες για τους κατοίκους, λόγω των μεγάλων σωρών των στείρων με μεγάλες κλίσεις και γενικά λόγω των ασταθών και χαλαρών εδαφών. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις επιβάλλεται η απαλλοτρίωση χωραφιών, οικοπέδων και ολόκληρων οικισμών. Αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρά κοινωνικά προβλήματα λόγω της αναγκαστικής μεταφοράς του πληθυσμού σε άλλη περιοχή.

Η μεταλλευτική δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τοπική οικονομία και τομείς όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία και η δασοπονία, λόγω των ακραίων αλλαγών των χρήσεων γης και της αφαίρεσης γόνιμων και παραγωγικών εκτάσεων από την παραγωγική διαδικασία της περιοχής. Έτσι προκαλούνται σημαντικές επιπτώσεις στον κοινωνικό τρόπο ζωής του πληθυσμού, όπου ο πληθυσμός υποχρεώνεται να στραφεί σε νέους τρόπους βιοπορισμού, με αναμφίβολες ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Συμπερασματικά γίνεται σαφές ότι πρέπει να δοθεί περισσότερο βάρος στην αποκατάσταση και αξιοποίηση του διαταραγμένου τοπίου. Κυρίαρχη θέση παίρνουν σήμερα τα προβλήματα προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και σοβαρά κοινωνικά προβλήματα, όπως η δημόσια αποδοχή (Χατζηστάθης και Ισπικούδης 1995).

2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

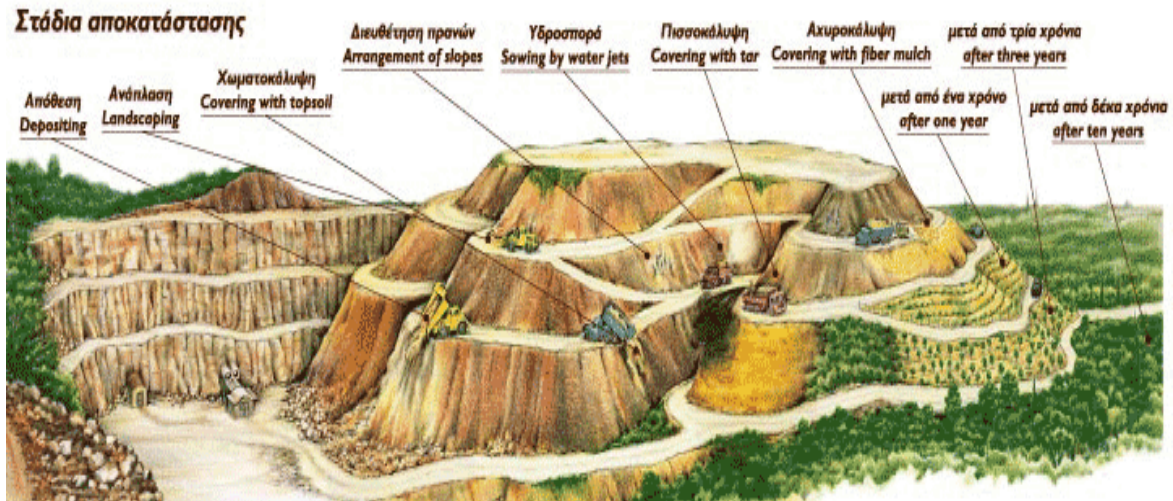
Στην Ελλάδα το Σύνταγμα του 1975, αποτέλεσε για πρώτη φορά το νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος. Η προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων αποτελεί αντικείμενο ειδικής προστασίας. Το 1979 ψηφίστηκε ο Ν.998/1979 για την προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων της χώρας. Ο Ν.998/1979 προβλέπει για τη μεταλλευτική δραστηριότητα να ενεργείται υποχρεωτικά με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην καταστρέφει τη δασική βλάστηση, παρά μόνο την απαραίτητη έκταση. Η εναπόθεση των στείρων να γίνεται σε ειδικούς χώρους και να υπάρχει αποκατάσταση όλων των προβλημάτων που δημιουργούνται στο δάσος και στις δασικές εκτάσεις. Η επιχείρηση που έχει τη μεταλλευτική δραστηριότητα, είναι υποχρεωμένη να προβαίνει περιοδικώς σε αποκατάσταση του τοπίου και της βλάστησης με την εφαρμογή προγράμματος αναδάσωσης. Σε περίπτωση που η αναδάσωση είναι δυσχερής, η δασική υπηρεσία μπορεί να υποχρεώσει την επιχείρηση να αναδασώσει άλλη έκταση, μέχρι και πενταπλάσια από εκείνη όπου προκάλεσε πρόβλημα ή να αναδασώσει η ίδια την έκταση και να της επιβάλλει να καταβάλλει στο δημόσιο τη δαπάνη αναδάσωσης. Η επιχείρηση σε περίπτωση που αρνηθεί ή παραλείψει να εκπληρώσει τα παραπάνω, υπόκειται σε πειθαρχική δίωξη (ΦΕΚ 289/Α/1979 αρθ.57 παρ.4).

Σκοπός του ολοκληρωμένου νομικού πλαισίου για το περιβάλλον όπως το ορίζει ο Ν.1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος», είναι η θέσπιση θεμελιωδών κανόνων και η καθιέρωση κριτηρίων και μηχανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Από το 1990 και μετά, η διεύθυνση του κοινοτικού δικαίου περιβάλλοντος συνετέλεσε στην επιτάχυνση της δημιουργίας εθνικών ρυθμίσεων για το περιβάλλον και στον εκσυγχρονισμό και την ανανέωση του περιεχομένου τους. Ενσωματώθηκαν στο ελληνικό δίκαιο πλήθος κοινοτικών οδηγιών και κανονισμών που καταλαμβάνουν από άποψη αντικειμένου ένα μεγάλο αριθμό των γενικών και ειδικών θεμάτων προστασίας του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο της χώρας μας και την ΚΥΑ 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678/Β), υποχρέωση μελέτης και εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) υφίσταται για όλα τα έργα και τις δραστηριότητες, τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου τομέα. Στη μελέτη αυτή θα αναφέρονται αναλυτικά οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την πραγματοποίηση του έργου αλλά και προτάσεις για την πρόληψη και αντιμετώπιση τους.

3. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η αποκατάσταση του χώρου στον οποίο έχει υπάρξει μεταλλευτική δραστηριότητα είναι πολύ σημαντική για την προστασία και την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και τον οικοσυστημάτων. Μια αποκατάσταση για να είναι επιτυχημένη πρέπει να ξεκινάει με τον σχεδιασμό της μεταλλευτικής δραστηριότητας και να αποτελεί λειτουργικό μέρος της.



Εικόνα 1: Η ταυτόχρονη με τις εργασίες εξόρυξης αποκατάσταση ενός μεταλλείου.

Στόχος είναι η επαναφορά, όσο είναι δυνατό σε μεγαλύτερο βαθμό, των αρχικών οικολογικών συνθηκών του περιβάλλοντος και η επανεγκατάσταση στο άμεσο ή στο απώτερο μέλλον όλων των προϋπαρχόντων φυτικών και ζωικών οργανισμών. Η διατάραξη του φυσικού περιβάλλοντος από την μεταλλευτική δραστηριότητα είναι τόσο ισχυρή, που η πλήρης αποκατάστασή του και η επαναφορά των οικοσυστημάτων ακριβώς στην αρχική κατάσταση είναι σχεδόν αδύνατη και με οικονομικό κόστος πολύ υψηλό.

Η ανάγκη αποκατάστασης είναι πιο έντονη σε περιοχές με ξηρό και ημίξηρο κλίμα, όπου η φυσική αναγέννηση είναι συνήθως απύσχα ή πάρα πολύ αργή. Με την αποκατάσταση εφαρμόζεται μια μεθοδολογία, με σκοπό την επαναφορά των ενδιαμιμάτων, της παραγωγικότητας και της βιοποικιλότητας και τη λειτουργία του οικοσυστήματος σε περιοχές υποβαθμισμένες από την μεταλλευτική δραστηριότητα. Η ιδανική μέθοδος μιας επιτυχημένης αποκατάστασης απαιτεί το σχεδιασμό της πριν από την έναρξη των εργασιών εξόρυξης, έτσι ώστε ο χώρος να αποκτά σταδιακά τα αισθητικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά για την μελλοντική χρήση που επιλέχτηκε (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Μια ανάλυση πριν από την εξόρυξη σ' ένα μεταλλείο είναι ευεργετική, προκειμένου να γίνει σωστή χωροθέτηση και να ελαχιστοποιηθεί η συνολική επιφάνεια που θα καταλαμβάνει η μεταλλευτική δραστηριότητα. Επίσης, στην ανάλυση αυτή καθορίζεται ο τρόπος μίξης ή χωρισμού των διαφόρων υλικών μετά την δραστηριότητα και κατά τη διαμόρφωση των σωρών. Έτσι με αυτόν τον τρόπο θα αφήνονται στην επιφάνεια των σωρών υλικά που δεν είναι τοξικά. Επιπλέον, όπου αυτό είναι δυνατό, κατά τη διάρκεια των εργασιών εξόρυξης το φυσικό επιφανειακό έδαφος τοποθετείται στην επιφάνεια των σωρών εξασφαλίζοντας γενικότερα τις καλύτερες φυσικές ιδιότητές τους (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Η αποκατάσταση του τοπίου μιας μεταλλευτικής περιοχής διαρκεί από 3 έως 4 χρόνια και εξαρτάται από τη μέθοδο εξόρυξης που χρησιμοποιήθηκε, από το

μητρικό πέτρωμα, το κλίμα, την τοπογραφία και το έδαφος της περιοχής. Ο προγραμματισμός, οι γεωτεχνικές και τοπογραφικές μελέτες (όγκος στείρων υλικών, ύψος των μετώπων εκσκαφής, πλάτος βαθμίδων, κλίσεις πρανών κ.λπ.) είναι απαραίτητοι παράγοντες για το σχεδιασμό της μελλοντικής αποκατάστασης.

Ανάλογα με τη φύση της μεταλλευτικής δραστηριότητας και τις συνθήκες που δημιουργούνται, η αποκατάσταση μπορεί να εξυπηρετήσει παραγωγικούς σκοπούς, να έχει προστατευτικό χαρακτήρα και να διευκολύνει την αναψυχή ή ακόμη και να συμβάλλει στην εγκατάσταση της άγριας ζωής (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Τα κριτήρια με τα οποία θα αποφασιστεί ο σχεδιασμός της αποκατάστασης αναφέρονται από την ανάλυση των δεδομένων, των δυνατοτήτων και των περιορισμών που συνδέονται με τα χαρακτηριστικά του τοπίου και του περιβάλλοντος. Η εκτίμηση αυτών των μελλοντικών λύσεων σε μία περιοχή μπορεί να γίνει με (Ισπικούδης, 2001):

- Ανάλυση της περιοχής για να προσδιοριστεί κατά πόσο είναι μηχανικά ή περιβαλλοντικά κατορθωτή η αποκατάσταση.
- Ανάλυση του «κόστος/κέρδος» για να προσδιοριστούν το κέρδος από την επένδυση των κεφαλαίων και οι κοινωνικές, οι περιβαλλοντικές και οι οικονομικές συνέπειες που θα έχει η αποκατάσταση.
- Δημιουργική εφαρμογή των αρχών της αρχιτεκτονικής του τοπίου για να επιτευχθεί ο βαθμός αποδοτικότητας με τον οποίο θα μεγιστοποιηθούν τα οφέλη και θα ελαχιστοποιηθούν οι συγκρούσεις με το περιβάλλον.
- Δημόσιες συναντήσεις, όπου θα ζητηθεί και η γνώμη των πολιτών (ομάδες και σύλλογοι που έχουν ιδιαίτερες ευαισθησίες και αντικρουόμενα ενδιαφέροντα π.χ. φυσιολάτρες–κυνηγοί).

4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα στείρα υλικά (μπάζα) της εξόρυξης είναι το υλικό που εξορύσσεται μαζί με το μέταλλευμα και δεν είναι αξιοποιήσιμο, διότι δεν περιέχει ορυκτά με οικονομικό ενδιαφέρον. Οι σωροί των στείρων υλικών αποτελούνται από έδαφος αναμεμειγμένο με θραύσματα και μεγάλα κομμάτια βράχων του πετρώματος και πλέον η μάζα που δημιουργείται δεν θεωρείται πια έδαφος, αλλά είναι ένα σύνολο από αδρανή υλικά. Τα υλικά αυτά συνήθως αποτελούν το βασικό όγκο ρύπων στο χώρο του μεταλλείου, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ανομοιογένεια ως προς τη μηχανική και τη χημική τους σύσταση και επιπλέον παρουσιάζουν παντελή έλλειψη οργανικής ουσίας και βιολογικής δραστηριότητας (Χατζηστάθης, 2003).

4.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι φυσικές ιδιότητες των σωρών, όπως η μηχανική σύσταση, η δομή, το ειδικό βάρος, η κλίση των πρανών, το χρώμα, η έκθεση, η διαβρωσιμότητα και η σταθερότητα του εδάφους μπορεί να επηρεάσουν την εκλογή, την εγκατάσταση και την αύξηση των φυτών (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Συγκεκριμένα η μηχανική σύσταση των υλικών των αποθέσεων ποικίλει και περιλαμβάνει υλικά όλων των διαστάσεων, από ογκόλιθους μέχρι συστατικά στο μέγεθος ιλύος και αργίλου. Εδάφη μεταλλείων αποτελούμενα από χονδρόκοκκα υλικά ή λίθους, ξηραίνονται γρήγορα λόγω μικρής ικανότητας υδατοσυγκράτησης, κυρίως στην

επιφάνειά τους, όπου η υγρασία είναι αποφασιστικής σημασίας για τη φύτευση των σπόρων (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Επίσης, λόγω της συνήθως μικρής περιεκτικότητας σε λεπτόκοκκο υλικό των αποθέσεων, εκτός από τη μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού, παρατηρείται και μικρή ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών συστατικών. Έτσι περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό η δυνατότητα φυσικής ή τεχνητής εγκατάστασης της βλάστησης.

Οι υδατικές συνθήκες στην επιφάνεια των στείρων είναι δύσκολες για την αποκατάσταση, λόγω της απουσίας της βλάστησης και της απώλειας υγρασίας μέσω της εξάτμισης. Συνεπώς, η υγρασία θεωρείται ο περιοριστικός παράγοντας για την αποκατάσταση των διαταραγμένων επιφανειών. Η επανεγκατάσταση της βλάστησης σε μεταλλευτικούς χώρους αυξάνει τη διήθηση, μειώνει την απορροή και βελτιώνει την ικανότητα υδατοσυγκράτησης. Η χρησιμοποίηση οργανικής ουσίας και προϊόντων εδαφοκάλυψης βοηθάει στη βελτίωση των υδατικών συνθηκών, ενώ η χρήση βαθύρριζων ειδών βοηθάει στην έμμεση παράκαμψη της ελλειμματικής υγρασίας του εδάφους. Επίσης, για τη βελτίωση της υδατοσυγκράτησης, χρησιμοποιούνται συνθετικά προϊόντα, για το λόγο ότι απορροφούν νερό σε πολλαπλάσιες του όγκου τους ποσότητες. Τα προϊόντα αυτά επειδή είναι χημικά αδρανή, βελτιώνουν κάποιες φυσικές ιδιότητες των εδαφών χωρίς να επηρεάζουν τις χημικές τους ιδιότητες, όπως την αύξηση της υδατοσυγκράτησης και τη μείωση του συντελεστή εξάτμισης. Με αυτόν τον τρόπο ελατώνονται οι αναγκαίες ποσότητες νερού για το πότισμα των φυτών και κατα συνέπεια και το κόστος.

Τα μεταλλεία που εγκαταλείπονται, γίνονται ιδιαίτερα ευάλωτα στη διάβρωση, στην κατάρρευση και στην πτώση βράχων. Η διάβρωση διατηρεί σε αστάθεια την κεκλιμένη επιφάνεια, γεγονός που δυσκολεύει την αγκύρωση των σπόρων της φυσικής βλάστησης, όπως επίσης την τεχνητή εγκατάσταση της βλάστησης και την επιβίωση των φυταρίων. Πολλές φορές απογυμνώνει τις ρίζες ή παρασύρει ολόκληρα τα φυτά που εγκαταστάθηκαν με φυσικό ή τεχνητό τρόπο. Ιδιαίτερα δύσκολη είναι η εγκατάσταση βλάστησης στα χαμηλότερα μέρη των πρηνών, όπου η διάβρωση είναι εντονότερη και συγκεντρώνεται μεγάλος όγκος χονδρόκοκκων υλικών (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Η πιθανότητα ενός τόπου για να διαβρωθεί καθορίζεται από το έδαφος και το γεωλογικό υπόθεμα, τη βλάστηση, το κλίμα και το ανάγλυφο. Εδάφη με κακή δομή περιορίζουν τη διήθηση και απορρόφηση του νερού και κατά συνέπεια αυξάνουν την επιφανειακή απορροή και τη διάβρωση (Παπαμίχος, 1996). Βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την ένταση της διάβρωσης είναι η συχνότητα, η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων. Οι επιδράσεις του νερού των κατακρημνισμάτων στην ευστάθεια των πρηνών είναι τόσο μηχανικές όσο και χημικές. Το νερό επιδρά χημικά με τη διάλυση πετρωμάτων, όπως τα ανθρακικά (π.χ ασβεστόλιθος), συντελώντας στη χημική αποσάθρωσή τους και στη μείωση της ευστάθειας των πρηνών. Η εναλλαγή των θερμοκρασιών μπορεί επίσης να καθορίσει περιόδους έντονης διάβρωσης, όπως για παράδειγμα η ταχεία τήξη του χιονιού και των πάγων που μπορεί να οδηγήσει σε αποκόλληση συσσωματωμάτων εδάφους και έκσχυση των φυταρίων (Παπαμίχος, 1996). Τέλος, η δυνατότητα διάβρωσης επηρεάζεται αισθητά από τα γεωμορφολογικά στοιχεία. Μεγάλες και απότομες πλαγιές αυξάνουν την ένταση της έκπλυσης και διάβρωσής τους, λόγω της αυξημένης ταχύτητας της επιφανειακής απορροής (Παπαμίχος, 1996).

Κάποια από τα μέτρα προστασίας για την αντιμετώπιση της διάβρωσης είναι η άμεση κάλυψη των εδαφών με βλάστηση, που αποτελεί την πιο πρακτική και σχετικά ανέξοδη λύση. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως που είναι απαραίτητο να ληφθούν και άλλα μέτρα για να περιοριστεί η διάβρωση. Τέτοια είναι η κατασκευή

τεχνικών έργων, η χρησιμοποίηση προστατευτικών υλικών, σταθεροποιητικών του εδάφους, γεωϋφασμάτων και κλαδοπλεγμάτων (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Σε περιοχές όπου απομακρύνεται το επιφανειακό στρώμα του εδάφους ή παραχώνεται κατά την εξόρυξη του μεταλλεύματος, προκαλείται έλλειψη των τριών βασικών θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών, του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου.

Συγκεκριμένα, η λίπανση με άζωτο στις περιπτώσεις αυτές, διευκολύνει πάντα την εγκατάσταση βλάστησης και θα πρέπει να επαναλαμβάνεται για αρκετά χρόνια μέχρι να εγκατασταθεί μόνιμη βλάστηση και να υπάρξει επάρκεια αζώτου στο έδαφος (Ντάφης, 1986). Το άζωτο προέρχεται από την ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας, καθώς και από τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου με τη βοήθεια της μυκόρριζας, αλλά κυρίως με τα βακτήρια του *Rhizobium* που συμβιών στις ρίζες των φυτών που ανήκουν στην οικογένεια των ψυχανθών (*Leguminaceae*). Η δράση όμως των παραπάνω μικροοργανισμών μειώνεται με το βάθος του εδάφους και καθώς το επιφανειακό έδαφος συνεχίζει να εναποτίθεται σε σωρούς και να διαταράσσονται οι εδαφικοί ορίζοντες κατά τη διάρκεια της εξόρυξης. Έτσι λοιπόν για την επιτυχία της αποκατάστασης, κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση και συντήρηση ψυχανθών φυτών. Επειδή όμως τα περισσότερα εδάφη μεταλλείων δεν περιέχουν αυτόχθονους πληθυσμούς του βακτηρίου *Rhizobium* για την δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, θα πρέπει να εμβολιαστούν οι σπόροι των ψυχανθών με το βακτήριο αυτό. Επίσης, η κάλυψη των γυμνών επιφανειών, με έδαφος από την ευρύτερη περιοχή αποδείχτηκε ένας πολύ αποτελεσματικός εναλλακτικός τρόπος εμβολιασμού των νέων επιφανειών με μυκόρριζες. Ο συνδυασμός του εμβολιασμού με την προσθήκη οργανικής ουσίας μπορεί σε μεγάλο βαθμό να ενισχύσει το ποσοστό επιτυχίας.

Για να εφοδιάσουμε το έδαφος με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, ώστε να μην παρουσιαστεί περιορισμός στην ανάπτυξη των φυτών, κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη λιπασμάτων. Ο τύπος και ο ρυθμός εφαρμογής των λιπασμάτων, εξαρτώνται από την περιοχή, τον τύπο του εδάφους και τη χρήση για την οποία θα προοριστεί η περιοχή μετά την αποκατάσταση. Θα πρέπει επίσης η προετοιμασία και η εφαρμογή του λιπάσματος να γίνεται με μεγάλη προσοχή, διότι οι ρίζες των φυταρίων μπορεί να καταστραφούν εάν το λίπασμα προστεθεί πολύ κοντά στο φυτό.

Η ωφελιμότητα ορισμένων θρεπτικών συστατικών του εδάφους, περιορίζεται στις ακραίες συνθήκες οξύτητας του εδάφους (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Το εύρος τιμών του pH του εδάφους που εξασφαλίζει τις καλύτερες συνθήκες διαλυτότητας και δυνατότητας πρόσληψης των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων είναι αυτή μεταξύ 5,0 και 7,5 (Παπαμίχος, 1996). Καθώς το pH ενός μεταλλείου μπορεί να αλλάξει ραγδαία λόγω της αποσάθρωσης και οξείδωσης των θραυσμάτων του πετρώματος, παρατηρούνται συνήθως ακραίες τιμές του pH στα εδάφη.

Για την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους χρησιμοποιούνται τόσο οργανικά όσο και χημικά (ανόργανα) λιπάσματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η βασική διαφορά μεταξύ των παραπάνω λιπασμάτων φαίνεται να είναι η διάρκεια δράσης τους. Τα χημικά λιπάσματα έχουν προφανώς τη δυνατότερη δράση, αλλά χωρίς επαναληπτικές εφαρμογές η επίδρασή τους είναι βραχυπρόθεσμη, καθώς είναι γρήγορη η έκπλυσή τους από το έδαφος.

Η οργανική ουσία είναι η βασικότερη πηγή θρεπτικών συστατικών του εδάφους. Τα προβλήματα της δομής, της διαβρωσιμότητας, του βάθους, της γονιμότητας, της διήθησης και της υδατοσυγκράτησης του εδάφους μπορούν όλα να ελαττωθούν με την προσθήκη οργανικής ύλης στο έδαφος. Η οργανική ουσία προστατεύει τα εδάφη από την έκπλυση και την απώλεια των θρεπτικών στοιχείων. Επιπλέον, αυξάνει τη δράση των μικροοργανισμών του εδάφους και ευνοεί το σχηματισμό μυκόρριζας, ενώ μειώνει την πλαστικότητα και συνεκτικότητα των αργιλικών εδαφών βελτιώνοντας το πορώδες τους και αποτρέποντας τη δημιουργία επιφανειακής κρούστας. Στα αμμώδη εδάφη η οργανική ουσία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της υγρασίας και των θρεπτικών στοιχείων καθώς αυξάνει την συνεκτικότητά τους με τη δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων των εδαφικών κόκκων. Στις διαταραγμένες όμως από την εξόρυξη περιοχές η ποσότητα της οργανικής ύλης, τόσο στις επιφάνειες των στείρων υλικών, όσο και στις βαθμίδες είναι μηδαμινή (Ντάφης, 1986).

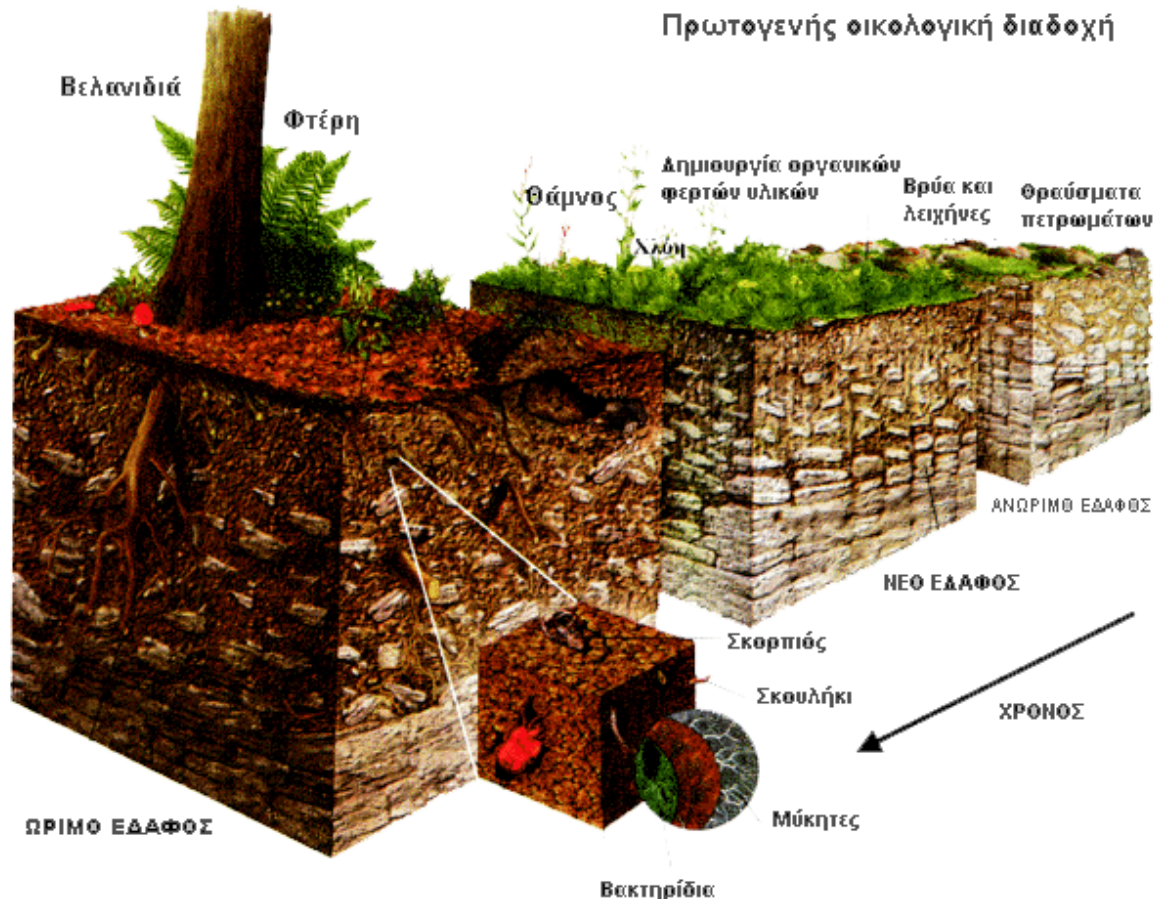
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μετά την υποβάθμιση ενός τόπου λόγω της εξορυκτικής δραστηριότητας, η περιοχή μπορεί είτε να αφεθεί ώστε να αναγεννηθεί από μόνη της (φυσική αναγέννηση), είτε να αποκατασταθεί με ανθρώπινη παρέμβαση (τεχνητή αποκατάσταση). Η κατεύθυνση που θα ακολουθηθεί καθορίζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στη περιοχή μελέτης, το επίπεδο της υποβάθμισης και από τους στόχους της αποκατάστασης. Ο βαθμός επιτυχίας των παραπάνω μεθόδων αποκατάστασης εξαρτάται από το περιβάλλον κάθε θέσης και από τις τοπικές συνθήκες της περιοχής.

5.1 ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΔΟΧΗ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ

Στο φυσικό περιβάλλον, μετά από μια διαταραχή η οποία έχει καταστρέψει τη βλάστηση, το οικοσύστημα εξελίσσεται ακολουθώντας τους μηχανισμούς της οικολογικής διαδοχής. Η οικολογική διαδοχή είναι μια δυναμική διαδικασία, η οποία εμπλέκει την εναλλαγή διαφόρων φυτικών ειδών σε σχέση με το χρόνο, καθώς το οικοσύστημα ωριμάζει προς την κατάσταση ισορροπίας (σταθερή κατάσταση).

Όταν το φυσικό περιβάλλον είναι καινούριο, στο έδαφος δεν έχει υπάρξει ποτέ βλάστηση στο παρελθόν και με διαδοχικά στάδια δημιουργείται το δασικό οικοσύστημα, η διαδικασία αυτή είναι η πρωτογενής διαδοχή.



Εικόνα 2: Πρωτογενής οικολογική διαδοχή.

Όταν η διαδικασία αυτή διαταραχθεί, είτε από φυσικό αίτιο (πυρκαγιά), είτε από ανθρωπογενές αίτιο (μεταλλευτική δραστηριότητα) και η διατάραξη καταστρέψει μέρος του οικοσυστήματος, τότε υφίσταται η διαδικασία της δευτερογενούς διαδοχής, επειδή το περιβάλλον περιέχει ήδη ζωντανούς οργανισμούς, όπως π.χ τους σπόρους που βρίσκονται στο έδαφος και τα ριζώματα που θα φυτρώσουν ή θα αναγεννηθούν μετά τη διαταραχή. Σε εδάφη που έχουν παραχθεί από μεταλλευτική δραστηριότητα έχει παρατηρηθεί η περίπτωση της «ανθρωπογενούς πρωτογενούς οικολογικής διαδοχής», όπου λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων έρχεται στην επιφάνεια έδαφος που προέρχεται από κατώτερα στρώματα και δεν έχει υπάρξει βλάστηση σε αυτό στο παρελθόν. Γενικότερα η ταχύτητα επαναβλάστησης στη δευτερογενή διαδοχή είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στην πρωτογενή. Στην πρωτογενή διαδοχή ο χρόνος που απαιτείται είναι πολύ μεγάλος λόγω της έλλειψης εδάφους. Ο ρυθμός εδαφογένεσης σε αυτές τις περιπτώσεις εξαρτάται από τον τύπο του μητρικού πετρώματος.

Αν η υποβάθμιση του οικοσυστήματος δεν έχει προχωρήσει πολύ και πάντως να ενεργούν οι ανασταλτικοί παράγοντες (βόσκηση, φωτιά κ.λπ.) και κάθε ανθρωπίνη διαταραχή, είναι πολύ πιθανό το οικοσύστημα, λόγω της δυναμικής που διαθέτει, να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση ή να εξελιχθεί προς μια κατάσταση ισορροπίας με τις κλιματικές, εδαφολογικές και οικολογικές συνθήκες της περιοχής.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν καθοριστικά την πορεία και τη χρονική στιγμή που θα ξεκινήσει η διαδοχή. Για το λόγο αυτό σε υποβαθμισμένες, σε προχωρημένο στάδιο και για μεγάλο χρονικό διάστημα, περιοχές όπου

κυριαρχούν αντίξοες κλιματικές συνθήκες, η φυσική αναγέννηση μπορεί να καθυστερήσει πάρα πολύ ή ακόμη και να μη συμβεί ποτέ.

Η φυσική διαδοχή είναι μια μέθοδος αποκατάστασης που έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η βλάστηση η οποία θα αναγεννηθεί φυσικά, θα είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στις τοπικές συνθήκες της περιοχής, με μεγάλες πιθανότητες επιτυχίας. Επίσης, οι περιοχές με φυσική αναγέννηση έχουν μεγάλη περιβαλλοντική αξία και σαφώς το κόστος αποκατάστασης των περιοχών αυτών είναι μικρό. Το αρνητικό της φυσικής διαδοχής είναι το γεγονός ότι αποτελεί μια αργή διαδικασία και δεν μπορεί να ελεγχθεί ο χρόνος της αποκατάστασης.

5.2 ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σε πολλές περιπτώσεις όπου οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση της αυτοφυούς βλάστησης, η ανθρώπινη παρέμβαση θεωρείται απαραίτητη για τη βελτίωση των συνθηκών αυτών. Η τεχνητή λοιπόν οικολογική αποκατάσταση του περιβάλλοντος περιλαμβάνει ένα σύνολο αλληλένδετων εργασιών που απαιτούν προσεκτική μελέτη, όπου θα συμπεριλαμβάνονται όλοι οι κοινωνικοί και οικολογικοί παράγοντες, έτσι ώστε να επιτευχθεί το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Η αποκατάσταση χωρίζεται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει τη μελέτη των οικολογικών συνθηκών, τη διαμόρφωση και ανάπτυξη των επιφανειών που πρόκειται να αποκατασταθούν και την κάλυψή τους με φυτική γη. Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει τη σωστή εκλογή της βλάστησης και της μεθόδου εγκατάστασής της, την περιφράξη των επιφανειών που θα αποκατασταθούν για την προστασία τους, την συντήρηση των φυτών και την παρακολούθηση και τον έλεγχο των εργασιών αποκατάστασης.

5.2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Κατά την έναρξη της αποκατάστασης είναι πολύ σημαντική η μελέτη των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που συνθέτουν το οικοσύστημα, η γνώση των αυτόχθονων οργανισμών που βρίσκονται στην περιοχή, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν και οι ιδιότητες του γεωλογικού υλικού όπου θα εγκατασταθεί η βλάστηση.

Η γνώση των ιδιοτήτων του γεωλογικού υλικού είναι απαραίτητη, για το λόγο ότι κατά την εξόρυξη διάφορα γεωλογικά υλικά έρχονται στην επιφάνεια, αναμειγνύονται μεταξύ τους και διαμορφώνουν τις χημικές, φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Το χρώμα του εδάφους μπορεί να μας δώσει πολλές πληροφορίες σχετικά με τη γεωλογική προέλευση, το βαθμό αποσάθρωσης του μητρικού υλικού, την περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία κ.α (Παπαμίχος, 1996). Επίσης, καταστάσεις διάβρωσης, λιμνάζοντων υδάτων και προβλήματα αποστράγγισης δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την προέλευση του γεωλογικού υλικού. Η φυσική αναγέννηση στο χώρο του μεταλλείου, μπορεί να καταδείξει το είδος της βλάστησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την αποκατάσταση.

Η ανάδειξη κάποιων στοιχείων της περιοχής αποκατάστασης, μπορεί να βοηθήσει στη μελέτη των οικολογικών συνθηκών και στη σωστή εκλογή των φυτικών ειδών. Η έλλειψη και η σπανιότητα βλάστησης στην περιοχή καταδεικνύει την ύπαρξη αδρανούς υλικού με τοξικότητα, έλλειψη θρεπτικών συστατικών και προβλήματα στις φυσικές ιδιότητές. Η παρουσία διάφορων φυτικών ειδών, τα οποία έχουν δεδομένες απαιτήσεις για την επιβίωσή τους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της κατάστασης του εδάφους. Επίσης, σαν δείκτες

μπορούν να χρησιμοποιηθούν η κατάσταση της βλάστησης και των ριζών. Υπερβολικά μακρές, αραιά διακλαδισμένες ρίζες είναι συχνά δείκτης ανεπαρκούς παροχής νερού, ενώ πολύ επιφανειακές ρίζες υποδεικνύουν την ύπαρξη λιμνάζοντων νερών ή τοξικότητας στο έδαφος.

5.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Μια εξορυκτική δραστηριότητα περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα μέτωπα εκσκαφής, που αποτελούνται από βαθμίδες με ενδιάμεσες κεκλιμένες επιφάνειες (πρανή) και τις αποθέσεις των στείρων υλικών. Η απόθεση των στείρων υλικών γίνεται είτε σε σωρούς κοντά στην περιοχή εκμετάλλευσης, είτε χρησιμοποιούνται για την πλήρωση των παλαιότερων εκσκαφών, εξοικονομώντας πολύτιμο χώρο και διευκολύνοντας τις μελλοντικές ενέργειες αποκατάστασης.

Τα μέτωπα των μεταλλείων και οι αποθέσεις των στείρων μπορεί να είναι ορατά στις γύρω περιοχές για πολλές δεκαετίες αν δεν ληφθούν σύντομα τα κατάλληλα μέτρα αποκατάστασης. Με την κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση του χώρου του μεταλλείου, επιτυγχάνεται η αποφυγή διάβρωσης και κατολισθήσεων, η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την επιβίωση της βλάστησης και η οπτική εναρμόνιση του χώρου με το γύρω αδιατάρακτο περιβάλλον. Σημαντικό είναι επίσης κατά τον σχεδιασμό της ανάπλασης να γίνεται εκμετάλλευση και τονισμός των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών μορφών και της έντονης τοπογραφίας που υπάρχει στην περιοχή ώστε να μπορέσει να δημιουργηθεί ένα ποικιλόμορφο και πιο ενδιαφέρον τοπίο (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Ο έλεγχος της διάβρωσης, τόσο στα πρανή των μετώπων όσο και στις αποθέσεις των στείρων υλικών, γίνεται με τη δημιουργία ηπιότερων κλίσεων μέσω της δημιουργίας βαθμίδων και την εξομάλυνση των επιφανειών. Κατά τη δημιουργία των βαθμίδων δημιουργούνται πρανή μικρού μήκους που θα εξασφαλίσουν την ευστάθεια και την αποφυγή φαινομένων διάβρωσης, καθίζησης και έκπλυσης του εδάφους, που έχουν ως αποτέλεσμα την εκρίζωση, το πνίξιμο ή την αποκάλυψη του ριζικού συστήματος του φυτευτικού υλικού. Οι βαθμίδες συνεισφέρουν επίσης στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους με τη βαθιά κατεργασία του καταστρώματος, διευκολύνουν τις αναδασωτικές εργασίες, συγκρατούν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας και οδηγούν στη γρήγορη σε βάθος αύξηση των ριζών των φυτών που φυτεύονται (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Όσον αφορά στην διαμόρφωση των πρανών στα μέτωπα και στις αποθέσεις των στείρων ο σημαντικότερος παράγοντας απ' όλους είναι η γνώση της κλίσης ισορροπίας του εδάφους που φυσικά διαφέρει σε κάθε περίπτωση, διότι εξαρτάται από τη δομή, τη σύνθεση και την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό. Όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, τόσο πιο μικρή πρέπει να είναι η κλίση ισορροπίας για την επιτυχή σταθεροποίηση, όπως επίσης μικρότερη είναι η κλίση που πρέπει να έχει μια έκταση η οποία προορίζεται για καλλιέργεια σε σχέση με μια έκταση που πρόκειται να αναδασωθεί (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Αν η αποκατάσταση αποτελεί μέρος της μεταλλευτικής δραστηριότητας, είναι δυνατή η διαμόρφωση της μορφής και της κλίσης των πρανών κατά την διάρκεια των εργασιών εξόρυξης. Μετά τις εργασίες ανάπλασης ακολουθεί η διάστρωση των επιφανειών με φυτική γη. Για τη διαμόρφωση και την ανάπλαση των απόκρημνων μετώπων, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι που στόχο έχουν τη διατήρηση των φυσικών στοιχείων του μεταλλείου και τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τη βλάστηση.

Στις σκληρές, στιλπνές, μεγάλες και απόκρημνες επιφάνειες των μετώπων εκσκαφής, όπου δεν είναι δυνατή η δημιουργία βαθμίδων, προτείνεται η δημιουργία τραχύτητας, με σκοπό να δημιουργηθεί μια ποικιλία προεξοχών και ρωγμών, όπως στις φυσικές επιφάνειες των βράχων, ώστε να μειωθεί η ταχύτητα απορροής του νερού διευκολύνοντας έτσι τη διήθησή του. Η τεχνική αυτή έχει χαμηλό κόστος, αλλά δεν εξασφαλίζει τη σταθεροποίηση των επιφανειών των βράχων, δημιουργεί όμως με το χρόνο μια πιο φυσική εμφάνιση (Ισπικούδης, 2001). Στην περίπτωση αυτή για την αποφυγή διάβρωσης και κατολισθήσεων, είναι πολλές φορές απαραίτητη η κατασκευή επιπλέον τεχνικών έργων καθώς και η χρήση γεωφασμάτων.

Επίσης, για την μείωση της οπτικής όχλησης που οφείλεται στην έντονη χρωματική αντίθεση που δημιουργείται μεταξύ του χώρου του μεταλλείου και το γύρω φυσικό περιβάλλον εφαρμόζεται η τεχνητή γήρανση ή παλαίωση του χρώματος των βράχων των εκσκαφών με ψεκάσμο με μίγμα από βακτηρίδια, φύκη και μύκητες. Αυτό επιταχύνει τη φυσική αποίκιση από αυτούς τους οργανισμούς. Με αυτή την μέθοδο επιταχύνεται η φυσική αποσάθρωση των επιφανειών του βράχου που είναι ιδιαίτερα απότομες και δυσμενείς για την υποστήριξη των φυτών (Ισπικούδης, 2001).

5.2.3 ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΠΡΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ

Η κάλυψη των διαμορφωμένων πλέον επιφανειών με φυτική γη είναι μια διαδικασία απαραίτητη, τόσο στα μέτωπα των μεταλλείων όπου ο ρυθμός αποίκισης των επιφανειών τους είναι εξαιρετικά αργός, όσο και στις αποθέσεις των στείρων υλικών, οι οποίες αποτελούνται από αδρανή και νεκρά υλικά, που οδηγούν στην εμφάνιση δυσμενών χημικών, φυσικών και βιολογικών ιδιοτήτων και καθιστούν απαγορευτική τη χρήση των στείρων ως μέσο αύξησης για τα φυτά.

Με την τοποθέτηση λοιπόν επιφανειακού εδάφους, δημιουργείται ένα εξαιρετικά ομοιόμορφο στρώμα σ' όλη την έκταση, χωρίς λίθους, κάνοντας εύκολη την κατεργασία και τη σπορά του (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη δομή και τη γονιμότητα του εδάφους που θα διαστρωθεί στις διαμορφωμένες επιφάνειες είναι η προέλευσή του και ο τρόπος εφαρμογής.

Το έδαφος που διαστρώνεται στις τελικές επιφάνειες θα πρέπει να προέρχεται από τον Α ορίζοντα του φυσικού εδάφους, το οποίο είναι γόνιμο με θρεπτικά στοιχεία (N, P, K και ιχνοστοιχεία) και βιολογικά ενεργό, εμπλουτισμένο με μικροοργανισμούς του εδάφους και οργανική ουσία. Στοιχεία που είναι απαραίτητα για την εκδήλωση των βιολογικών λειτουργιών των φυτών και την επανεγκατάσταση της φυσικής βλάστησης (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Θα πρέπει επίσης το έδαφος κατά προτίμηση να έχει αργιλοαμμώδη σύσταση (10%-30% άργιλος, 40%-60% άμμος και 10%-30% ιλύς), συσσωματώδη υφή, άριστη υδατοϊκανότητα και υδατοπερατότητα, ενώ συγχρόνως να μην περιέχει CaCO_3 σε υψηλή σχετικά τιμή και να έχει κατά το δυνατόν ουδέτερο pH.

Το επιφανειακό αυτό έδαφος που θα χρησιμοποιηθεί, κατά κανόνα προέρχεται από τις εκτάσεις που σταδιακά καταστρέφονται καθώς προχωράει η πρώτη τομή κάθε μεταλλείου και σπάνια γίνεται αγορά φυτικής γης, καθώς η τιμή της είναι αποτρεπτική για το συνολικό κόστος της αποκατάστασης. Το επιφανειακό έδαφος που συλλέγεται από την περιοχή εξόρυξης, εκτός από ένα κατάλληλο και γόνιμο φυτευτικό υλικό, προμηθεύει επιπλέον αφθονία σπόρων από είδη της αυτοφυούς χλωρίδας.

Βεβαίως, η επαναχρησιμοποίηση του εδάφους που προϋπήρχε στην έκταση, έχει μεγαλύτερη επιτυχία σε περιοχές όπου τα φυσικά εδάφη τους ήταν βαθιά και σχετικά γόνιμα πριν από την ανθρώπινη επέμβαση. Σε ορεινές όμως περιοχές, όπου τα εδάφη είναι συνήθως αβαθή, έντονα εκπλυμένα και άγονα, η επαναφορά του απομακρυσμένου Α ορίζοντα δεν προάγει την επιτυχία της αναχλόασης και την παραγωγικότητα των διαταραγμένων εδαφών (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Επίσης, ακατάλληλα για τη διάσπρωση των τελικών επιφανειών είναι τα ελαφρά αμμώδη ή βαριά αργιλικά εδάφη, ακόμα κι αν αυτά εμφανίζονται σαν επιφανειακό έδαφος στην αρχική έκταση (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως κατά τη διάρκεια των εξορυκτικών διαδικασιών, παρατηρείται ενταφιασμός πολύτιμου επιφανειακού εδάφους, με αποτέλεσμα τα εδάφη που συγκεντρώνονται και φυλάγονται για την επικάλυψη των νέων επιφανειών, να αποτελούνται από Β και C ορίζοντες ή ακόμη και μητρικό υλικό. Το εδαφικό αυτό υλικό είναι πολλές φορές φτωχό σε θρεπτικά συστατικά και συχνά ισχυρά όξινο (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Σε άλλες πάλι περιπτώσεις είναι αδύνατη η απευθείας διάσπρωση της φυτικής γης που έχει συλλεχτεί από την περιοχή εξόρυξης. Σε τέτοιες περιπτώσεις θεωρείται απαραίτητη η αποθήκευσή της φυτικής γης σε σωρούς για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι που να χρησιμοποιηθεί. Αποτέλεσμα αυτής της στοίβαξης είναι να χάνει το έδαφος τη γονιμότητά του, να ελαττώνονται τα αποθέματα βιώσιμων σπόρων, να αυξάνεται η απορροή, η διάβρωση και η συμπίεση του εδάφους και επιπλέον να μειώνεται η υδατοσυγκράτησή του.

Για τη συντήρηση της φυτικής γης προβλέπεται μετά την εκσκαφή της, η διαφύλαξή της σε σωρούς μικρών διαστάσεων, ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική συμπίεση των υλικών που βρίσκονται στη βάση των σωρών και να διασφαλίζεται η κυκλοφορία του αέρα. Στη συνέχεια οι σωροί αυτοί πρέπει να καλύπτονται πλήρως με πούδη βλάστηση, ώστε να συγκρατείται κατά το δυνατό περισσότερη υγρασία. Οι παραπάνω εργασίες έχουν όμως ένα σοβαρό μειονέκτημα μεγάλου κόστους.

Ως βέλτιστη πρακτική διαχείρισης της φυτικής γης είναι η άμεση μεταφορά και διάσπρωσή της στις επιλεγμένες τελικές επιφάνειες των στείρων υλικών. Με αυτόν τον τρόπο παραλείπεται η διαδικασία προσωρινής αποθήκευσής της, η οποία μπορεί να επιφέρει μερική ή ολική απώλεια των θρεπτικών συστατικών και των μικροοργανισμών. Η παραπάνω διαδικασία έχει επίσης οφέλη και ως προς το συνολικό κόστος των έργων αποκατάστασης.

Στα αρχικά στάδια της αποκατάστασης, η διαδοχή της βλάστησης περιορίζεται περισσότερο από το διαθέσιμο όγκο του εδάφους παρά από τη γονιμότητά του και ειδικά σε συνθήκες όπως της Ελλάδας όπου λόγω της ξηροθερμικής περιόδου η ύπαρξη βλάστησης εξαρτάται από το ελάχιστο βάθος του εδάφους, διότι το έδαφος ενεργεί σαν υδατοδεξαμενή και εξασφαλίζει την απαιτούμενη υγρασία στα δέντρα κατά τη θερινή περίοδο. Για την ύπαρξη ψηλού δάσους για παράδειγμα, ανάλογα με τις συνθήκες της περιοχής και την κοκκομετρική σύσταση, το ελάχιστο βάθος κυμαίνεται μεταξύ 30 και 80cm (Παπαμίχος, 1996). Γενικά ισχύει ότι το μεγαλύτερο βάθος εδάφους δίνει πάντοτε καλύτερα αποτελέσματα. Η ανεύρεση όμως εδάφους στον ελληνικό χώρο είναι δύσκολη και το κόστος απόκτησης και μεταφοράς του είναι ιδιαίτερα υψηλό. Απαιτείται λοιπόν η διαφύλαξη του επιφανειακού εδάφους σε αρκετή ποσότητα, ώστε να καλύψει τα άγονα στείρα με πάχος που δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 30cm (Μπρόφας, 1998).

Μέθοδοι που εφαρμόζονται στα μέτωπα εκσκαφής, με σκοπό τη συγκράτηση και αύξηση του βάθους του επιφανειακού εδάφους είναι το άνοιγμα οπών με λοστούς για την τοποθέτηση μεμονωμένων φυτών (Ισπικούδης, 2001), καθώς και

η δημιουργία τάφρων στις βαθμίδες και η συμπλήρωσή τους με χαλαρό υλικό και έδαφος.

Γενικότερα, επειδή το έδαφος αποτελεί το μέσο αύξησης των φυτών, η μελέτη αυτού αποτελεί το σημαντικότερο μέρος της επιτυχίας μιας αποκατάστασης. Η μελέτη αυτή είναι μια περίπλοκη διαδικασία λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας που παρουσιάζουν τα εδάφη των εξορυκτικών περιοχών.

5.2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η επιτυχής έκβαση μιας αποκατάστασης δεν κρίνεται μόνο από το οπτικό αποτέλεσμα, αλλά κυρίως από την επιτυχή εγκατάσταση ενός βιώσιμου και αυτόνομου οικοσυστήματος με ικανοποιητική ποικιλία ειδών χλωρίδας και πανίδας.

Η αποκατάσταση και η επαναφορά του φυσικού περιβάλλοντος από τις ζημιές που προκλήθηκαν στο τοπίο λόγω της εξόρυξης είναι έργο δύσκολο και απαιτεί, γνώση και εμπειρία. Πρωταρχικό μέλημα στις υποβαθμισμένες αυτές περιοχές είναι η εγκατάσταση βλάστησης. Η παρουσία της βλάστησης βελτιώνει σημαντικότερα τα οπτικά χαρακτηριστικά του τοπίου, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την οπτική όχληση στις γύρω περιοχές. Επίσης, ασκεί ευεργετικό ρόλο στη σταθεροποίηση των εδαφών και την αποτροπή της επιπλέον υποβάθμισης και αγονοποίησής τους από διαβρώσεις και κατολισθήσεις. Ευεργετικό ρόλο έχει και στις υδρολογικές διαδικασίες. Η βλάστηση λοιπόν προστατεύει τα πρανή από την πτώση των κατακρημνισμάτων με το φύλλωμά της, το οποίο συγκρατεί ένα τμήμα τους και ανακόπτει την ταχύτητα του νερού. Το ποσοστό αυτής της κατακράτησης κυμαίνεται μεταξύ 10%-20% για τα φυλλοβόλα πλατύφυλλα και 30%-40% για τα αειθαλή κωνοφόρα, ενώ από αυτό που φτάνει στο έδαφος απορρέει επιφανειακά μόνο 1%-5% (Ντάφης, 2010). Η βλάστηση προσφέρει επίσης μια τραχεία επιφάνεια, η οποία μειώνει την ταχύτητα επιφανειακής απορροής και διευκολύνει τη διήθηση, ενώ παράλληλα με το ριζικό σύστημα διασωληνώνει το έδαφος και διευκολύνει τη διείσδυση του νερού μέσα σ' αυτό, εμπλουτίζοντας έτσι τα υπόγεια νερά των γειτονικών περιοχών.

Οι ρίζες βοηθούν στη διατήρηση της δομής του εδάφους και αυξάνουν τη συνοχή της εδαφικής μάζας. Για την βελτίωση και προστασία του εδάφους, θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο σχέδιο αποκατάστασης δενδρώδης βλάστηση με πλούσιο υπέργειο τμήμα και πυκνό και βαθύ ριζικό σύστημα.

Η συνολική ποσότητα της οργανικής ουσίας που φτάνει στο έδαφος εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα των φυτικών υπολειμμάτων που φτάνουν στο έδαφος, όπως επίσης και από τη μικροχλωρίδα και πανίδα που δραστηριοποιείται μέσα σε αυτό (Παπαμίχος, 1996). Η οργανική αυτή ουσία, επηρεάζει θετικά τις φυσικές, βιολογικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, που συνδέονται στενά με την εδαφογένεση, την υδρολογία και τη διάβρωση του. Η βλάστηση έχει ευεργετική δράση στο έδαφος και ιδιαίτερα τα ψυχανθή φυτά, λόγω της ικανότητάς τους να το εμπλουτίζουν με άζωτο.

Τέλος, η βελτίωση της χλωρίδας των μεταλλείων και των χώρων απόθεσης στείρων υλικών παρέχει τροφή και καταφύγιο στην άγρια πανίδα, συντελώντας στην ολοκλήρωση και δημιουργία ενός αυτόνομου και βιώσιμου οικοσυστήματος.

5.2.5 ΕΚΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

Οι άκρως δυσμενείς κλιματεδαφικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον των διαταραγμένων περιοχών, επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη της βλάστησης. Για το λόγο αυτό καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχή εγκατάσταση της βλάστησης είναι η επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών, που θα πρέπει να είναι άκρως εξονυχιστική και να βασίζεται σε αυστηρά οικολογικά κριτήρια (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Η στρατηγική αποκατάστασης που θα ακολουθηθεί εξαρτάται πάντα από το σκοπό της αποκατάστασης. Επομένως, αν ο σκοπός της μελλοντικής διαχείρισης είναι οικονομικός, θα προτιμηθούν είδη εμπορικής αξίας και συνήθως είδη που προορίζονται για την παραγωγή ξυλείας, γεωργικών καλλιεργειών ή βοσκήσιμης ύλης. Αν το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η προστασία και διατήρηση, τότε επιλέγονται τα αυτοφυή και βαθύρριζα είδη της περιοχής, διότι είναι πιο ανθεκτικά στις τοπικές συνθήκες περιβάλλοντος και είναι πιο πιθανό να έχουν μεγαλύτερη προστατευτική αξία. Η διαχείριση όμως δεν πρέπει να στοχεύει στην πραγματοποίηση μιας μόνο χρήσης, αλλά στην πραγματοποίηση πολλαπλών σκοπών, όπως δηλαδή στην βελτιστοποίηση των αισθητικών αξιών του τοπίου, στις προστατευτικές του επιδράσεις, αλλά ταυτόχρονα και στην παραγωγή μεγαλύτερων οικονομικών κερδών από τις πολλαπλές χρήσεις αυτών των οικοσυστημάτων για αναψυχή, τουρισμό και την παραγωγή π.χ. βοσκήσιμης ύλης, την παραγωγή δασικών προϊόντων κ.ά. (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Σε έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό, στον οποίο θα διαφυλάσσεται η βιοποικιλότητα κα θα αυξάνεται η βιολογική παραγωγικότητα, θα πρέπει να γίνεται συνδυασμός τόσο δενδρώδους βλάστησης όσο και θαμνώδους και ποώδους βλάστησης. Η δημιουργία μεικτών συστάδων με υπόροφο θα εξασφαλίσει την επιτυχία της περιβαλλοντικής αποκατάστασης σε βάθος χρόνου, καθώς θα διαθέτουν την ικανότητα να αυτοπροστατεύονται από πυρκαγιές και από ασθένειες όπως επίσης θα είναι πιο ανθεκτικές απέναντι στους ισχυρούς ανέμους (Χατζηστάθης, 2003).

Κατά την έναρξη των εργασιών αποκατάστασης πρέπει να επισημανθεί πως είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν αυτοφυή πρόδρομα είδη, τα οποία αντέχουν στις αντίξοες συνθήκες θερμοκρασίας, ηλιακού φωτός κ.λπ., καθώς είναι φυτά ευκαιριακά και μικρού μεγέθους με κύριο χαρακτηριστικό τις χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Τα πρόδρομα λοιπόν φυτά είναι είδη ταχυσυπόδη κατά το πρώτο στάδιο της ηλικίας τους που συγκρατούν το έδαφος με το πλούσιο ριζικό τους σύστημα. Αυτά καθώς αποδομούνται παρέχουν επίσης οργανική ύλη και όλες τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση απαιτητικότερων ειδών. Τα πρόδρομα ή αλλιώς πρόσκοπα είδη, τα οποία είναι φωτόφιλα, εκτοπίζονται σταδιακά, λόγω σκίασης, από θαμνώδη είδη. Αυτά είναι πολυετή φυτά με μεγαλύτερες βιολογικές και οικολογικές απαιτήσεις. Στη συνέχεια, και αυτός ο τύπος βλάστησης θα υποχωρήσει δίνοντας τη θέση του σε δενδρώδη φυτά (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Στα είδη αυτά πρέπει να συμπεριληφθούν και ψυχανθή είδη, διότι αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία στην αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών, λόγω της ικανότητάς τους να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και να βελτιώνουν τη δομή και γονιμότητα των διαταραγμένων εδαφών.

Ο βασικός κανόνας που πρέπει να ακολουθηθεί κατά την εκλογή της βλάστησης είναι η μίμηση της ίδιας της φύσης, δηλαδή η μελέτη και ερμηνεία της βλάστησης και της δομής της στη γύρω μη διαταραγμένη περιοχή. Απαντώντας λοιπόν στα ερωτήματα: ποια είδη μακροχρόνια θα εγκαθίσταντο από μόνα τους

στον χώρο και ποια αναπτύσσονται σε όμορες περιοχές, έχουμε μία κατηγορία ειδών που θεωρείται η καταλληλότερη για τις αναδασώσεις (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Η εισαγωγή αυτοφυών ειδών συντελεί στη διατήρηση του οικολογικού χαρακτήρα και της οικολογικής ισορροπίας της περιοχής. Μελέτες έχουν αναφέρει πως η χρησιμοποίηση αυτοφυών ειδών στην επανεγκατάσταση της βλάστησης δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τα συνήθως χρησιμοποιούμενα σε αυτές τις περιπτώσεις ξενικά είδη, διότι τα αυτοφυή είδη είναι προσαρμοσμένα στις κλιματικές συνθήκες του συγκεκριμένου σταθμού και ο μόνος παράγοντας που αλλάζει για αυτά μετά την εξόρυξη είναι το φυτευτικό υπόθεμα (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995). Τα αυτοφυή είδη παρέχουν επίσης καταφύγιο σε ενδημικά πουλιά και έντομα και ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, τη φυσική διαδοχή και τη σταθερότητα των πρανών, χωρίς να αλλοιώνουν τη χλωριδική φυσιογνωμία της περιοχής. Οι αυτοφυείς φυτικές κοινότητες παρουσιάζουν επιπλέον αντοχή απέναντι στην εισβολή νέων ειδών (ζιζάνια), που ανταγωνίζονται τα επιθυμητά είδη και δημιουργούν συχνά μεγάλο πρόβλημα. Συνεπώς, η εγκατάσταση αυτοφυών ειδών εξασφαλίζει μακροπρόθεσμα την απόλυτη σταθερότητα, χωρίς να απαιτούνται εργασίες συντήρησης.

Παρόλα αυτά, η χρησιμοποίηση των αυτοφυών ειδών εμφανίζει δύο σοβαρά προβλήματα. Σε πολλές περιοχές η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει αλλάξει τα εδάφη και τη δομή τους, που η επιβίωση κάποιων αυτοφυών ειδών είναι πλέον αδύνατη. Από τα αυτοφυή είδη φαίνεται να καταλαμβάνουν επιτυχώς τέτοιες εκτάσεις αυτά που βρίσκονται στα χαμηλότερα στάδια διαδοχής, όπως τα αγρωστώδη και λίγες πλατύφυλλες πόες, τα οποία δεν υπάρχουν στην αγορά και πρέπει να συλλεχθούν με τα χέρια ή άλλα μέσα από τη γύρω περιοχή. Γεγονός που περιορίζει τη διαθεσιμότητά τους και καθιστά αδύνατη την επαναβλάστηση μεγάλων εκτάσεων με τα είδη αυτά. Η διαθεσιμότητα των σπόρων ίσως να είναι ο πιο δαπανηρός παράγοντας της αποκατάστασης της βλάστησης σε μια διαταραγμένη έκταση και ακόμη περισσότερο αν αυτή η έκταση βρίσκεται σε ορεινή περιοχή όπου η διαθεσιμότητα του σπόρου είναι ελάχιστη λόγω των δυσμενών συνθηκών αύξησης. Άγρια είδη που έχουν καλλιεργηθεί για να παρέχουν σπόρους σε έργα αποκατάστασης μεγαλύτερης κλίμακας και με χαμηλό κόστος, τείνουν να είναι ποώδη πολυετή φυτά ή θάμνοι που ανήκουν στις οικογένειες Asteraceae, Poaceae και Fabaceae (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Συμπερασματικά, παρόλο που υπάρχουν αναμφίβολα πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση των αυτοφυών ειδών στα ποσοστά επιβίωσής τους και στους ρυθμούς ανάπτυξης, είναι απαραίτητη πολλές φορές και η εισαγωγή άλλων ειδών. Έχει αποδειχθεί πως ορισμένα ξένα προς την φυσική φυτοκοινωνία, αλλά σταθμικώς κατάλληλα φυτικά είδη ή και ξενικά είδη από άλλες χώρες έδωσαν άριστα αποτελέσματα, όπως π.χ. τα είδη *Robinia pseudoacacia*, *Spartium junceum* κλπ. (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995). Θα πρέπει όμως να γίνεται προσεκτικός σχεδιασμός κατά την επιλογή ξενικών ειδών και ιδιαίτερα σε περιοχές που βρίσκονται υπό καθεστώς προστασίας, λόγω της τάσης κάποιων ειδών να εισβάλουν στα ξένα οικοσυστήματα και να διαταράσσουν τις φυτοκοινότητες των διπλανών εκτάσεων με σοβαρό κίνδυνο τη γενετική ρύπανση ή και απώλεια σπάνιων ειδών. Επίσης, τα ξενικά είδη μπορεί να παρουσιάσουν απρόσμενα μικρή ανάπτυξη, υψηλή θνησιμότητα, ασθένειες και να απαιτούν παραπάνω φροντίδα από τα αυτοφυή είδη.

Τα αυτοφυή ή μη είδη που θα επιλεχθούν στην αποκατάσταση διαταραγμένων εκτάσεων θα πρέπει κατά προτίμηση να έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Ισπικούδης και Κούκουρα, 1992):

- Αντοχή στις ακραίες συνθήκες ξηρασίας και θερμοκρασίας.
- Προσαρμοστικότητα να ευδοκιμούν σε μια ποικιλία οικοσυστημάτων και εδαφών, τόσο φτωχών όσο και γόνιμων, ξηρών ή υγρών, όξινων ή αλκαλικών κλπ (μεγάλο οικολογικό εύρος).
- Ποικίλη μορφή και χαρακτήρα ανάπτυξης: όπως π.χ χαμηλά φυτά με εκτεταμένο ριζικό σύστημα για τη σταθεροποίηση του εδάφους, θάμνοι με πυκνά κλαδιά και φύλλωμα για ανεμοφράκτες, πυκνή ανάπτυξη σε συνδυασμό με αγκάθια για ζωντανούς φράκτες, αναρριχώμενα είδη για πρηνή και απόκρημνες όχθες, φυλλοβόλα είδη για τη γρήγορη δημιουργία ξηροφυλλάδας που είναι χρήσιμη για τον έλεγχο της διάβρωσης και τον εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία, αειθαλή είδη για το διακοσμητικό τους χαρακτήρα σε όλες τις εποχές.
- Αυξητική συμπεριφορά: να έχουν δυνατότητα γρήγορης ανάπτυξης κατά το πρώτο στάδιο της ηλικίας τους, για την άμεση κάλυψη του εδάφους και να ανταγωνίζονται επιτυχώς τη φυσική αναγέννηση ανεπιθύμητων ειδών. Επιθυμητή είναι επίσης και η ικανότητα πρεμνοβλάστησης μετά από πυρκαγιά και βόσκηση, όπως επίσης επιθυμητό είναι το ελάχιστο των καλλιεργητικών επεμβάσεων για την περιποίηση και διατήρησή τους.
- Βιότοποι άγριας πανίδας: Να προσφέρουν τροφή και να διασφαλίζουν καταφύγιο για φώλιασμα, προστασία από τις αντίξοες συνθήκες και τους εχθρούς τους. Κάποια είδη θάμνων π.χ. είναι πιο ωφέλιμα από άλλα για συγκεκριμένα είδη της άγριας πανίδας.
- Απουσία ανεπιθύμητων ιδιοτήτων: να μην είναι δύσσοσμα, δηλητηριώδη, να μην προκαλεί η γύρη τους αλλεργικές καταστάσεις, να είναι ακίνδυνα για πυρκαγιές κ.λπ.
- Διαθεσιμότητα: θα πρέπει να είναι εύκολη η απόκτηση φυταρίων και σπόρων.
- Ευκολία εγκατάστασης: Να είναι ελαφρόσπορα, φωτόφιλα με μικρές εδαφικές απαιτήσεις ώστε να μην εξαρτώνται από τη σκίαση, άρδευση, λίπανση, ιδιαίτερη φροντίδα κλπ. Επιθυμητά είναι επίσης τα είδη που μπορούν να εγκατασταθούν με μοσχεύματα, με απευθείας σπορά κλπ.

Το οικοσύστημα που έχει αποκατασταθεί θα πρέπει να αλληλεπιδρά με άλλα οικοσυστήματα ή να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου οικοσυστήματος. Ένα οικοσύστημα θεωρείται αποκαταστημένο όταν περιλαμβάνει βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Θα πρέπει να μπορεί να συντηρηθεί τόσο δομικά όσο και λειτουργικά, ώστε να δείξει αντοχή τόσο σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και σε διαταράξεις.

Οι βασικότερες προϋποθέσεις για την εκλογή της βλάστησης είναι (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989):

- Να είναι βιολογικά προσαρμοσμένη προς τις οικολογικές συνθήκες του σταθμού, στον οποίο θα εισαχθεί.
- Να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του δασοπονικού σκοπού.
- Η εγκατάστασή της και ο παραπέρα χειρισμός της να είναι εύκολος χωρίς ιδιαίτερα υψηλές δαπάνες.

5.2.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

Η εγκατάσταση της βλάστησης μπορεί να γίνει με σπορά ή με φύτευση φυταρίων ή δενδρυλλίων που έχουν παραχθεί σε φυτώριο. Η κάθε μία από αυτές τις μεθόδους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και αφορούν τις δαπάνες, την καταβολή εργασίας, τις ιδιότητες των ειδών, τους κινδύνους της νεοφυτείας, τις σταθμολογικές συνθήκες και τη μετέπειτα φροντίδα. Από τη μια πλευρά, η επιτυχία της σποράς εξαρτάται άμεσα από τις βιοκλιματικές συνθήκες. Από την άλλη, η φύτευση εξαρτάται κυρίως από την ορθή εκτέλεση των εργασιών (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Τα πλεονεκτήματα της σποράς έναντι της φύτευσης είναι το μικρότερο αρχικό κόστος, ειδικά όταν υπάρχουν άφθονοι διαθέσιμοι σπόροι, το μικρότερο εργατικό δυναμικό και η μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή της μεθόδου. Επειδή όμως μπορεί να υπάρξει μεγάλο ποσοστό αποτυχίας τότε το κόστος και η καταβολή εργασίας αυξάνεται καθώς θα πρέπει να γίνει επαναληπτική σπορά. Άλλα μειονεκτήματα κατά την σπορά είναι η πιθανότητα διάβρωσης κατά τη διάρκεια του σταδίου εγκατάστασης, περιορισμοί ως προς την κατάλληλη εποχή φύτευσης και η ανάγκη νερού και κατάλληλων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια βλάστησης (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Η φύτευση απαιτεί μεγαλύτερη καταβολή εργασίας και έχει υψηλό κόστος για την προμήθεια των φυτών. Με τη χρήση όμως βελτιωμένων μεθόδων φύτευσης και κατάλληλων φυτευτικών συνδέσμων το κόστος μπορεί να μειωθεί αρκετά (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Ανάλογα με τις ιδιότητες των φυτικών ειδών επιλέγεται η εγκατάστασή τους με σπορά ή με φύτευση. Είδη τα οποία καρποφορούν άφθονα και αναπτύσσονται γρήγορα βαθύ ριζικό σύστημα όπως είναι η κουκουναριά, η δρυς και η καρυδιά είναι κατάλληλα για σπορά. Η φύτευση δενδρυλλίων ή μοσχευμάτων είναι πιο συμφέρουσα για είδη τα οποία δεν καρποφορούν αρκετά συχνά και σε μεγάλη ποσότητα ή που οι σπόροι τους είναι ακριβοί (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Επειδή μια νεοφυτεία απειλείται τόσο από τη χλωρίδα όσο και από την πανίδα, η σπορά αποκλείεται σε περιπτώσεις έντονης παρουσίας παριδαφιαίας βλάστησης, λόγω του ανταγωνισμού της και του κινδύνου να φαγωθούν οι σπόροι από τρωκτικά, πτηνά ή άλλα ζώα. Για τους παραπάνω λόγους απαιτείται καλύτερη κατεργασία του εδάφους σε σχέση με τη φύτευση, που σκοπό έχει την απομάκρυνση της παρεδαφιαίας βλάστησης. Αντίθετα, η φύτευση εξασφαλίζει μεγαλύτερη επιτυχία, καθώς τα δενδρύλλια μπορούν να αντέξουν καλύτερα τις ζημιές από την πανίδα, ενώ ξεπερνούν γρήγορα τον ανταγωνισμό της παρεδαφιαίας βλάστησης (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Η σπορά έχει περισσότερους περιορισμούς όσον αφορά στις σταθμολογικές συνθήκες. Τα βαριά, άγονα και αμμώδη εδάφη είναι ακατάλληλα για σπορά. Για την επιτυχία της σποράς απαιτείται επαρκής υγρασία εδάφους με σχετική ομοιομορφία, ενώ οι σταθμοί με επιφανειακή ξηρασία πρέπει να αποφεύγονται. Οι καλύτερες συνθήκες εξασφαλίζονται σε μέσης ποιότητας τόπους. Η φύτευση από την άλλη μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τις συνθήκες (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Από δασοκομική άποψη, η σπορά αποτελεί μία φυσική μέθοδο, όπου υπό ευνοϊκές συνθήκες εξελίσσεται καλύτερα και καλύπτει γρηγορότερα το έδαφος, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερο αριθμό φυταρίων. Η σπορά παρέχει επίσης μεγαλύτερη δυνατότητα φυσικής και καλλιεργητικής επιλογής και συμβάλλει στη απρόσκοπτη και φυσιολογική εξέλιξη των φυταρίων και ιδιαίτερα του ριζικού συστήματός τους. Αντίθετα, η φύτευση συνεπάγεται κέρδος χρόνου και επιτρέπει

την ευκολότερη κάλυψη συγκεκριμένων και σαφώς ορισμένων περιοχών (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Στη φύτευση πρέπει να εξασφαλίζεται η άμεση ριζοβόληση των φυταρίων και η αντοχή στο δυσμενές περιβάλλον κατά το πρώτο έτος (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της φύτευσης, είναι η εκλογή της κατάλληλης εποχής και μεθόδου φύτευσης. Το φυτευτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στην αποκατάσταση θα πρέπει να είναι υγιές, με αναπτυγμένα στελέχη και χωρίς την ύπαρξη εκδορών στο φλοιό, κακώσεις και άλλες παραμορφώσεις. Ο κορμός του θα πρέπει να είναι επίσης όσο το δυνατόν ευθύς, με σωστή διαμόρφωση κλαδιών, συμμετρική κορυφή και να έχει πλούσιο ριζικό σύστημα. Το φυτικό υλικό πρέπει να προέρχεται από φυτώριο και να βρίσκεται σε θέση με παρόμοιες κλιματεδαφικές συνθήκες, προκειμένου να μειωθεί το σοκ μεταφύτευσης (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Κατά την φύτευση ο άξονας του φυτού θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κατακόρυφος, να μην υπάρχει κάμψη στο άκρο της ρίζας, ενώ θα πρέπει ο ριζικός κόμβος να βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους μετά την κατακάθιση του εδάφους. Σε ξηρά και θερμά κλίματα εφαρμόζεται η μέθοδος της χαμηλής φύτευσης, όπου διαμορφώνεται ένας «λάκκος συντηρήσεως», στον οποίο ο ριζικός κόμβος του φυτού βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό της γύρω περιοχής, επιτρέποντας αφ' ενός στις ρίζες να φτάνουν όσο πιο κοντά στα βαθύτερα και υγρότερα στρώματα του εδάφους και αφετέρου να συγκρατείται στον λάκκο περισσότερο νερό κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων. Καλά αποτελέσματα επιβίωσης των φυτών έχει δώσει επίσης η κάλυψη του λάκκου συντήρησης με πλαστικό διαμέτρου 40-50cm, από το οποίο θα διέρχεται το φυτό μέσω μιας οπής στο κέντρο του. Το πλαστικό στη συνέχεια θα καλύπτεται με έδαφος για να προστατεύεται από τον ήλιο. Το πλαστικό προστατεύει επίσης αποτελεσματικά το νερό του εδάφους από την εξάτμιση. Σε βαριά όμως και συνεκτικά εδάφη, όπου το νερό διηθείται πολύ αργά, θα πρέπει αυτή η μέθοδος να αποφεύγεται, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος ασφυξίας των φυτών. Σε αυτή την περίπτωση προτιμάται η υψηλή φύτευση οπότε και το νερό απομακρύνεται εγκαίρως. Επίσης, στις περιπτώσεις όπου η φύτευση πραγματοποιείται σε εδάφη με απότομη κλίση, θα πρέπει η φύτευση να γίνεται σε βαθμίδες με αντίκλιση 2% (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Το έδαφος που θα περιβάλλει το ριζικό σύστημα θα πρέπει να είναι το καλύτερο δυνατό, να είναι νωπό και να συμπιέζεται καλά έτσι ώστε να έρχεται σε επαφή με όλες τις ρίζες, χωρίς όμως αυτές να συνθλίβονται ή να κόβονται.

Μια μέθοδος εγκατάστασης της βλάστησης σε διαταραγμένες εκτάσεις είναι η υδροσπορά. Είναι μια από τις καλύτερες πρακτικές σε περιπτώσεις όπου έχουμε γυμνές, ασταθείς, κεκλιμένες επιφάνειες στις αποθέσεις των στείρων και στα μέτωπα εξόρυξης και ειδικά όταν η πρόσβαση σε αυτά είναι πολύ δύσκολη. Πλεονεκτήματα της υδροσποράς είναι η άμεση προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, η βελτίωση των συνθηκών εγκατάστασης και ανάπτυξης της βλάστησης, η ελαστικότητα στην επιλογή των μιγμάτων και της πυκνότητας σποράς σε λογικό κόστος. Το μειονέκτημα είναι ότι οι ανάγκες εξοπλισμού απαιτούν μεγάλες περιοχές κάλυψης, ώστε να είναι συμφέρουσα η εφαρμογή από πλευράς κόστους (Ισπικούδης, 2010).



Εικόνα 3: Εγκατάσταση βλάστησης με υδροσπορά.

Κατά την υδροσπορά, εκτοξεύεται με ειδικό εξοπλισμό ένα μίγμα, το οποίο αποτελείται από υδατικό διάλυμα που περιέχει το κατάλληλο μίγμα σπόρων, λίπασμα που εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες και ενεργοποιεί τους μικροοργανισμούς, καθώς και άλλα βοηθητικά προϊόντα. Τέτοια είναι ο μπεντονίτης, η κυτταρίνη, ασφαλτικό γαλάκτωμα, άχυρο, ξερά φύλλα, ίνες ξύλου κ.α., που προστατεύουν προσωρινά την εδαφική επιφάνεια από τη διάβρωση, επικολλούν τους σπόρους στην επιφάνεια του εδάφους, προστατεύουν τους σπόρους κατά την πρώτη τους ανάπτυξη και στη συνέχεια τους βοηθούν παρέχοντάς τους για όσο χρόνο χρειάζεται την απαραίτητη τροφή και υγρασία.

Πριν ή μετά την υδροσπορά τοποθετούνται πλαστικά δίκτυα, για τη στερέωση τόσο των ίδιων των πρανών όσο και του υλικού επικάλυψης (π.χ. άχυρο). Άλλο υλικό που τοποθετείται είτε πριν είτε μετά την υδροσπορά και χρησιμοποιείται για την προστασία και αναχλόαση των πρανών είναι το γεωύφασμα, το οποίο κατασκευάζεται συνήθως από οργανικά υλικά (άχυρο ή άλλα υπολείμματα γεωργικών προϊόντων), αλλά και από συνθετικά προϊόντα με ποικίλο βαθμό βιοδιάσπασης, όπως επίσης και με συνδυασμό τόσο οργανικών όσο και συνθετικών προϊόντων (Ισπικούδης, 2010).

Η επιλογή του μίγματος σπόρων που επιλέγεται κάθε φορά κατά την εργασία της υδροσποράς εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση, το μικροκλίμα της περιοχής και της απαιτήσεις του έργου.

5.2.7 ΕΚΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΗΣ ΣΠΟΡΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Η επιλογή της κατάλληλης εποχής σποράς και φύτευσης παίζει αποφασιστικό ρόλο στην επιτυχία των φυτεύσεων. Γενικότερα, η φύτευση είναι καλύτερα να γίνεται στην χώρα μας το φθινόπωρο μετά τις πρώτες βροχές και την άνοιξη μετά την τήξη του χιονιού που υπάρχουν καλές συνθήκες ριζοβόλησης (υγρασία στο έδαφος μέχρι και σε βάθος τουλάχιστον 30cm και θερμοκρασία στο βάθος του ριζικού συστήματος μεγαλύτερη από 5°C). Επίσης, η σχετική υγρασία του αέρα είναι υψηλή, η εξάτμιση χαμηλή, το υπέργειο τμήμα των φυταρίων βρίσκεται σε

βλαστητική ηρεμία, ενώ το ριζικό τους σύστημα αυξάνει ακόμα ή έχει ήδη αρχίσει την αύξησή του (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Η σπορά και η φύτευση πραγματοποιούνται το φθινόπωρο για τα χαμηλά υψόμετρα και τις θερμές περιοχές και την άνοιξη για τα μεγαλύτερα και πιο ψυχρά υψόμετρα. Για την υδροσπορά ο κατάλληλος χρόνος εκτέλεσής της για τις ελληνικές συνθήκες είναι το φθινόπωρο. Ανοιξιάτικη σπορά είναι επίσης δυνατή, αλλά με φτωχότερα αποτελέσματα και με μεγαλύτερο κόστος (Ισπικούδης, 2010). Η κατάλληλη εποχή για τη σπορά μπορεί να ποικίλλει επίσης ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος.

5.2.8 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη τόσο κατά τη φύτευση και τη σπορά, όσο και μετά τη φύτευση. Τα φυτάρια δεν πρέπει να εγκαταλείπονται στην τύχη τους, αλλά πρέπει να εκτελούνται όλες οι εργασίες που καθιστούν καλή την εγκατάσταση της βλάστησης και την επίτευξη της συγκόμωσης των δενδρυλλίων.

Μετά τη διάστρωση των επιφανειών με έδαφος, πρέπει να ακολουθήσει η άροση και το σβάρνισμα του εδάφους, που αποσκοπούν στη χαλάρωσή του και στην ομοιογενοποίηση της επιφάνειάς του, δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ευνοϊκές συνθήκες για τη διείσδυση των νεαρών σποριοφύτων (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989). Στα ξηρά κλίματα το ανώτερο στρώμα του εδάφους θα πρέπει να σκαλίζεται τακτικά ώστε να διατηρείται χαλαρό και να αποφεύγεται ο σχηματισμός κρούστας. Είναι δυνατή επίσης η κάλυψη με πλακόμορφες πέτρες έτσι ώστε να παρεμποδίζεται η απώλεια υγρασίας (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Πριν τη φύτευση ή τη σπορά πρέπει να προηγηθεί το βοτάνισμα του χώρου χειρωνακτικά ή με χρήση ζιζανιοκτόνου. Η εργασία αυτή αφορά στο καθάρισμα των χώρων, τόσο πριν τη φύτευση όσο και κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης των φυτών, από την ανταγωνιστική βλάστηση που αναπτύσσεται στην περιοχή (βρύα, πόες, φτέρες και θάμνοι). Η ανάγκη καταπολέμησής της είναι εντονότερη σε ξηρές και άγονες περιοχές όπου ο ανταγωνισμός είναι μεγαλύτερος κυρίως για το νερό (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Η άρδευση και τα λιπάσματα είναι επίσης απαραίτητα για την επιτυχία της εγκατάστασης. Τα λιπάσματα και τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά προστίθενται συνήθως κατά τη διάρκεια της σποράς ή των φυτεύσεων (Ισπικούδης, 2010). Η στήριξη των δέντρων είναι επίσης απαραίτητη ώστε να μην ξεριζωθούν από τον άνεμο.

Η βόσκηση είναι ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τόσο τις φυτεμένες όσο και τις φυσικώς αποικούμενες περιοχές. Για την αποφυγή των προβλημάτων από τη βόσκηση, που μπορεί να έχουν καταστροφικά αποτελέσματα στα νεαρά δενδρύλλια, προτείνεται η περίφραξη των φυτεμένων περιοχών. Η περίφραξη μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων θάμνων, που θα σχηματίζουν έναν φυσικό φράχτη ο οποίος προσφέροντας πολύτιμη βοσκήσιμη ύλη στα κτηνοτροφικά ζώα, θα τα εμποδίζει από την είσοδό τους στις αναδασωμένες εκτάσεις (Ισπικούδης και Κούκουρα, 1992).

Δέντρα που δεν ευδοκίμησαν ή έχουν προσβληθεί από ασθένειες πρέπει να απομακρύνονται, προκειμένου να μην αποτελέσουν εστία μόλυνσης. Τα φυτάρια που εγκαθίστανται στις αναδασώσεις ακόμη και υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες δεν επιβιώνουν όλα. Τον πρώτο χρόνο μετά την εγκατάσταση είναι απαραίτητη η συμπλήρωση των δημιουργηθέντων κενών, όταν διαπιστωθεί ποσοστό επιβίωσης μικρότερο του 75-85%. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση όπου χρησιμοποιήθηκε

στενός φυτευτικός σύνδεσμος, οπότε είναι δυνατό να γίνει παραδεκτό ακόμη χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης που κυμαίνεται στο 60-70% (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

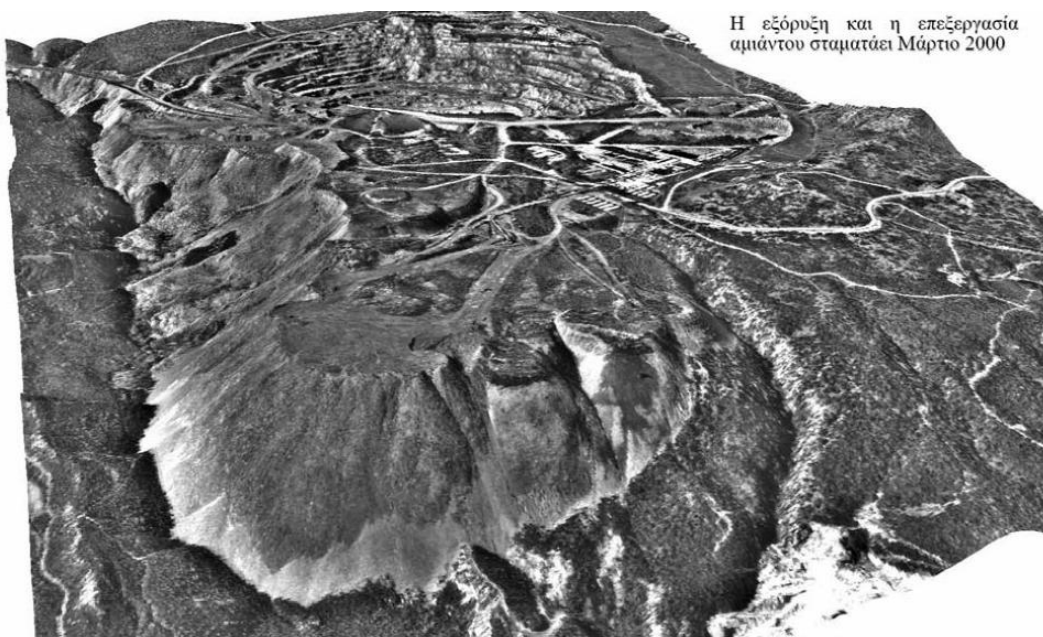
Επίσης, κάθε χρόνο ανάλογα με το είδος του φυτού, την ηλικία, την ανάπτυξη και το σκοπό που επιδιώκεται, πρέπει αυτό να κλαδεύεται από ειδικευμένο προσωπικό.

Ασφαλώς η ανάλυση και η γνώση των χαρακτηριστικών του εδάφους, του υπεδάφους, της βλάστησης και της υδατικής κατάστασης μιας περιοχής δεν αρκεί για την πραγματοποίηση μιας ολοκληρωμένης αποκατάστασης. Θα πρέπει εκτός των άλλων να γίνει η εφαρμογή των αρχών της αρχιτεκτονικής του τοπίου έτσι ώστε το αποτέλεσμα να συνδυάζει τόσο τη λειτουργικότητα όσο και την αισθητική του χώρου. Θα πρέπει με την κατάλληλη οπτική ανάλυση, να δημιουργηθεί η σωστή τοπογραφική διαμόρφωση και να επιλεγούν οι σωστές δραστηριότητες που θα αναπτυχθούν στην επιφάνεια της γης. Αυτό θα γίνει αν μελετηθούν τα υφιστάμενα επίπεδα της ποιότητας της θέας και προσδιοριστεί η απορροφητική ικανότητα του τοπίου, δηλαδή η σχετική ικανότητα της γης να δέχεται οργανωμένες δραστηριότητες και να διατηρεί την ακεραιότητα της ποιότητας της θέας της (Ισπικούδης, 1981).

6. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το αμιαντορυχείο MABE του νομού Κοζάνης λειτούργησε επί δεκαετίες στην περιοχή Ζιδάνι, αποτελώντας μια σημαντική επένδυση για την περιοχή και για τη βόρεια Ελλάδα γενικότερα. Η απαγόρευση της χρήσης αμιάντου σε παγκόσμιο επίπεδο οδήγησε στην οριστική διακοπή της λειτουργίας του ορυχείου το 2000.

Μετά την εγκατάλειψη του αμιαντορυχείου ήρθαν στην επιφάνεια σημαντικά οικολογικά προβλήματα που σχετίζονται με τη φύση του υλικού εξόρυξης καθώς και με τον τρόπο απόθεσης των στείρων υλικών. Το πρόβλημα έγινε πιο έντονο από το γεγονός ότι τα στείρα αυτά υλικά βρισκόνταν πολύ κοντά στις όχθες της τεχνητής λίμνης του Πολύφυτου, την οποία τροφοδοτεί ο μεγαλύτερος ελληνικός ποταμός και ίσως ο σημαντικότερος για την εθνική οικονομία, ο Αλιάκμονας.



Εικόνα 4: Τρισδιάστατο φωτορεαλιστικό ψηφιακό μοντέλο της περιοχής μελέτης.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η ανάγκη αποκατάστασης του αμιαντορυχείου και ιδιαίτερα των αποθέσεων των στείων υλικών, που ήταν εκτεθειμένες στην υδάτινη και αιολική διάβρωση, ήταν πάρα πολύ μεγάλη.

Για την επίτευξη του σκοπού της αποκατάστασης πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση του περιβάλλοντος της περιοχής, με στόχο την επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών που χρησιμοποιήθηκαν στην αποκατάσταση, τον προσδιορισμό των κατάλληλων τεχνικών εγκατάστασης της βλάστησης, τον καλύτερο μετέπειτα χειρισμό της και τον προσδιορισμό των κριτηρίων επιτυχίας της αποκατάστασης. Επιδίωξη ήταν η επιλογή μιας οικονομικής αλλά και αποτελεσματικής λύσης του προβλήματος αποκατάστασης των αποθέσεων και του μετώπου του μεταλλείου.

Η επιλογή των μεθόδων αποκατάστασης έγινε έπειτα από τη διενέργεια εδαφολογικών αναλύσεων της διαθέσιμης φυτικής γης και του αδιατάρακτου επιφανειακού εδάφους που χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη των σωρών των στείων υλικών του αμιαντορυχείου. Οι αναλύσεις αυτές είχαν ως σκοπό τον προσδιορισμό λύσεων χρησιμοποίησης της φυτικής γης, αυτούσια ή με προσμίξεις με οργανική ουσία (κοπριά) ή άλλα υλικά, έτσι ώστε το εδαφικό υπόστρωμα να αποκτήσει τις κατάλληλες ιδιότητες για την ανάπτυξη της βλάστησης, η οποία στη συνέχεια θα συμβάλει στην αποτελεσματική προστασία των εδαφών.

Προϋπόθεση για την αποτελεσματική αποκατάσταση, αποτέλεσαν τα δεδομένα που προέκυψαν από τη μελέτη διαμόρφωσης και σταθεροποίησης των αποθέσεων, αφού με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίσθηκαν οι ποσότητες της απαιτούμενης φυτικής γης καθώς και το απαιτούμενο πάχος που πρέπει να έχει το εδαφικό υπόστρωμα στις κεκλιμένες επιφάνειες και στις βαθμίδες.

Για τις κεκλιμένες επιφάνειες πάρθηκαν ειδικά μέτρα κατά της διάβρωσης όπως σπορά και κάλυψη των επιφανειών με οργανικά υλικά όπως άχυρο, υπολείμματα υλοτομιών (κλαδιά) κλπ. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις διαμόρφωσης πρανών με έντονη κλίση, λήφθηκαν πρόσθετα αντιδιαβρωτικά μέτρα με την κατασκευή σανιδοδεμάτων και ιδιαίτερα πυκνές φυτεύσεις με μοσχεύματα ιτιάς, θάμνων και μικρών δέντρων.

Επίσης, έγινε λήψη μέτρων ώστε να επιτευχθούν τα μεγαλύτερα δυνατά ποσοστά επιβίωσης της βλάστησης, η καλύτερη δυνατή αύξηση και προσαρμογή των φυτευθέντων ειδών, αλλά και να αποτραπεί η περίπτωση πυρκαγιάς.

Επειδή οι σωροί των αποθέσεων ήταν ορατοί από μεγάλη απόσταση (περιοχή Αιανής), λόγω της αλλαγής του αναγλύφου αλλά κυρίως λόγω της χρωματικής αντίθεσης, έγινε η επανένταξη του διαταραχθέντος αυτού τμήματος στο τοπίο της ευρύτερης περιοχής. Η επανένταξη αυτή έγινε με βάση τις αρχές της αρχιτεκτονικής του τοπίου και τα οπτικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Συνεπώς, τα βήματα πάνω στα οποία στηρίχθηκε η διαδικασία της αποκατάστασης είναι:

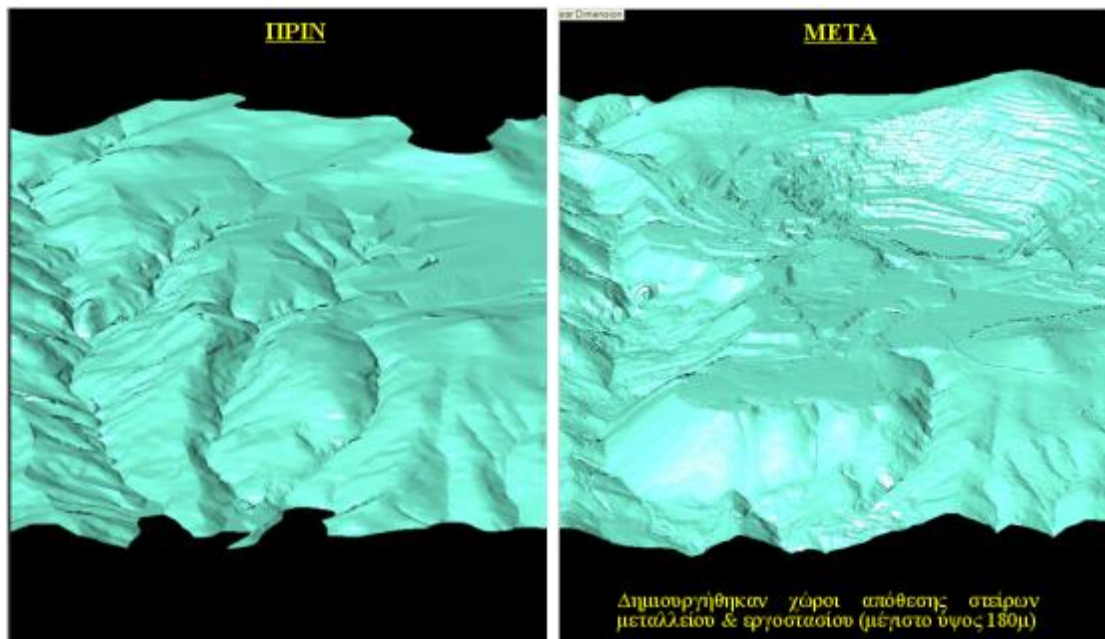
- Ανάλυση του περιβάλλοντος της περιοχής έρευνας.
- Διαμόρφωση του χώρου αποκατάστασης, δηλαδή των αποθέσεων, των οριζόντων επιφανειών και των χώρων του μεταλλείου (πατάρια, δρόμοι, ράμπες και λοιποί χώροι).
- Καθορισμός προδιαγραφών του απαραίτητου εδάφους.
- Κάλυψη των διαμορφωμένων χώρων με εδαφικό υλικό.
- Εκλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών.
- Προσδιορισμός τεχνικών σποράς και φύτευσης.

6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

Η παρουσία αμιάντου στην περιοχή του Ζιδανίου του νομού Κοζάνης εντοπίστηκε για πρώτη φορά από ιδιώτες το 1936. Η συστηματική όμως έρευνα για να εξακριβωθεί η ποσότητα και η ποιότητα των αποθεμάτων άρχισε πολύ αργότερα το 1955.

Οι έρευνες έγιναν στην αρχή από την αμερικανική εταιρεία KENNECOTT COPPER CORP. και συνεχίστηκαν από το ελληνικό δημόσιο. Το 1965 τα δικαιώματα μεταλλιοκτησίας περιήλθαν στην ETBA, η οποία ολοκλήρωσε τις έρευνες μέσω της θυγατρικής της εταιρείας ΓΕΜΕΕ και σε συνεργασία με την αμερικανική εταιρεία CERRO CORP. Τελικά επιλέχθηκε η αξιοποίηση του αμιάντου να γίνει από την ETBA, η οποία ανέθεσε την πραγματοποίηση της επένδυσης και τη λειτουργία της στη θυγατρική MABE. Αργότερα κρίθηκε σκόπιμο να συμμετάσχει στο μετοχικό κεφάλαιο της MABE με ποσοστό 8,5%, και η IFC (INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION), επενδυτικός οργανισμός της WORLD BANK. Η συνολική επένδυση προϋπολογίστηκε σε 85 εκατ. δολάρια.

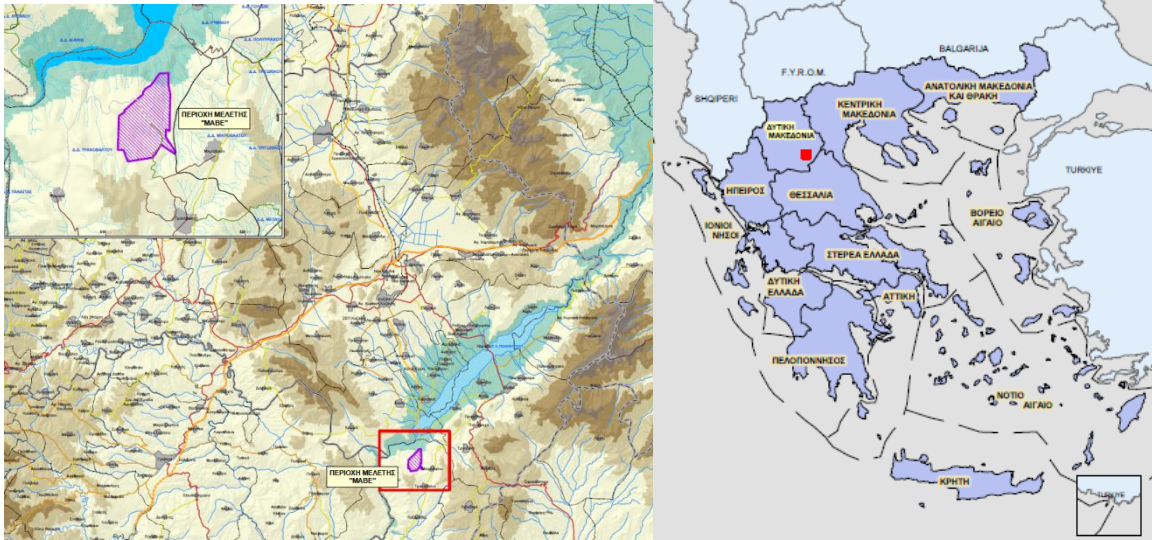
Η εκμετάλλευση ξεκίνησε το 1982 με την κατασκευή του εργοστασίου επεξεργασίας των ινών αμιάντου. Η δυναμικότητα του εργοστασίου ανέρχονταν σε 100.000 τόννους/έτος, αλλά δεν ξεπέρασε στα 18 χρόνια λειτουργίας του τους 70.000 τόνους. Στην επιχείρηση MABE απασχολούνταν 450 εργαζόμενοι. Μετά τη μίσθωση σε ιδιώτη του εργοστασίου, μέχρι το 1989 στην επιχείρηση απασχολούνταν 250 εργαζόμενοι περίπου, με τις ίδιες όμως ποσότητες παραγωγής αμιάντου.



Εικόνα 5: Τρισδιάστατο μοντέλο της περιοχής πριν και μετά τη λειτουργία του μεταλλείου.

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΗ

Το αμιαντορυχείο (Μεταλλείο Αμιάντου Βορείου Ελλάδος), βρίσκεται στην περιοχή Ζιδάνι, στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού Κοζάνης, που απέχει περίπου 40km από την πόλη της Κοζάνης. Σε απόσταση ενός χιλιομέτρου, διέρχεται ο ποταμός Αλιάκμονας στο σημείο που σχηματίζεται η τεχνητή λίμνη Πολυφύτου, εξαιτίας του ομώνυμου φράγματος. Σε ακτίνα μόλις 5km, βρίσκονται 4 χωριά με συνολικό πληθυσμό περίπου 1.800 κατοίκους.



Χάρτης 1: Περιοχή αμιαντορυχείου (ΜΑΒΕ).



Εικόνα 6: Άποψη της ευρύτερης περιοχής του μεταλλείου (ΜΑΒΕ)-Τεχνητή λίμνη Πολυφύτου (στο βάθος διακρίνεται το αμιαντορυχείο).

Ο χώρος του αμιαντορυχείου καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 4.135 στρεμμάτων και χωρίζεται σχηματικά σε 4 ενότητες, από το μεταλλείο, τις αποθέσεις, τις κτιριακές εγκαταστάσεις και τους υπόλοιπους υπαίθριους χώρους.

Το μεταλλείο καλύπτει έκταση 335.000m². Η εξόρυξη γινόταν στο ανοικτό μεταλλείο με τη χρήση εκρηκτικών εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ορθών κλειστών αλληπάλληλων βαθμίδων. Η διαδικασία της εξόρυξης είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας χοανοειδούς εκσκαφής, βάθους 190m περίπου, με βαθμίδες ύψους 10m και πλάτους 5m. Στον πυθμένα του μεταλλείου είχε σχηματιστεί μια λίμνη που καλύπτει επιφάνεια περίπου 125 στρέμματα (υψόμετρο 460m).

Το μεταλλείο παρουσιάζει τη μορφή ενός κυκλικού διακένου το οποίο διαμορφώθηκε από την πολυετή διαδικασία εξόρυξης του αμιάντου. Τα υψόμετρα του φυσικού εδάφους στο χώρο του μεταλλείου κυμαίνονται από 460m ως 650m. Η διαδικασία παραγωγής του μεταλλεύματος διακρίνονταν σε τρεις φάσεις. Περιελάμβανε την αποκάλυψη των στείρων, την εξόρυξη του μεταλλεύματος και μεταφορά με μηχανικά μέσα στο εργοστάσιο.



Εικόνα 7: Περιοχή μεταλλείου αμιάντου (MABE) πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 8: Περιοχή μεταλλείου αμιάντου (MABE) πριν την αποκατάσταση.

Οι αποθέσεις καταλαμβάνουν έκταση 532.000m². Το υλικό των αποθέσεων προερχόταν από το εργοστάσιο (παραπροϊόντα επεξεργασίας αμιάντου) και από τα στείρα υλικά του ορυχείου. Ο συνολικός όγκος των αποθέσεων ήταν 69.000.000 τόνοι, ο οποίος σχημάτιζε τεράστιους σωρούς, που ήταν ορατοί από μεγάλη απόσταση και βρίσκονταν σε απόσταση μικρότερη του ενός χιλιομέτρου από τον ποταμό Αλιάκμονα. Εξαιτίας της μορφολογίας του εδάφους η εναπόθεση του στείρου υλικού δημιούργησε ένα ενιαίο πρηνές ύψους 180m χωρίς ενδιάμεσες βαθμίδες. Φαινόμενα κατολίσθησης και καθιζήσεις είχαν παρουσιαστεί επανειλημμένα, εξαιτίας του τεράστιου όγκου των αποθέσεων και των εξαιρετικά απότομων κλίσεων.

Από την αρχή της μεταλλευτικής δραστηριότητας δημιουργήθηκαν χώροι απόθεσης των στείρων, εντός του ιδιόκτητου χώρου της εταιρείας, τόσο για τα χονδρόκοκκα στείρα υλικά του μεταλλείου, όσο και για τα λεπτόκοκκα στείρα υλικά, τα οποία προκύπτουν μετά την επεξεργασία του κοιτάσματος.

Οι χώροι απόθεσης των στείρων λόγω της μορφολογίας του εδάφους διαμορφώνονταν σταδιακά από τα ανώτερα στα κατώτερα τμήματα, δημιουργώντας οριζόντιες πλατείες και σχεδόν κατακόρυφα πρηνή με κλίση 80% έως 90%. Η διαμόρφωση του χώρου απόθεσης του μεταλλείου γινόταν με τη χρήση διαφόρων χοντρόκοκκων υλικών από το ορυχείο. Επίσης, στο χώρο απόθεσης του μεταλλείου δημιουργήθηκε χώρος αποθήκευσης της φυτικής γης που προέκυψε από την διαδικασία αποκάλυψης του κοιτάσματος και αποθηκεύτηκε για μελλοντική χρήση. Η απόθεση του εργοστασίου δημιουργήθηκε από την απόρριψη των λεπτόκοκκων στείρων υλικών, μετά τη διαδικασία επεξεργασίας του κοιτάσματος. Τμήμα της έκτασης των αποθέσεων του εργοστασίου είχε αποκατασταθεί μερικώς κατά την διάρκεια λειτουργίας του εργοστασίου με απόθεση φυτικής γης 50cm πάχος και φύτευση δέντρων όπως ακακίες και πεύκα. Δίπλα από το χώρο απόθεσης του εργοστασίου δημιουργήθηκε επίσης αποθήκη φυτικής γης για μελλοντική χρήση.

Η επικινδυνότητα του αμιάντου, κυρίως των αιωρούμενων ινών, καθιστούσε άμεση και επιτακτική την ανάγκη αποκατάστασης των εν λόγω χώρων απόθεσης. Η αποκατάσταση ήταν εξέχουσας σημασίας για το νομό Κοζάνης και τις όμορες περιοχές, όχι μόνον διότι αποκαταστάθηκε μία σημαντική επέμβαση στο δασικό τοπίο της περιοχής, αλλά και λόγω της επιβάρυνσης που θεωρητικά μπορούσαν να προκαλέσουν στην ανθρώπινη υγεία οι ελεύθερες στην ατμόσφαιρα ή το νερό ίνες αμιάντου. Στόχος ήταν η λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων για την αποφυγή τυχόν δυσμενούς επιβάρυνσης στο μέλλον.



Εικόνα 9: Περιοχή των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 10: Περιοχή των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις καταλαμβάνουν έκταση 25.000m² (κτίρια διοικητικών υπηρεσιών, παραγωγής και βοηθητικών χώρων). Η μονάδα παραγωγής αποτελούνταν από το κτίριο πρωτογενούς θραύσης, το κτίριο ξήρανσης, το κτίριο μεταφοράς, τα τρία σιλό υγρού μεταλλεύματος, τα έξι σιλό ξηρού μεταλλεύματος, το κτίριο της κύριας επεξεργασίας, το κτίριο έτοιμου προϊόντος, το συγκρότημα κλειστών μεταφορικών ταινιών και το συγκρότημα ταινιοδρόμων απόθεσης. Το κτίριο των διοικητικών υπηρεσιών περιελάμβανε γραφεία και εργαστήρια, ενώ το κτίριο βοηθητικών εγκαταστάσεων αποτελούνταν από το μηχανουργείο, το ιατρείο, χώρους συνεστιάσεων, αποδυτήριων, εστιατόριο κλπ. Σε μικρή απόσταση από το κτίριο των γραφείων βρισκόταν ένας μικρός οικισμός με 17 προκατασκευασμένα σπίτια που χρησίμευαν ως μόνιμη ή προσωρινή κατοικία των εργαζομένων.



Εικόνα 11: Εργοστάσιο του αμιαντορυχείου.



Εικόνα 12: Γενική άποψη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Οι υπόλοιποι υπαίθριοι χώροι καταλαμβάνουν περίπου 3.500.000m². Αξίζει να αναφερθεί ότι σε απόσταση 500m από το μεταλλείο βρίσκεται μοναστήρι του 17ου αιώνα (Μονή Ζιδανίου), που ελκύει πολλούς επισκέπτες από όλη την Ελλάδα όλο το χρόνο.

6.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Με βάση τη μελέτη που έγινε στην περιοχή, οι χρήσεις γης στα όρια των κυριότερων οικισμών που αναπτύσσονται στην περιοχή μελέτης απεικονίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1: Χρήσεις γης (στρ.)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	ΔΑΣΗ	ΥΔΑΤΑ	ΟΙΚΙΣΜΟΙ
ΤΡΑΝΟΒΑΛΤΟ	14.000	60.000	4.800	550	1.800
ΜΙΚΡΟΒΑΛΤΟ	4.600	15.300	1600	1.600	400
ΕΛΑΤΗ	6.200	13.300	16.500	0	500
ΡΥΜΝΙΟ	1.600	3.000	0	6.500	400
ΣΥΝΟΛΟ	26.400	91.600	22.900	8.650	3.100
%	27%	57%	14%	1%	1%

Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης καλύπτεται από βοσκότοπους σε ποσοστό 57%, που από πλευράς βλάστησης αποτελούνται από ελάχιστα χορτολίβαδα και περισσότερο από μερικώς δασοσκεπείς ή θαμνώδεις εκτάσεις. Τα δάση καλύπτουν μικρό μέρος της συνολικής έκτασης σε ποσοστό 14%, ενώ οι καλλιεργούμενες εκτάσεις σε ποσοστό 27% είναι στην πλειονότητά τους ορεινές και ημιορεινές. Σε πολλές περιπτώσεις οι χρήσεις γης αναμειγνύονται με εναλλαγή δάσους, βοσκότοπου και με διακοπή τους από γεωργικές καλλιέργειες. Μικρό είναι το ποσοστό 1% των υδάτων και των οικισμών της περιοχής.

6.4 ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Κάθε περιοχή έχει τα δικά της χαρακτηριστικά τα οποία την ξεχωρίζουν και τη διαφοροποιούν από άλλες όμοιές της ή γειτονικές της. Τα χαρακτηριστικά αυτά σχετίζονται με φυσικούς παράγοντες όπως το τοπογραφικό ανάγλυφο, το υγρό στοιχείο, η βλάστηση, τα ζώα κλπ, αλλά και η ανθρώπινη παρουσία και δραστηριότητα η οποία σχετίζεται με τις χρήσεις γης και τα διάφορα έργα υποδομής (δρόμοι, οικισμοί, μνημεία, διάφορες κατασκευές κλπ.).

Τοπίο είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών στοιχείων που διακρίνουν μια συγκεκριμένη περιοχή της γήινης επιφάνειας από άλλες περιοχές, όπως φαίνεται σε ένα οπτικό πεδίο (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995). Ο βασικότερος αισθητικός παράγοντας του τοπίου είναι η βλάστηση, αφού αυτή σχετίζεται άμεσα και με άλλους παράγοντες του τοπίου όπως το νερό, τα ζώα, το έδαφος, το κλίμα, η γεωλογία κ.α., αλλά κυρίως γιατί αυτή αποτελεί το εργαλείο για τη βελτίωση της αισθητικής αξίας ενός τοπίου.

Το τοπίο της περιοχής Ζιδανίου επηρεάζεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Την ύπαρξη της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου, η οποία αποτελεί σημείο αναφοράς για την ορεινή περιοχή του Ζιδανίου.
- Τη γεωμορφολογία της περιοχής η οποία χαρακτηρίζεται από μέτριες έως ισχυρές κλίσεις που δημιουργούν ένα έντονο ανάγλυφο με

λοφοειδείς εξάρσεις και ένα σχετικά πυκνό δίκτυο υδρορεμάτων τα οποία καταλήγουν στον Αλιάκμονα.

- Τη βλάστηση της περιοχής η οποία ενώ κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία και πυκνότητα, όσο προχωράμε υψηλότερα γίνεται μονότονη και αραιότερη ως συνέπεια της κυριαρχίας του πουρναριού.
- Το χώρο του μεταλλείου με τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, το χώρο εξόρυξης και το χώρο των αποθέσεων. Ο χώρος αυτός χαρακτηρίζεται από μεγάλη ακαταστασία στο σύνολό του πριν την αποκατάσταση, ιδιαίτερα στο χώρο των αποθέσεων, που ήταν και ο μεγαλύτερος και ο πιο ορατός από μεγάλη απόσταση.

6.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

6.5.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

Το μεταλλείο βορείου Ελλάδος (Μ.Α.Β.Ε.) βρίσκεται ανατολικά του όρους Βούρινος και βορειοδυτικά των Καμβουνίων.

Γεωμορφολογικά η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται ως ορεινή και το υψόμετρο της κυμαίνεται από 400m έως 720m. Οι αυξημένες κλίσεις εδαφών δημιουργούν έντονο σχετικά ανάγλυφο με λοφοειδείς εξάρσεις, ενώ διαρρέεται από ένα σχετικά πυκνό δίκτυο εποχιακών υδρορεμάτων μικρής παροχής, τα οποία έχουν ως τελικό αποδέκτη τον ποταμό Αλιάκμονα.

Βόρεια της περιοχής μελέτης, στο βύθισμα της λίμνης Πολυφύτου, η μορφολογία χαρακτηρίζεται ως πολύ ομαλή με μέσο υψόμετρο 295m. Η μεταλλευτική δραστηριότητα είχε προκαλέσει διακοπή της συνέχειας των γεωλογικών σχηματισμών, με συνέπεια την αλλοίωση του εδαφικού αναγλύφου και της ευρύτερης τοπογραφίας τόσο στον χώρο εξόρυξης, όσο και στο χώρο απόθεσης των στείρων.

6.5.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε απόσταση 10 περίπου χιλιομέτρων ανατολικά του ορεινού όγκου του Βούρινου, ο οποίος αποτελείται από πλήρη οφιολιθική ακολουθία με όλα σχεδόν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα, πλουτωνικά και ηφαιστειακά.

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από γνεύσιους και σχιστόλιθους πάνω στους οποίους βρίσκονται οι σερπεντινίτες που αποτελούν το σχηματισμό με τη μεγαλύτερη εξάπλωση στην περιοχή Ζιδανίου.

Ο μεταλλοφόρος σερπεντινίτης αποτελείται από σχετικά μικρών διαστάσεων φακοειδούς-σφηνοειδούς μορφής σερπεντινικά σώματα. Στις λείες επιφάνειες των σερπεντινιτών αυτών σωμάτων αναπτύσσεται ο αμίαντος.

6.5.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν αξιόλογοι υπόγειοι υδροφορείς στα ανώτερα στρώματα. Στην περιοχή του Ζιδανίου επικρατεί ο σερπεντινίτης, που αποτελεί πρακτικά μη υδροπερατό σχηματισμό.

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από γνεύσιους και σχιστόλιθους, οι οποίοι έχουν κάποιες ιδιαιτερότητες στη συμπεριφορά τους ως υδροφόροι. Έχουν μεγάλη μεταβιβαστικότητα και μικρή υδροχωρητικότητα, ενώ ο φυσικός

εμπλουτισμός πραγματοποιείται με πολύ αργούς ρυθμούς. Αποτέλεσμα είναι τα γνευσιοσχιστολιθικά πετρώματα να εντάσσονται στους μη υδροπερατούς σχηματισμούς.

Ο μοναδικός αξιόλογος υδροφορέας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι ο καρστικός υδροφορέας του νοτιοδυτικού Βερμίου. Οι ασβεστολιθικοί όγκοι της ευρύτερης περιοχής είναι σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό έντονα καρστικοποιημένοι. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα συγκεντρώνονται σε ένα δίκτυο επικοινωνούντων αγωγών, ρωγμών και σπηλαίων και σχηματίζουν σε βαθύτερα στρώματα τους καρστικούς υδροφορείς. Σε ορισμένες περιοχές δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησής του λόγω του μορφολογικού αναγλύφου. Ο καρστικός υδροφορέας αποτελεί το σημαντικότερο απόθεμα νερού της ευρύτερης περιοχής και ως εκ τούτου η προστασία του από κάθε μορφής ρύπανση είναι επιβεβλημένη.

Βόρεια του μεταλλείου εκδηλώνονται καρστικές διάσπαρτες πηγές σημαντικής παροχής. Πρόκειται για τις πηγές «Αναβρυκά» οι οποίες έχουν παροχή μεγαλύτερη των 1000m³/ώρα (Υ.Ε.Β, 1993). Σημειώνεται ότι για τις ανάγκες του συγκροτήματος σε νερό είχε γίνει στην περιοχή υδρογεώτρηση, βάθους 65m και παροχής 60m³/ώρα, η οποία κάλυπτε τις απαιτήσεις σε νερό.

Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή αναβλύζουν δεκατρείς πηγές μικρής παροχής. Η σημαντικότερη δεν υπερβαίνει κατά την ξηρή περίοδο τα 70m³/ημέρα. Οι πηγές αυτές εξυπηρετούν σκοπούς ύδρευσης του οικισμού και κτηνοτροφικών αναγκών.

6.5.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση που έγινε στην περιοχή, τα εδάφη της περιοχής ανήκουν στην κατηγορία των ορφνών δασικών εδαφών, είναι εδάφη ελαφρά-μέτρια ελαφρά, με πολύ χαμηλά ποσοστά αργίλου και μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Το βάθος κυμαίνεται από 20cm στις ράχες και στις πιο άγονες θέσεις και έως 60cm-80cm στις καλύτερες θέσεις. Τα εδάφη είναι ισχυρά αλκαλικά με κανονικές συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών αλάτων. Σχετικά υψηλή είναι επίσης η συγκέντρωση ελεύθερου CaCO₃. Ως προς τα θρεπτικά συστατικά γενικά παρατηρείται ανεπάρκεια και απαιτήθηκε η προσθήκη λιπασμάτων κατά την αποκατάσταση για την άνοδο του επιπέδου επάρκειάς τους και τη βελτίωση των συνθηκών ανάπτυξης της βλάστησης. Εξαιτίας του υψηλού pH προτιμήθηκαν θειούχα λιπάσματα, τα οποία συνέβαλαν ταυτόχρονα στη μείωση του pH.

Η φυτική γη, η οποία χρησιμοποιήθηκε στην αποκατάσταση και προήλθε από τις διαδικασίες εξόρυξης του αμιάντου, είχε τα ίδια χαρακτηριστικά με τα εδάφη της περιοχής με τη διαφορά ότι επειδή προερχόταν όχι μόνο από τους επιφανειακούς εδαφικούς ορίζοντες αλλά και από βαθύτερα στρώματα χαρακτηριζόταν επιπλέον από την έλλειψη οργανικής ουσίας και αζώτου. Γι' αυτό για τη βελτίωση των ιδιοτήτων της απαιτήθηκε η προσθήκη οργανικής ουσίας τουλάχιστον 2%. Επίσης, εξαιτίας της ανεπάρκειας σε θρεπτικά συστατικά απαιτήθηκε και η προσθήκη λιπασμάτων, τα οποία λόγω του υψηλού pH ήταν θειούχα.

Τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.

ΕΔΑΦΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)	ΑΖΩΤΟ (%)	pH	CaCo3 (%)
ΕΔΑΦΟΣ	ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΕΣ	2,04	0,09	8,51	38,72
ΕΔΑΦΟΣ	ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΕΣ	5,29	0,21	8,54	11
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΕΣ	0	0,015	8,32	14,08
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΠΗΛΩΔΕΣ	0	0,012	8,75	11,44
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΠΗΛΟΑΜΜΩΔΕΣ	0	0,003	8,76	29,04
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΠΗΛΟΑΜΜΩΔΕΣ	0	0,007	8,93	46,20

Πίνακας 3: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.

ΕΔΑΦΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ	P (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
ΕΔΑΦΟΣ	4	92	120	1,76	0,24	3,86	0,48	0,23
ΕΔΑΦΟΣ	6	154	205	2,14	0,3	4,32	0,38	0,59
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	3	80	118	0,9	0,24	1,12	0,14	0,15
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	3	109	200	1,06	0,1	1,1	0,6	0,2
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	2	36	110	1,22	0,22	0,86	0,16	0,22
ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	2	46	215	0,76	0,28	0,58	0,12	0,22

Λόγω της υψής τους τα εδάφη στην περιοχή μελέτης αποτελούν πολλές φορές υλικά διάβρωσης και μεταφοράς των υπερβασικών κυρίως πετρωμάτων της ευρύτερης περιοχής. Σε απόσταση 100m περίπου νότια της περιοχής μελέτης, υψώνεται ορεινός ασβεστολιθικός όγκος, τα υλικά διάβρωσης του οποίου επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εδαφών.

6.5.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από την επικράτηση σχηματισμών με ελάχιστη έως μηδενική υδατοπερατότητα (σερπεντίνης, σχιστόλιθοι), ενώ το υψόμετρό της μεταβάλλεται από 400m έως 720m με απότομες κλίσεις. Τα παραπάνω έχουν ως συνέπεια να υπερτερεί η επιφανειακή απορροή από τη διήθηση και η περιοχή να διαρρέεται από ένα σχετικά πυκνό δίκτυο εποχιακών υδρορεμάτων, μικρής παροχής, τα οποία έχουν ως τελικό αποδέκτη τον ποταμό Αλιάκμονα.

Η κατασκευή του φράγματος Πολυφύτου επί του ποταμού Αλιάκμονα και η δημιουργία της τεχνητής λίμνης επιδρά στο μικροκλίμα της ευρύτερης περιοχής και ιδιαίτερα στα επίπεδα σχετικής και απόλυτης υγρασίας τα οποία κυμαίνονται κατά μέσο όρο περίπου στο 68% και 8,7% αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι η σχετική υγρασία κατά την υγρή-ψυχρή περίοδο κυμαίνεται μεταξύ 70-80% ,ενώ κατά την ξηρή-θερμή περίοδο μειώνεται στο 50-55%.

Οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή είναι βόρειοι, μεγάλης σχετικά έντασης αλλά μικρής διάρκειας, ενώ συχνοί είναι και οι ΝΔ και ΒΑ άνεμοι. Η μέση θερμοκρασία αέρος είναι 12,96⁰C, ενώ η ελάχιστη 7,18⁰C και η μέγιστη 18,08⁰C. Ο μέσος όρος ύψους βροχής είναι 553mm, ενώ ο μήνας με τις μεγαλύτερες

βροχοπτώσεις κατά μέσο όρο είναι ο Νοέμβριος με 63,7mm βροχής και αυτός με τις μικρότερες ο Σεπτέμβριος με 32,6mm βροχής.

Τέλος, για την εξάτμιση από τα στοιχεία του Καπνικού Σταθμού Κοζάνης προκύπτει ότι η μέγιστη μηνιαία εξάτμιση παρατηρείται κατά τον Ιούλιο και ανέρχεται σε 125mm περίπου.

Αναλυτικά τα στοιχεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, για τη χρονική περίοδο 1969 έως 2000.

Πίνακας 4: Μετεωρολογικά στοιχεία καπνικού σταθμού Κοζάνης, περιόδου 1969-2000.

ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΗ Τ (°C)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ Τ (°C)	ΜΕΓΙΣΤΗ Τ (°C)	ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΜΕΣΗ ΑΠΟΛΥΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΕΞΑΤΜΙΣΗ Μ.Μ (mm)	ΒΡΟΧΗ (mm)
ΙΑΝ	3,22	-1,46	7,52	80,92	4,63	31,24	39,57
ΦΕΒ	3,78	-0,78	8,78	77,39	4,72	36,1	41,49
ΜΑΡ	6,96	1,76	11,76	69,49	5,61	56,03	51,68
ΑΠΡ	11,62	5,56	16,5	65,52	8,41	69,82	48,13
ΜΑΙ	16,78	10,17	21,73	65,76	10,25	78,8	52,42
ΙΟΥΝ	21,73	14,10	26,71	58,06	12,4	106,68	34,23
ΙΟΥΛ	23,84	16,29	29,28	53,90	13,78	124,97	43,41
ΑΥΓ	23,42	16,11	29,06	55,74	13,52	118,87	37,54
ΣΕΠ	19,2	12,85	25,24	62,73	11,4	89,23	32,59
ΟΚΤ	13,32	8,19	18,92	71,73	8,95	55,07	56,01
ΝΟΕ	7,93	3,42	13,35	76,61	6,48	35,26	63,75
ΔΕΚ	3,78	-0,1	8,13	79,16	5,04	31,84	51,87
ΕΤΗΣΙΑ	12,96	7,18	18,08	68,09	8,76	69,49	46,06

6.5.6 ΒΛΑΣΤΗΣΗ-ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ

Το επικρατέστερο είδος βλάστησης στην περιοχή αποτελούν οι θαμνώνες με *Quercus coccifera* (πουρνάρι) σε ποσοστό 80%, ενώ σε μικρότερο βαθμό συναντάται το είδος *Juniperus oxycedrus*, με βαθμό συγκόμωσης που ποικίλλει από 10% έως 40%.

Η μείωση της βοσκοφόρτωσης των τελευταίων ετών η οποία οφείλεται στην εγκατάλειψη της κτηνοτροφίας, βοήθησε στη φυσική ανόρθωση των οικοσυστημάτων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εδαφοκάλυψης της περιοχής και της πυκνότητας της δασικής βλάστησης.

Στα μεγαλύτερα υψόμετρα κυριαρχούν τα φυλλοβόλα δρυοδάση με βαθμό συγκόμωσης που κυμαίνεται από 40% έως 70% και με τάσεις αύξησης της εδαφοκάλυψης λόγω μείωσης της βοσκής.

Στο χώρο δραστηριότητας του μεταλλείου πριν την αποκατάσταση είχαν δενδροφυτευτεί περίπου 30.000 δενδρύλλια, κυρίως ακακίες, πεύκα, λεύκες, κυπαρίσσια, φράξοι, σφενδάμια και πλατάνια.

Σε κοντινή απόσταση από το μεταλλείο έχει δημιουργηθεί ένα αξιόλογο τεχνητό οικοσύστημα με την κατασκευή του φράγματος Πολυφύτου και την ομώνυμη λίμνη. Το ύψος των νερών της λίμνης και κατ' επέκταση η επιφάνεια κάλυψης δεν είναι σταθερά και παρατηρούνται σημαντικές αυξομειώσεις. Το μέγιστο ύψος στάθμης και το ελάχιστο διαφοροποιείται έως και 20m, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πλημμυρικά φαινόμενα ή ξηρή επιφάνεια αντίστοιχα, σε μήκος έως και 10km. Έτσι εμποδίζεται η ανάπτυξη παρόχθιας και υδρόβιας βλάστησης, που είναι απαραίτητη για να κρατηθεί αναβαθμισμένος ο υγροβιότοπος.

Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν δασοσκεπείς και μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις που εκτείνονται στις δυτικές και ΝΔ παρυφές των Πιέρων όρεων, από υψόμετρο 400-1689m, καθώς και σε μικρό τμήμα των ΒΑ παρυφών των Καμβουνίων όρεων.

Σύμφωνα με τα φυσιολογικά, χλωριδικά και οικολογικά χαρακτηριστικά διακρίνονται οι εξής ζώνες βλάστησης (Ντάφης, 1972):

- Ζώνη *Quercetalia rubescentis* (χνοώδους δρυός), εντός της οποίας εμφανίζονται δύο υποζώνες:
 1. Υποζώνη *ostyro-carpinion* (οστριάς - γαύρου) με κυρίαρχα είδη τα *Quercus coccifera* (πουρνάρι), *Carpinus orientalis* (γαύρος) και *Ostrya carpinifolia* (οστριά).
 2. Υποζώνη *Quercion confertae* (ξηρόφυλλων φυλλοβόλων δασών) με τα είδη: *Quercus conferta* (δρυς πλατύφυλλος), *Quercus rubescens* (δρυς χνοώδης), *Quercus sessiliflora* (δρυς απόδισκος) και *Quercus macedonica* (δρυς μακεδονική).
- Ζώνη *Fagetalia* (οξιάς-ελάτης), με αντιπρόσωπο την υποζώνη *Fagion moesiaca*, με τις εξής φυτοκοινωνικές ενώσεις:
 1. *Fagetum moesiace* με το είδος *Fagus silvatica* (οξυά δασική).
 2. *Abieti fagetum moesiace* με το είδος *Abies borissi regis* (υβριδογενής ελάτη).
 3. *Pinetum nigrae* με το είδος *Pinus nigra* (μαύρη πεύκη).
- Αζωνική βλάστηση των ρεμάτων και ποταμών. Περιλαμβάνει συστάδες κυρίως του ανατολικού πλατάνου. Απαντάται στις υγρές και δροσερές θέσεις κυρίως κατά μήκος των ρεμάτων, όπου συγκροτεί κατά θέσεις εκτεταμένες συστάδες.
- Τέλος μικρό ποσοστό κατέχουν οι αναδασωμένες εκτάσεις με *Pinus brutia* (τραχεία πεύκη).

Στη σύνθεση της παραπάνω βλάστησης, εκτός από τα κυρίαρχα είδη, εμφανίζονται διάφορα δευτερεύοντα ξυλώδη είδη, όπως ο αγριοπλάτανος (*Acer platanoides*), κυρίως μέσα σε ρέματα, η φουντουκιά (*Coryllus avalana*), συνήθως στους καλύτερους τόπους και μέσα σε ρέματα, διάφορα είδη σφενδάμου, σορβιάς, η κρυνιά, η κουφοξυλιά, διάφορα είδη των κραταίγων, άγρια πυρηνόκαρπα είδη κ.λπ και διάφορα είδη θαμνώδους και ποώδους βλάστησης.

Η περιοχή του μεταλλείου έχει μέσο υψόμετρο 600m και ανήκει στη μεταβατική ζώνη οστριάς-πουρναριού. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τις ανώτερες φυτοκοινωνίες των BROWN BLANQUET και σύμφωνα με τη διάρθρωση βλάστησης της ΝΑ Ευρώπης του HORVAT, η περιοχή εντάσσεται στη μεταβατική υποζώνη *Ostryo-carpinion* της ζώνης *Quercetalia rubescentis* και βρίσκεται στα όρια της ζώνης των θερμόφιλων υποηπειρωτικών φυλλοβόλων δρυών.

Συγκεκριμένα η περιοχή έρευνας ανήκει στον αυξητικό χώρο του *Cocciferocarpinetum*, ο οποίος καταλαμβάνει σημαντική έκταση τόσο στην κεντρική και ανατολική Ελλάδα όσο και στο εσωτερικό της δυτικής όπου καταλαμβάνει λοφώδεις ή και πεδινές εκτάσεις.

Η επικράτηση του πουρναριού οφείλεται στη μεγάλη αντοχή του στη βόσκηση, στις πυρκαγιές, στις αλόγιστες υλοτομίες και άλλες κακώσεις, στις οποίες αντεπεξέρχεται με την έντονη ριζοβλαστική ικανότητα.

Στο παρελθόν στη ζώνη αυτή κυριαρχούσαν τα δάση χνοώδους και πλατυφύλλου δρυός. Αυτό αποδεικνύεται συχνά από το ότι μετά την απαγόρευση

της βόσκησης σε ανάλογες περιοχές, σε διάστημα λίγων ετών η φυσιολογία της περιοχής αλλάζει και κυριαρχούν είδη δρυός και ο γαύρος.

Μια στενή ζώνη κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα (συνήθως στις βόρειες εκθέσεις) ανήκει στον αυξητικό χώρο του *Carpinetum orientalis*, ο οποίος χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση ενός πλήθους δενδρωδών και θαμνωδών ειδών.

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής του μεταλλευτικού χώρου είχε υψηλούς θαμνώνες. Το επικρατέστερο είδος ήταν το *Quercus Coccifera* σε ποσοστό 80%, ενώ σε μικρότερο ποσοστό, περίπου 10%, το είδος *Juniperus oxycedrus*. Ο βαθμός συγκόμωσης στους θαμνώνες ήταν από 30% μέχρι 70%, ενώ σε λίγες περιπτώσεις ο βαθμός συγκόμωσης ξεπερνούσε το 70%. Ένα μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής του μεταλλευτικού χώρου, στα μεγαλύτερα υψόμετρα, καλύπτονταν από υποβαθμισμένα δρυοδάση, με βαθμό συγκόμωσης συνήθως από 40%-70%. Η παραγωγικότητά τους ήταν μικρή και η απόδοσή τους σε ξυλώδη όγκο χαμηλή.

Στο χώρο της MABE είχαν δενδροφυτευτεί ορισμένες επίπεδες εκτάσεις με πεύκα, λεύκες, κυπαρίσσια, φράξο, σφένδαμο και ιδιαίτερα σε χώρους αποθέσεων με ακακία.

Τα είδη που συμμετέχουν στη σύνθεση της φυσικής βλάστησης της περιοχής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5: Σύνθεση της φυσικής βλάστησης της περιοχής.

ΔΕΝΤΡΑ		ΘΑΜΝΟΙ	
Πλάτανος	<i>Platanus orientalis</i>	Πουρνάρι	<i>Quercus coccifera</i>
Δρυς χνοώδης	<i>Quercus pubescens</i>	Παλιούρι	<i>Paliurus spina cristi</i>
Δρυς πλατύφυλλος	<i>Q. frainetto</i>	Χρυσόξυλο	<i>Corinus coggygria</i>
Γαύρος ανατολικός	<i>Carpinus orientalis</i>	Κοκορεβυθιά	<i>Pistacia terebinthus</i>
Φράξος όρνος	<i>Fraxinus ornus</i>	Φιλλύκι	<i>Phillyrea latifolia</i>
Κουτσουτιά	<i>Cercis siliquastrum</i>	Άρκευθος	<i>Juniperus oxycedrus</i>
Γκορτσιά	<i>Pyrus amygdaliformis</i>	Βάτος	<i>Rubus canescens</i>
Λεύκη μαύρη	<i>Populus nigra</i>	Βούζι	<i>Sambucus ebulus</i>
Συκιά	<i>Ficus carica</i>	Φούσκα	<i>Colutea arborescens</i>
Μελικοκιά	<i>Celtis australis</i>	Κορονίλλη	<i>Coronilla emeroides</i>
Μουριά	<i>Morus nigra</i>	Κλιματσίδα	<i>Clematis vitalba</i>
Ιτια λευκή	<i>Salix alba</i>	Αγριοτριανταφυλιά	<i>Rosa sp.</i>
Φτελιά	<i>Ulmus campestris</i>		
Σφενδάμι	<i>Acer campestre</i>		
Λεύκη λευκή	<i>Populus alba</i>		

Στη βλάστηση της περιοχής πρέπει επίσης να προστεθούν και τα είδη τα οποία φυτεύτηκαν στο χώρο του εργοταξίου, τα οποία είναι τα εξής: τραχεία πεύκη, μαύρη πεύκη, κυπαρίσσι αειθαλές, κυπαρίσσι αριζόνας, λεύκη λευκή, σπάρτο, καρυδιά, κορομηλιά, αμυγδαλιά.

Επίσης, υπήρχαν ορισμένα είδη τα οποία εποίκισαν φυσικά τους σωρούς του επιφανειακού εδάφους και ήταν κάποια ξυλώδη και κάποια ποώδη. Τα ξυλώδη ήταν, φούσκα, φτελιά, βάτος, κοκορεβυθιά, λεύκη λευκή, πλάτανος, μαύρη πεύκη, χρυσόξυλο, καρυδιά, γκορτσιά, μηλιά, αμπέλι και τα ποώδη ήταν, *Ononis spinosa*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Tussilago farfara*, *Hypericum perforatum*, *Epilobium sp.*, *Chamecytissus sp.*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium campestre*, *Trifolium arvense*.

Όσον αφορά την πανίδα της περιοχής, στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα ενδημικά είδη της ηπειρωτικής Ελλάδας, που υπάρχουν στην περιοχή.

Πίνακας 6: Πανίδα της περιοχής.

ΘΗΛΑΣΤΙΚΑ	ΠΤΗΝΑ	ΕΡΠΕΤΑ
Τσακάλι	Γεράκια	Δενδρογαλιά
Αλεπού	Αγριοπερίστερο	Σαίτα
Ασβός	Κίσσα	Αστρίτης
Κουνάβι	Τσαλαπετεινός	Σαύρες
Σκίουρος	Κότσυφας	Χελώνα
Λαγός	Καρακάξα	
Σκατζόχοιρος	Κόργα	
	Κόρακας	
	Σπουργίτια	

Εκτός από τα παραπάνω ενδημικά είδη, παρατηρούνται εποχικά ορισμένα είδη κυρίως στην προαναφερόμενη περιοχή του Ρυμνίου, όπου δημιουργείται το «Δέλτα» του ποταμού. Τα είδη αυτά είναι: λευκοί ερωδιοί, στακτοτσικινιάδες, αγριόκυκνοι, πελαργοί, κορμοράνοι και πελεκάνοι.

6.5.7 ΑΞΙΟΛΟΓΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης και ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα της λίμνης, όπου σχηματίζεται το «Δέλτα» του ποταμού Αλιάκμονα σε έκταση πολύ μεγάλη, έχει αναπτυχθεί ένας αξιόλογος υγροβιότοπος, όπου εμφανίζεται πανίδα και κυρίως ορνιθοπανίδα.

Στις όχθες της λίμνης έχουν αναπτυχθεί σημαντικές συστάδες υδροχαρούς βλάστησης ανατολικού πλατάνου και μόνο σε λίγες θέσεις εμφανίζονται καλαμώνες. Η οριοθέτηση της περιοχής αυτής δεν σταματά μόνο στο λιμναίο οικοσύστημα, αλλά σχετίζεται άμεσα και με το χερσαίο οικοσύστημα πάνω και δυτικά από τη γέφυρα του Ρυμνίου. Επίσης, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της ευρύτερης περιοχής του ποταμού Αλιάκμονα και των στενών της «Ζάβορδας», μέχρι το ύψος του οικισμού της Παλιουριάς του νομού Γρεβενών. Στην ίδια ενότητα εντάσσεται και το ρέμα «Μελίσσια Λάκκος», προερχόμενο από το όρος Βούρινος που εκβάλλει στον Αλιάκμονα, καθώς επίσης και το ρέμα «Κατερίνας Λάκκος».

6.5.8 ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΟΣ

Η ευρύτερη περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται για τον πλούσιο ορυκτό πλούτο που διαθέτει καθώς, στη λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων αναπτύσσεται ένα από τα πλουσιότερα κοιτάσματα λευκόλιθου. Στο όρος Μπούρινος, περιοχή Ξερολίβαδου-Σκούμτσιας, βρίσκονται τα μοναδικά κοιτάσματα χρωμίτη στην Ευρώπη. Στην λατομική περιοχή Τρανοβάλτου εξορύσσονται τα φημισμένα λευκά μάρμαρα. Στο Ζιδάνι τα κοιτάσματα αμιάντου θεωρούνται από τα πλέον αξιόλογα της Ευρώπης.

Στην ιζηματογενή λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων, μεταξύ του Βούρινου και του Βερμίου όρους, εντοπίστηκε ένα από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα λευκόλιθου με πολλές παραγενέσεις του μαγνησίου, όπως μαγνησίτης, υδρομαγνησίτης, χουντίτης, αραγωνίτης και δολομίτης. Τα αποθέματα υπερβαίνουν τα 400 εκατομμύρια τόννους. Στη δεκαετία του 1950 έγινε μικρής κλίμακας εκμετάλλευση στην περιοχή Αιανής.

Το μεταλλείο χρωμίτη στην περιοχή Ξερολίβαδου-Σκούμτσιας λειτούργησε επί τριάντα χρόνια. Άρχισε τη λειτουργία του στις αρχές της δεκαετίας του '50. Άρχισε με επιφανειακή εκμετάλλευση και στη συνέχεια εξελίχθηκε σε υπόγεια λόγω της γεωλογικής δομής του κοιτάσματος. Οι υπόγειες στοές είναι επισκέψιμες και μπορεί να γίνουν προσιτές για γεωτουρισμό, μετά από ειδικές παρεμβάσεις και

έργα. Η μέγιστη ετήσια παραγωγή ήταν 50.000 τόνοι, ενώ στην τριακονταετία μέχρι το 1980 εξορύχτηκαν περίπου 1.000.000 τόνοι, περιεκτικότητας 15% σε Cr₂O₃. Το εργοστάσιο στη Σκούμτσια είχε ετήσια δυναμικότητα 15.000 τόννων συμπυκνώματος χρωμίτη.

Η δυτική Μακεδονία αποτελεί μία από τις κυριότερες πηγές μαρμαροφόρων κοιτασμάτων. Περιλαμβάνει μία μεγάλη ποικιλία λευκών και έγχρωμων μαρμάρων, καθώς και άλλα πετρώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μαρμαρική τέχνη.

Τέλος, στην περιοχή του Ζιδανίου είχε εντοπιστεί ένα από τα δύο μεγαλύτερα κοιτάσματα αμιάντου που υπάρχουν στην Ελλάδα. Το άλλο είχε εντοπιστεί στον Ταξιάρχη Γρεβενών.

6.6 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή του ΜΑΒΕ διοικητικά ανήκει πλέον στην περιοχή της τοπικής κοινότητας Μικροβάλτου, του δημοτικού διαμερίσματος Καμβουνίων, του Δήμου Σερβίων-Βελβεντού. Παλαιότερα, ανήκε στο δήμο Καμβουνίων. Ο ευρύτερος χώρος στον οποίο εντάσσεται περιλαμβάνει τις περιοχές Αιανής, Ελίμειας, Βελβεντού και Σερβίων. Οι περιοχές αυτές αποτελούν την ευρύτερη περιοχή της λίμνης Πολυφύτου και επηρεάζονταν άμεσα από τη λειτουργία του μεταλλείου:

- Περιβαλλοντικά, αφού οι εκπλύσεις των αποθέσεων κατέληγαν στη λίμνη αλλά και επειδή δέχονταν τα αποτελέσματα μιας πιθανής αιολικής μεταφοράς υλικών από τους γυμνούς χώρους απόθεσης.
- Κοινωνικοοικονομικά, αφού απασχολούνταν σημαντικό εργατοτεχνικό προσωπικό στην επιχείρηση.
- Αισθητικά, αφού οι χώροι επεξεργασίας και οι αποθέσεις ήταν ορατές από μεγάλη απόσταση.

Ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 14.830 κάτοικοι.

Αναλυτικά τα δημογραφικά στοιχεία των πλησιέστερων περιοχών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7: Στοιχεία πληθυσμού της περιοχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ		
	1991	2001	2011
ΑΙΑΝΗ	3.891	3.807	3.429
ΒΕΛΒΕΝΤΟ	3.940	3.738	3.448
ΕΛΙΜΕΙΑ	6.484	6.435	5.910
ΚΑΜΒΟΥΝΙΑ	2.685	2.261	1.539
ΣΕΡΒΙΑ	10.387	10.091	8.611
ΣΥΝΟΛΟ	27.387	26.332	22.937

Όπως διαπιστώνεται από τα στοιχεία του πίνακα η περιοχή συνολικά παρουσιάζει πρόβλημα συγκράτησης πληθυσμού.

Η περιοχή του μεταλλείου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της λίμνης Πολυφύτου σε μια περιοχή ορεινή με χαμηλή βλάστηση και περιβάλλεται από βοσκοτόπους. Το μεταλλείο επηρέαζε την περιοχή στο βαθμό που αναπτύσσονταν εξορυκτική δραστηριότητα και επεξεργασία. Η θετική πλευρά της λειτουργίας ήταν η απασχόληση και το εισόδημα, ενώ η αρνητική η ρύπανση, κυρίως της λίμνης Πολυφύτου, με ίνες αμιάντου, η σημαντική αλλοίωση του μορφολογικού αναγλύφου και η καταστροφή των υπάρχοντων φυσικών

οικοσυστημάτων της περιοχής. Εκτός από τον πρωτογενή τομέα παραγωγής που συνεχίζει να αποτελεί σημαντική παραγωγική δραστηριότητα, το σύνολο των παραλίμνιων ΟΤΑ προσανατολιζόταν σε παρεμβάσεις με στόχο την τουριστική ανάπτυξη της ευρύτερης λεκάνης της λίμνης Πολυφύτου καθώς και της ορεινής περιοχής Πιερίων-Καμβουνίων. Η τουριστική ανάπτυξη προϋποθέτει έργα προστασίας και αναβάθμισης του περιβάλλοντος. Για την περιοχή του μεταλλείου πρώτη προτεραιότητα ήταν να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και έπειτα να δωθεί σημασία στην αξιοποίηση του χώρου και των εγκαταστάσεων έτσι ώστε να προκύψουν θέσεις απασχόλησης και εισόδημα για την περιοχή. Η αξιοποίηση των εγκαταστάσεων για τουριστικούς λόγους είναι ευνόητο ότι δεν έχει δυναμική προοπτική στις επόμενες δεκαετίες. Το ζητούμενο επομένως είναι να αναζητηθούν εναλλακτικές μορφές παραγωγικής αξιοποίησης, τουλάχιστον μέρους των κτιριακών εγκαταστάσεων και του περιβάλλοντος χώρου.

7. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ο χώρος του μεταλλείου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα και καταλαμβάνει έκταση 335 στρεμμάτων περίπου. Οι ορθές βαθμίδες 5m*10m βρίσκονταν γενικά σε καλή κατάσταση, ενώ η «πλατεία» του μεταλλείου ήταν κατακλυσμένη από νερό. Το υψόμετρο στο «φρύδι» του μεταλλείου ήταν 650m και στην «πλατεία» 460m. Υπήρχε δρόμος προσπέλασης με είσοδο και έξοδο σε όλες τις βαθμίδες ως το επίπεδο της «πλατείας» του μεταλλείου.



Εικόνα 13: Χώρος του μεταλλείου πριν την αποκατάσταση.

Οι εργασίες εκμετάλλευσης περιελάμβαναν την αποκάλυψη του κοιτάσματος αμιάντου από τα στείρα και την εξόρυξη του μεταλλεύματος.

Για την εξόρυξη του μεταλλεύματος και των βραχωδών στείρων γινόταν χρήση εκρηκτικών υλών και στη συνέχεια φόρτωση σε βαρέα οχήματα και μεταφορά στο εργοστάσιο για επεξεργασία ή στο χώρο απόθεσης.

Τα στείρα-άγωνα υλικά του μεταλλείου μεταφέρονταν με βαρέα οχήματα και η απόθεσή τους γινόταν σε χαράδρα στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα. Λόγω της μεθόδου της απόθεσης και της ανομοιογένειας του υλικού ως προς το μέγεθος, οι μεγαλύτεροι όγκοι έφταναν ως τη βάση του πρανούς, ενώ οι μικρότεροι επικάθονταν πάνω στο πρανές δημιουργώντας σωρούς.

Η απόθεση των υλικών του εργοστασίου, τα οποία περιέχουν μικρό ποσοστό αμιάντου, γινόταν με ταινιοφόρο αποθέτη βόρεια του εργοστασίου, δίπλα στις αποθέσεις του μεταλλείου. Όπως και στις αποθέσεις των στείρων έτσι και εδώ τα μεγαλύτερα υλικά έφταναν στη βάση του πρανούς και τα μικρότερα επικάθονταν πάνω στο πρανές, δημιουργώντας σωρούς. Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα κάποιας μορφής ταξινόμησης του υλικού. Επίσης, είχαν παρατηρηθεί στο παρελθόν ρωγμές και κατολισθήσεις στις αποθέσεις, λόγω της μεγάλης κλίσης των πρανών.

Από τις τοπογραφικές εργασίες που διεξήγαγε η ANKO AE (Οκτώβριος 2001), προέκυψε ότι το υψόμετρο των αποθέσεων κυμάνθηκε από 565m ως 605m στην κορυφή και 370m ως 560m στη βάση, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν μεγάλες κλίσεις ως και 90%.

Οι χώροι απόθεσης των στείρων υλικών λόγω της μορφολογίας του εδάφους, διαμορφώνονταν σταδιακά από τα ανώτερα στα κατώτερα τμήματα, δημιουργώντας οριζόντιες πλατείες στα ανώτερα τμήματα, με ενιαία σχεδόν κατακόρυφα πρανή με κλίση ως 90%.



Εικόνα 14: Χώρος αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.

Οι σωροί απόθεσης χαρακτηρίζονταν από την παντελή έλλειψη παραγωγικού εδάφους και από ιδιότητες που δεν προσφέρονταν για την ανάπτυξη οποιασδήποτε μορφής ζωής. Γι' αυτό παρότι πέρασαν πολλά έτη από την τελευταία απόθεση, η περιοχή των αποθέσεων ήταν γυμνή και δεν υπήρχε προοπτική εγκατάστασης φυσικής βλάστησης στο μέλλον χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό οφείλεται στις ιδιότητες των στείρων υλικών, τα οποία αποτελούνται από ανόργανα χημικά συστατικά, χωρίς οργανικές ενώσεις, χωρίς δομή και χωρίς βιολογική δραστηριότητα.

Η ρύπανση της περιοχής ήταν δεδομένη καθώς διαπιστώθηκαν προβλήματα αιολικής διασποράς των υλικών, δεδομένων των έντονων κλίσεων και της υψής των υλικών. Επίσης, διαπιστώθηκε διάδοση των υλικών με το νερό, είτε επιφανειακά είτε υπόγεια. Θα πρέπει να τονισθεί η έντονη αρνητική οπτική εντύπωση των αποθέσεων, οι οποίες ήταν ορατές από χιλιόμετρα μακριά, διασπώντας και υποβαθμίζοντας αισθητικά το ημιορεινό τοπίο, το οποίο συνδυάζει λοφώδεις σχηματισμούς που καλύπτονται από δασική βλάστηση και συμπληρώνεται από το υγρό στοιχείο του ποταμού Αλιάκμονα. Η αδυναμία εγκατάστασης της βλάστησης στους χώρους αποθέσεων σημαίνει ότι τα σείρα υλικά αποτελούσαν εχθρικό περιβάλλον για την εγκατάσταση της βλάστησης. Συνεπώς στα πλαίσια του προγράμματος αποκατάστασης τα υλικά καλύφθηκαν με μεγάλου πάχους φυτική γη έτσι ώστε να μην έρχονται σε επαφή με τα διάφορα φυτικά ή ζωικά είδη.

Απαραίτητη προϋπόθεση για μια επιτυχή εγκατάσταση της βλάστησης αποτελεί η επικάλυψη των στείρων υλικών με παραγωγικό έδαφος σημαντικού πάχους, το οποίο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και την παραπέρα απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτικών ειδών.

8. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

Στόχος του προγράμματος αποκατάστασης, ήταν η αποκατάσταση των διαταραγμένων εκτάσεων και η δημιουργία προϋποθέσεων για την αξιοποίηση του χώρου του μεταλλείου. Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος έγινε σύμφωνα με τις σύγχρονες επιστημονικές μεθόδους και τις διεθνείς πρακτικές.



Εικόνα 15: Η περιβαλλοντική αποκατάσταση του αμιαντουρυχείου.

8.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η προσπάθεια εγκατάστασης της βλάστησης σε περιπτώσεις διαταραγμένων μεταλλευτικών χώρων αντιμετωπίζει ποικίλα προβλήματα τα οποία εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως τα οικολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τη μέθοδο εξόρυξης και απόθεσης των στείρων, τη φύση των στείρων υλικών, την ύπαρξη τοξικών ουσιών κλπ.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η εγκατάσταση της βλάστησης στους χώρους απόθεσης του μεταλλείου MABE παρουσίαζε πολλές δυσκολίες οι οποίες σχετίζονται με τα παρακάτω επιμέρους προβλήματα, τα οποία έπρεπε να αντιμετωπισθούν με τον καλύτερο δυνατό και πιο οικονομικό τρόπο. Αυτά είναι:

- Οι αλλαγές της τοπογραφίας της περιοχής.
- Η σταθερότητα των αποθέσεων.
- Η γονιμότητα του επιφανειακού εδάφους και της φυτικής γης που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί.
- Η ρύπανση των εδαφών.
- Η οικολογική προσέγγιση των προϋπαρχουσών περιβαλλοντικών αξιών.
- Η οπτική τρωτότητα.

8.1.1 ΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η βλάστηση που επρόκειτο να εγκατασταθεί στους χώρους απόθεσης θα έπρεπε να ενσωματωθεί όσο γίνεται πιο αρμονικά με τη φυσική βλάστηση των παρακείμενων εκτάσεων. Ο χώρος των αποθέσεων χαρακτηριζόταν από έντονες κλίσεις, οι οποίες κυμαίνονταν από 80-90%. Για το λόγο αυτό έγινε κατάλληλη διαμόρφωση των κλιτύων των αποθέσεων, που αποτελεί αποφασιστικό παράγοντα για μια αποτελεσματική εγκατάσταση της βλάστησης. Για την εύκολη εγκατάσταση και την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη της βλάστησης οι κλίσεις μειώθηκαν σημαντικά, αφού είναι διαπιστωμένο ότι όσο μειώνεται η κλίση τόσο πιο εφικτή καθίσταται η εγκατάσταση της βλάστησης. Με βάση τα διεθνή δεδομένα μόνο ελάχιστα χασμαίφυτα θεωρούνται ότι μπορούν να επιβιώσουν σε απότομες βραχώδεις επιφάνειες. Η μείωση των κλίσεων σε τιμές κάτω του 40% θεωρήθηκε ικανοποιητική, όχι μόνο για την ανάπτυξη της βλάστησης αλλά και για τη δημιουργία γρήγορης και πυκνής συγκόμωσης η οποία προστατεύει αποτελεσματικά τα εδάφη από τη διάβρωση.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλες κλίσεις δυσχεραίνουν τις εργασίες αποκατάστασης, την κίνηση των απαραίτητων μηχανημάτων, τις φυτεύσεις καθώς και την απαραίτητη σε αυτές τις περιπτώσεις περιποίηση των φυτών.

Η μείωση της κλίσης κρίθηκε επιβεβλημένη, για το λόγο ότι τόσο τα στείρα υλικά των σωρών απόθεσης όσο και το έδαφος το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη τους, είναι υλικά χαλαρά και ασταθή, τα οποία με την παραμικρή εξωτερική δράση έχουν την τάση να μετακινηθούν.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η μείωση των κλίσεων σε χαμηλές τιμές, στα επιμέρους εσωτερικά πρανή κάθε βαθμίδας κοστολογικά αλλά και τεχνικά ήταν αδύνατη. Έτσι η κατασκευή μικρών ατομικών βαθμίδων φύτευσης στα πρανή κρίθηκε αναγκαία, ιδιαίτερα για την αντιδιαβρωτική προστασία της φυτικής γης από έντονες βροχοπτώσεις.



Εικόνα 16: Διαμόρφωση αποθέσεων.

8.1.2 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία απόθεσης από το εργοστάσιο των λεπτόκοκκων στείρων δημιούργησε σταδιακά ένα ενιαίο πρηνές με απότομη κλίση περίπου 90% και υψομετρική διαφορά 190m. Η απόθεση υπέστη στο παρελθόν πολλές φορές κατολισθήσεις και καθιζήσεις λόγω του ενιαίου τεραστίου πρηνούς και της μεγάλης κλίσης του. Συνεπώς, πέρα από τα προβλήματα που δημιουργεί στην εγκατάσταση της βλάστησης και στις διάφορες εργασίες, η μείωση των κλίσεων κρίθηκε απαραίτητη για τη σταθεροποίηση των στείρων υλικών. Σημειώνεται ότι η διαμόρφωση των κλίσεων επηρεάζει αποφασιστικά και τις μελλοντικές χρήσεις γης.

Η έναρξη των εργασιών αποκατάστασης των αποθέσεων ενός μεταλλείου ξεκινά με τη διαδικασία σταθεροποίησης αυτών των χαλαρών και συνεπώς ασταθών υλικών. Το πρόβλημα της σταθεροποίησης μεγενθύθηκε από το γεγονός ότι οι σωροί στείρων υλικών στην προκειμένη περίπτωση είχαν ύψος δεκάδων μέτρων και πολύ ισχυρές κλίσεις (έως και 90%). Λόγω ακριβώς αυτών των δύο παραμέτρων οι σωροί αυτοί ήταν ιδιαίτερα ασταθείς και ευάλωτοι στη δράση κυρίως του νερού. Έτσι κατά καιρούς στους σωρούς αυτούς συνέβαιναν σημαντικές κατολισθήσεις και καθιζήσεις.

Συνεπώς, το θέμα της σταθεροποίησης των στείρων αποτέλεσε αντικείμενο ειδικής μελέτης διαμόρφωσης των πρηνών των αποθέσεων, η οποία προσδιόριζε την κλίση των στείρων υλικών, έτσι ώστε αυτά να αποκτήσουν σταθερότητα, καθώς και και το μέγιστο μήκος των κεκλιμένων επιφανειών έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό η δράση του νερού. Έτσι, έγινε ένας συνολικός σχεδιασμός ο οποίος προέβλεπε εναλλαγή κεκλιμένων και επίπεδων επιφανειών με ταυτόχρονη πρόνοια για την παροχέτευση του πλεονάζοντος νερού.



Εικόνα 17: Εργασίες σταθεροποίησης αποθέσεων.

8.1.3 ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ

Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα τα οποία υπάρχουν στην αποκατάσταση των μεταλλείων, είναι η εξασφάλιση του απαραίτητου επιφανειακού εδάφους. Το υλικό αυτό θα χρησιμοποιηθεί ως μέσο κάλυψης των ανεπιθύμητων και άγονων στειρών υλικών αλλά κυρίως ως υπόθεμα για την εγκατάσταση της βλάστησης.

Πάνω σ' αυτό το υλικό θα φυτευτούν τα είδη τα οποία θα επιλεγούν και προκειμένου αυτά να αυξάνονται απρόσκοπτα θα πρέπει το υλικό αυτό να είναι κατάλληλο από άποψη φυσικών και χημικών ιδιοτήτων. Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε στην αποκτάσταση αναλύθηκε ώστε να προσδιοριστούν η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά συστατικά και σε άλατα, η οξύτητα και η μηχανική του σύσταση. Σημειώνεται ότι ελαφρά αμμώδη ή βαριά αργιλικά εδάφη δεν είναι κατάλληλα.

Πραγματοποιήθηκε η διαφύλαξη των καταλληλότερων στρωμάτων του επιφανειακού εδάφους έτσι ώστε να καλυφθούν τα άγονα στείρα σε ένα ελάχιστο βάθος 45cm. Βάθος 45cm έως 60cm εκτιμήθηκε ότι είναι ικανοποιητικό σε τέτοιες περιπτώσεις αφού έχει την ικανότητα να αποθηκεύει κατά την υγρή περίοδο το νερό που είναι απαραίτητο για τα φυτά κατά τη δύσκολη καλοκαιρινή περίοδο. Επίσης, συνυπολογίστηκε το κόστος επαναφοράς του επιφανειακού εδάφους όπως και οι ιδιότητές του.

Στις περιπτώσεις που το διαθέσιμο έδαφος δεν είχε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά έγινε χρησιμοποίηση πρόσθετων εδαφοβελτιωτικών υλικών. Έτσι, επιτεύχθηκε η βελτίωση τόσο των χημικών όσο και των φυσικών ιδιοτήτων και εξασφαλίστηκε η επιθυμητή εξισορροπημένη διατροφή των φυτών.

Τα εδαφοβελτιωτικά υλικά είναι οργανικά ή ανόργανα. Κοινά οργανικά υλικά είναι η κοπριά, το άχυρο, ο χούμος, η τύρφη, ο φλοιός δένδρων, η λάσπη βιολογικών καθαρισμών, οι διάφορες κομπόστες κλπ. Ανόργανα εδαφοβελτιωτικά υλικά είναι το ασβέστιο, στις περιπτώσεις που χρειάζεται μείωση της οξύτητας των

εδαφών, ο περλίτης, ο βερμικουλίτης και τα διάφορα χημικά λιπάσματα, κυρίως τα αζωτούχα και τα φωσφορούχα. Η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου λιπάσματος προσδιορίστηκε μετά από διενέργεια των απαραίτητων εδαφολογικών αναλύσεων. Τέλος, εμβολιασμός με μυκόρριζα ή αζωτοβακτήρια είναι επιθυμητός όπου βέβαια αυτό είναι εφικτό.

Όσον αφορά την ανάπτυξη της βλάστησης, η επικάλυψη των στείρων υλικών με επιφανειακό έδαφος, θεωρείται απαραίτητη για την ανάπτυξή της ακόμα και των πιο ολιγαρκών ειδών. Ταυτόχρονα όμως θα πρέπει το έδαφος που θα προστεθεί να έχει κατάλληλες φυσικές και χημικές ιδιότητες για την ικανοποιητική ανάπτυξη της βλάστησης.

Για τα διάφορα δασικά είδη, τα οποία συνήθως δεν είναι απαιτητικά σε θρεπτικά συστατικά οι τιμές που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα θεωρούνται ικανοποιητικές για μια ικανοποιητική ανάπτυξη.

Πίνακας 8: Τιμές των ιδιοτήτων που χρειάζονται για την ανάπτυξη της βλάστησης.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΑΡΙΣΤΟ ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΚΑΤΩΤΕΡΑ ΟΡΙΑ	ΑΝΩΤΕΡΑ ΟΡΙΑ
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	2%-5%	1%	15%
ΑΖΩΤΟ	0,1%-0,3%	0,03%	1,5%
Ph	5,5-6,5	4	8

8.1.4 ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι εργασίες επιφανειακής εξόρυξης έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ιδιαίτερα δυσμενείς είναι οι επιπτώσεις στα εδάφη της υπό εκμετάλλευσης έκτασης αλλά και πέρα από αυτή. Τα εδάφη και οι οργανισμοί, οι οποίοι δραστηριοποιούνται μέσα σ'αυτά συχνά σκεπάζονται με κάθε είδους υλικά, τα οποία προέρχονται από τα βαθύτερα στρώματα. Τα υλικά αυτά είναι διάφορης προέλευσης και συχνά παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Στην περίπτωση των αποθέσεων του μεταλλείου, το υλικό το οποίο είχε έρθει στην επιφάνεια ήταν ο αμίαντος, ο οποίος θεωρείται άκρως επικίνδυνο υλικό. Το υλικό αυτό τόσο με την υδάτινη όσο και με την αιολική διάβρωση επιβάρυνε τα εδάφη της περιοχής και για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαίο να αποκατασταθούν όλες οι ανοιχτές επιφάνειες προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η ρύπανση των εδαφών.

Έτσι, στις αναλύσεις του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε, εκτός από την περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, εξετάστηκε και η πιθανότητα ύπαρξης υψηλών συγκεντρώσεων τοξικών στοιχείων (βαρέα μέταλλα κλπ), καθώς έχει διαπιστωθεί ότι υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων προκαλούν σημαντικές βλάβες στους φυτικούς ιστούς. Τέλος, επειδή τα εδάφη της περιοχής προέρχονται από σερπεντινικά πετρώματα, έγινε η διερεύνηση της σχέσης Ca/Mg, η οποία φάνηκε χρήσιμη στην επιλογή των ειδών, καθώς υπάρχουν έρευνες που έχουν δείξει ότι η σχέση αυτή μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ευδοκίμηση ή όχι ορισμένων φυτικών ειδών.

8.1.5 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΞΙΩΝ

Κάθε φυσικό οικοσύστημα αποτελεί ενδιαίτημα πολλών μορφών ζωής, οι οποίες μέσα από τη μακρόχρονη εξελικτική πορεία έχουν προσαρμοστεί στις συγκεκριμένες συνθήκες. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα οικολογικά προβλήματα, καθώς έχει αναγνωρισθεί πλέον

πόσο πολύτιμη είναι η ύπαρξη κάθε είδους για τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων και τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας σε μια περιοχή. Ταυτόχρονα οι επεμβάσεις σε κάθε περιβάλλον θα πρέπει να γίνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι λειτουργίες και αξίες του περιβάλλοντος να διατηρούνται και να βελτιώνονται. Πιθανά προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος με επιπτώσεις στα φυτά, στα ζώα ή και πολύ περισσότερο στον άνθρωπο πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη δέουσα σοβαρότητα ειδικά όταν αυτά μπορεί να αφορούν και τις μελλοντικές γενιές.

Η περιοχή του μεταλλείου αποτελεί τμήμα της λεκάνης απορροής του Αλιάκμονα, τα νερά του οποίου χρησιμοποιούνται για άρδευση και ύδρευση μεγάλου πληθυσμού της κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας. Ταυτόχρονα όλη η περιοχή της Κοζάνης επιβαρύνεται από ηλεκτροπαραγωγές μονάδες της ΔΕΗ. Επομένως κάθε φυσικό οικοσύστημα της περιοχής θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα μοναδικό πολύτιμο οικοσύστημα. Για το λόγο αυτό τα δασικά οικοσυστήματα πρέπει να προστατεύονται αφού κατά κανόνα αποτελούν καταφύγια της άγριας ζωής.

Η περιοχή συντίθεται από δασικά οικοσυστήματα υποβαθμισμένων δρυοδασών, τα οποία μετά την ελάττωση της βοσκής ανορθώνονται φυσικά και παρόλο ότι δεν είναι υψηλά δάση παίζουν σημαντικό ρόλο στην οικολογία της περιοχής. Έτσι τα οικοσυστήματα της περιοχής:

- Προστατεύουν αποτελεσματικά τα επικλινή εδάφη από τη διάβρωση και την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.
- Συνεισφέρουν στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής αφού αποτρέπουν την επιφανειακή απορροή και υποβοηθούν την καλύτερη διήθηση του νερού της βροχής στους υπόγειους ορίζοντες.
- Αποτελούν ενδιαίτημα για μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών ειδών.
- Αποτελούν ένα αρμονικό τοπίο σημαντικής αισθητικής αξίας σε συνδυασμό με την ύπαρξη του υγρού στοιχείου του Αλιάκμονα.
- Μπορούν να αποτελέσουν πηγές εισοδήματος για τους κατοίκους της περιοχής με την παραγωγή δασικών προϊόντων.
- Συμβάλλουν στην αποτροπή της πρόσχωσης των μεγάλων φραγμάτων της περιοχής.
- Ο ρόλος τους στην παραγωγή νερού είναι ιδιαίτερα σημαντικός και η αξία αυτή είναι από εκείνες που πρόκειται να αναγνωρισθούν στο μέλλον καθώς προβλέπεται η ζήτηση καλής ποιότητας νερού να αυξηθεί κατακόρυφα.

Συμπερασματικά, ο στόχος της αποκατάστασης ήταν να διαφυλάξει, όλα τα φυσικά οικοσυστήματα της περιοχής και τα οφέλη που προσφέρουν, τη χλωρίδα και την πανίδα και γενικά την βιοποικιλότητα της περιοχής. Για να εξασφαλιστούν όλα τα προηγούμενα, έπρεπε να κλείσει η «πληγή» του μεταλλείου αμιάντου, η οποία αποτελούσε ένα μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα για την περιοχή και μια διακοπή της συνέχειας των φυσικών οικοσυστημάτων της περιοχής, η οποία με το πέρασμα του χρόνου εξαλείφεται.

8.1.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΟΠΙΟΥ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αυξημένη ευαισθησία του απλού πολίτη και της πολιτείας γενικότερα σε θέματα ποιότητας οπτικού περιβάλλοντος. Οι εργασίες για την εκμετάλλευση των πλουτοπαραγωγικών πόρων του πλανήτη

όπως είναι η εξόρυξη, η κατασκευή δρόμων και έργων υποδομής γενικότερα επιφέρουν πολλές φορές αλλοιώσεις στο χαρακτήρα του τοπίου, τόσο έντονες, ώστε το τοπίο να αλλάζει δραματικά τη φυσιογνωμία του. Γι'αυτό πολλές φορές είναι εξαιρετικά δύσκολο να συμβιβαστούν οι ανθρώπινες επεμβάσεις με τις απαιτήσεις για διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τοπίου.

Ορισμένα τοπία είναι περισσότερο τρωτά (ευαίσθητα) σε σχέση με άλλα. Μέσα στο ίδιο τοπίο επίσης τα διάφορα τμήματά του παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό τρωτότητας (ευαισθησία στις ανθρώπινες επεμβάσεις). Έτσι τα πιο ευαίσθητα τμήματα μέσα σε ένα τοπίο είναι οι γραμμές. Οι πιο κοινές γραμμές που παρουσιάζονται στο τοπίο, κατά σειρά ευαισθησίας (τρωτότητας) είναι (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995):

- Η γραμμή του ορίζοντα εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο προβάλλονται οι διάφορες επεμβάσεις. Τα πιο σκοτεινά χρώματα των εδαφικών σχηματισμών βρίσκονται σε έντονη αντίθεση με το ανοικτότερο χρώμα του ουρανού ή τη λάμψη των σύννεφων.
- Οι γραμμές επαφής γης και νερού παρουσιάζουν παρόμοια υψηλή ευαισθησία, επειδή το νερό παρουσιάζει ορισμένα παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά του ουρανού, όπως ρευστότητα, ζωντάνια, λαμπρότητα και υψηλή αντανάκλαση. Επιπλέον το νερό είναι φωτεινό συγκριτικά με τη γειτονική βλάστηση.
- Οι κορυφογραμμές είναι ιδιαίτερα τρωτές, όταν διαχωρίζονται στο χώρο και βρίσκονται μπροστά από μακρινές επιφάνειες της γης, οι οποίες έχουν διαφορετικό χρώμα και υφή.
- Οι γραμμές μεταξύ στοιχείων που παρουσιάζουν χρωματική αντίθεση, όπως το ανοιχτό γκρι χρώμα του αμιάντου με τη γειτονική πράσινη δασική βλάστηση.

Επεμβάσεις ή αλλοιώσεις σε υψηλότερα μέρη ενός τοπίου είναι περισσότερο εμφανείς από εκείνες που συμβαίνουν σε χαμηλότερες θέσεις. Τα μέτωπα εκσκαφής των μεταλλευτικών χώρων και οι σωροί των στείρων υλικών αποτελούν δραματικές οπτικές αλλοιώσεις ενός τοπίου. Όσο υψηλότερα είναι η θέση ενός μεταλλείου σε μια πλαγιά τόσο περισσότερο είναι ορατή από μεγαλύτερες αποστάσεις. Επιπλέον υπάρχει πολύ μικρότερη δυνατότητα να καλυφθεί από τη βλάστηση. Τη μικρότερη οπτική τρωτότητα παρουσιάζουν οι χαμηλότερες υψομετρικά θέσεις ενός τοπίου.

Στη διαμόρφωση του βαθμού οπτικής τρωτότητας ενός τοπίου επιδρούν δύο ομάδες μεταβλητών παραγόντων, οι εξωτερικοί όπως το φως, το κλίμα και η εποχή του έτους και οι εσωτερικοί του τοπίου, όπως η κλίση, το έδαφος και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης όπως η σύνθεση και η δομή της (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Οπτική απορροφητική ικανότητα του τοπίου ορίζεται η σχετική, φυσική ικανότητα (χωρητικότητα) ενός τοπίου να δέχεται δραστηριότητες ανάπτυξης ή διαχείρισης και να διατηρεί τον οπτικό χαρακτήρα του και την ακεραιότητα της ποιότητας της θέας του. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα του τοπίου να απορροφά τις τροποποιήσεις που δέχεται είναι (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995):

- Η κλίση του εδάφους, όσο αυτή αυξάνει τόσο η ικανότητα απορρόφησης μειώνεται.
- Η βλάστηση, όσο αυξάνει η ποικιλομορφία της βλάστησης τόσο αυξάνει και η οπτική απορροφητική ικανότητα.

- Η απόσταση παρατήρησης, όσο η απόσταση μιας περιοχής από τον παρατηρητή αυξάνει τόσο αυξάνεται η οπτική απορροφητική ικανότητα.
- Το έδαφος, όσο πιο σκουρόχρωμα τα εδάφη και χαμηλή η πιθανότητα διάβρωσης τόσο αυξάνεται η οπτική απορροφητική ικανότητα.
- Η ποικιλότητα του τοπίου, με την αύξηση της ποικιλίας των στοιχείων που συνθέτουν ένα τοπίο αυξάνει και η οπτική απορροφητική του ικανότητα.
- Η παρουσία ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όσο περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες αναπτύσσονται σε μια περιοχή (κτίρια, δρόμοι, διάφορα έργα) τόσο μειώνονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του τοπίου και συνεπώς τόσο αυξάνεται η οπτική απορροφητική ικανότητα.

Η οπτική απορροφητική ικανότητα ενός τοπίου μπορεί να εκτιμηθεί με ένα σύστημα βαθμολόγησης των παραγόντων που την επηρεάζουν. Η εκτίμηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί δίνει τη δυνατότητα στο διαχειριστή να σχεδιάσει ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις για την οπτική διαχείριση ενός τοπίου (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995).

Από τους παραπάνω παράγοντες πέντε είναι αυτοί που συμβάλλουν στην εκτίμηση της οπτικής απορροφητικής ικανότητας, οι οποίοι ορίζονται ως εξής (Χατζηστάθης και Ισπικούδης, 1995):

- Η κλίση
- Η βλάστηση
- Το έδαφος
- Η αντίθεση του χρώματος των εδαφών
- Η ποικιλότητα του τοπίου

Με τη χρήση των παραγόντων αυτών έχει δημιουργηθεί το ακόλουθο σύστημα εκτίμησης της οπτικής απορροφητικής ικανότητας για κάθε τοπίο ως εξής:

Οπτική απορροφητική ικανότητα (Ο.Α.Ι.)= $K*(\Delta+AB+AX+\Pi)$

Όπου: K =κλίση

Δ =διάβρωση εδάφους

AB =δυναμικό αναγέννησης της βλάστησης

AX =αντίθεση χρώματος εδάφους

Π =ποικιλότητα του τοπίου

Η βαθμολόγηση του κάθε παράγοντα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα όπου ο μεγαλύτερος βαθμός σημαίνει υψηλότερη οπτική απορροφητική ικανότητα.

Παράγοντας	Συνθήκες	Βαθμός
(Κ) Κλίση Κυρίαρχος και καθοριστικός παράγοντας	Κλίση 0-5%	5
	6-15%	4
	16-30%	3
	31-60%	2
	>61%	1
(Δ) Διάβρωση εδάφους	Χαμηλό δυναμικό διάβρωσης	3
	Μέσο -//-	2
	Υψηλό -//-	1
(ΑΒ) Δυναμικό αναγέννησης της βλάστησης (ικανότητα εδαφοκάλυψης)	Υψηλό δυναμικό αναγέννησης	3
	Μέσο -//-	2
	Χαμηλό -//-	1
(ΑΧ) Αντίθεση χρώματος εδάφους	Μικρή αντίθεση	3
	Μέση -//-	2
	Μεγάλη -//-	1
(Π) Ποικιλότητα τοπίου Χρήσεις γης (όπως ορίζονται από τις κλάσεις ποικιλίας)	Μεγάλη ποικιλότητα βλάστησης, αναγλύφου, υδάτινων μαζών	3
	Μέση ποικιλότητα	2
	Μικρή -//-	1

Εικόνα 18: Σύστημα βαθμολόγησης Ο.Α.Ι.

Αναλύοντας την παραπάνω εικόνα διαπιστώνεται ότι οι τιμές οπτικής απορροφητικής ικανότητας είναι δυνατόν να ποικίλουν από πολύ χαμηλές, όπως $1*(1+1+1+1)=4$, έως πολύ υψηλές, όπως $5*(3+3+3+3)=60$. Με βάση τις παραπάνω τιμές η οπτική απορροφητική ικανότητα εκτιμάται ως ακολούθως: Πολύ χαμηλή Ο.Α.Ι.=4-15, Χαμηλή Ο.Α.Ι.=16-27, Μέση Ο.Α.Ι.=28-40, Υψηλή Ο.Α.Ι.=41-50, Πολύ υψηλή Ο.Α.Ι.=51-60.

Εφαρμόζοντας τον τύπο εκτίμησης της Οπτικής απορροφητικής ικανότητας, για το τοπίο της περιοχής έρευνας έγινε εκτίμηση της κατάστασης πριν και μετά την αποκατάσταση:

Οπτική απορροφητική ικανότητα πριν= $K(\Delta+AB+AX+\Pi)=1*(1+1+1+1)=4$.

Οπτική απορροφητική ικανότητα μετά= $K(\Delta+AB+AX+\Pi)=3*(3+3+2+2)=30$.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται αναλυτικά η βαθμολόγηση του κάθε παράγοντα για τον υπολογισμό της Ο.Α.Ι.

Παράγοντας	Συνθήκες	Βαθμός πριν	Βαθμός μετά
(Κ) Κλίση Κυρίαρχος και καθοριστικός παράγοντας	Κλίση 0-5% 6-15% 16-30% 31-60% >61%	1	3
(Δ) Διάβρωση εδάφους	Χαμηλό δυναμικό διάβρωσης Μέσο -//- Υψηλό -//-	1	3
(ΑΒ) Δυναμικό αναγέννησης της βλάστησης (ικανότητα εδαφοκάλυψης)	Υψηλό δυναμικό αναγέννησης Μέσο -//- Χαμηλό -//-	1	3
(ΑΧ) Αντίθεση χρώματος εδάφους	Μικρή αντίθεση Μέση -//- Μεγάλη -//-	1	2
(Π) Ποικιλότητα τοπίου Χρήσεις γης (όπως ορίζονται από τις κλάσεις ποικιλίας)	Μεγάλη ποικιλότητα βλάστησης, αναγλύφου, υδάτινων μαζών Μέση ποικιλότητα Μικρή -//-	1	2

Εικόνα 19: Βαθμολόγηση των παραγόντων για τον υπολογισμό της Ο.Α.Ι.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι πριν την αποκατάσταση η Ο.Α.Ι είναι η χαμηλότερη που μπορεί να δώσει ο τύπος. Με τα έργα αποκατάστασης βελτιώθηκε κατά δύο κλάσεις, από την πολύ χαμηλή στη μέση κλάση, ενώ ο συντελεστής βελτιώθηκε κατά 26 μονάδες. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η περιοχή των αποθέσεων των στείρων αναβαθμίστηκε σημαντικά και μεταμορφώθηκε οπτικά μέσα σε λίγα χρόνια. Επιπλέον, με το πέρασμα των ετών θα ενσωματώνεται όλο και καλύτερα στο φυσικό τοπίο της ευρύτερης περιοχής. Η έντονη χρωματική αντίθεση εξαλείφθηκε και τα απόκρημνα μονότονα και εχθρικά πρανή των αποθέσεων εντάχθηκαν στο ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής. Η βλάστηση που εγκαταστάθηκε με τη διαρκή διαφοροποίησή της σε μέγεθος, μορφή, υφή και χρώμα θα βελτιώνει διαρκώς την οπτική εικόνα. Με το πέρασμα των ετών θα δραστηριοποιούνται και οι διάφοροι φυσικοί μηχανισμοί (φαινόμενα διαδοχής), οι οποίοι θα συμβάλλουν όλο και περισσότερο στην ένταξη και ενσωμάτωση της περιοχής στο φυσικό τοπίο του ευρύτερου χώρου.

8.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η επιτυχία της αποκατάστασης στηρίζεται στην εξασφάλιση της αντιμετώπισης των ισχυρών περιοριστικών παραγόντων που δυσκολεύουν το έργο της αποκατάστασης και στην εξασφάλιση μελλοντικών χρήσεων γης συμβατών με την κατάσταση που θα διαμορφωθεί με το πρόγραμμα αποκατάστασης. Στη συνέχεια αναλύεται η αντιμετώπιση των σημαντικότερων περιοριστικών παραγόντων, η οποία βοήθησε στην επιτυχία της αποκατάστασης.

8.2.1 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ

Όσον αφορά τη ρύπανση των εδαφών και του περιβάλλοντος γενικότερα, αυτή αντιμετωπίστηκε στο μέγιστο βαθμό με την μεθοδολογία διαμόρφωσης των στείρων υλικών, την κάλυψή τους με φυτική γη και την εγκατάσταση δασικής βλάστησης. Το πάχος των 40cm της φυτικής γης κρίθηκε ικανοποιητικό, δεδομένου ότι ο κίνδυνος διάβρωσης και ολοκληρωτικής παράσυρσής της προς τα κατάντη ήταν ελάχιστος με τη διαμόρφωση της κλίσης των κλιτύων και τις βαθμίδες που κατασκευάστηκαν.

Έχει διαπιστωθεί από πληθώρα μελετών ότι αυτό το βάθος του εδάφους είναι ικανό για την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης καθώς το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών αναπτύσσεται σε ένα βάθος μικρότερο των 50cm, ενώ έχει καταγραφεί ανάπτυξη ακόμα και υψηλών δασών σε εδάφη με παρόμοιο βάθος. Έτσι, η εγκατάσταση της βλάστησης καλύπτει τις διαμορφωμένες εκτάσεις και προστατεύει αποτελεσματικά το έδαφος.

8.2.2 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΛΙΣΕΩΝ

Σύμφωνα με τις εδαφολογικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, η φυτική γη που χρησιμοποιήθηκε χαρακτηρίστηκε από ελαφριά-μέτρια ελαφριά μηχανική σύσταση, με πολύ χαμηλά ποσοστά αργίλου και μηδενικά ποσοστά οργανικής ουσίας. Η σταθερότητα των εδαφών επιτεύχθηκε με διαμόρφωση των κλίσεων μικρότερων του 50% και με τη δημιουργία βαθμίδων. Δεδομένου δε ότι η διαμόρφωση των στείρων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την τεχνική στατική αναλυτική μελέτη, η σταθερότητά τους ήταν εξασφαλισμένη. Η διαμόρφωση των κλίσεων δεν ήρθε σε μεγάλη αντίθεση με τις φυσικές κλίσεις που επικρατούν στην περιοχή και γενικότερα με το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής.

Οι κλίσεις διαμόρφωσης των πρανών κυμάνθηκαν σε τιμές περίπου 40%, οι οποίες παρότι δεν είναι πολύ χαμηλές εξασφάλισαν τη σταθερότητα των πρανών και την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης. Επιπρόσθετα, δημιουργήθηκαν μεγάλες βαθμίδες πλάτους 8m-12m ανά διαστήματα οριζόντιας απόστασης 45m και ενδιάμεσα, σε οριζόντιες αποστάσεις 2,9m, μικρές βαθμίδες πλάτους 1,2m. Οι βαθμιδώσεις αυτές συνέβαλλαν αποτελεσματικά στον περιορισμό έντονων διαβρωτικών φαινομένων και αποτέλεσαν ένα από τα σημαντικότερα μέτρα στη διαδικασία σταθεροποίησης των εδαφών και της αποκατάστασης των αποθέσεων γενικότερα.

8.2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Η παραγωγικότητα των διαμορφωμένων εκτάσεων θεωρήθηκε χαμηλή, λόγω των συνθηκών που επικρατούσαν. Έτσι, για την εγκατάσταση της βλάστησης χρησιμοποιήθηκαν δασικά είδη που είναι ολιγαρκή και ξηρανθεκτικά. Επίσης, λόγω της πρόβλεψης χαμηλών αποδόσεων παραγωγικότητας, οι στόχοι της μελλοντικής διαχείρισης που τέθηκαν ήταν, η προστασία των εδαφών, του υδρονομικού και υδρολογικού ρόλου της βλάστησης, η βελτίωση της αισθητικής του τοπίου και η αποτροπή μελλοντικών προβλημάτων ρύπανσης.

Επίσης, το σχέδιο της αποκατάστασης προέβλεπε την περιποίηση των φυτικών ειδών που χρησιμοποιήθηκαν για τουλάχιστον 3 έτη μετά την εγκατάστασή τους, η οποία αφορούσε την απαραίτητη άρδευση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με συστήματα σταγόνας για να αποφεύγονται προβλήματα γεωλισθήσεων και πιθανόν εκπλύσεων ρύπων στους υπόγειους υδροφόρους

ορίζοντες. Τέλος, απαραίτητη κρίθηκε και η προστασία των εκτάσεων των αποθέσεων από τη βόσκηση για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 7 ετών.

8.2.4 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το πρόγραμμα της αποκατάστασης προέβλεπε ότι οι χώροι απόθεσης μετά τη διαμόρφωσή τους και την αποκατάσταση, δεδομένης της κατάστασης που επικρατούσε, δεν πρέπει να προορίζονται για την ενάσκηση εντατικών οικονομικών δραστηριοτήτων εκτός από τη δασοπονία, σε συνδυασμό πάντοτε με τον προστατευτικό χαρακτήρα της βλάστησης ο οποίος θα είναι πάντοτε πρώτης προτεραιότητας. Επίσης, προέβλεπε ότι η συγκεκριμένη χρήση γης μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη τουριστικών δραστηριοτήτων στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης του Πολυφύτου, αφού η ύπαρξη δασικής βλάστησης αρμονικά ενσωματωμένης με τη βλάστηση της ευρύτερης περιοχής και την ύπαρξη των συστάδων ανατολικού πλατάνου και του υγρού στοιχείου θα δημιουργήσουν ένα ευχάριστο φυσικό τοπίο.

Βεβαίως, δεν απέκλειε την εκπόνηση εναλλακτικών σεναρίων για την ανάπτυξη της συνολικής περιοχής που καταλαμβάνει το μεταλλείο, αρκεί η προώθηση και η υλοποίηση τους να στηριζόταν σε εμπειριστατωμένες μελέτες.

9. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Το έργο της αποκατάστασης χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα. Τη σταθεροποίηση των αποθέσεων, την τοποθέτηση και τη βελτίωση των ιδιοτήτων της φυτικής γης, την εγκατάσταση του αρδευτικού δικτύου και την εγκατάσταση της βλάστησης. Σε ανάλογα τέσσερα στάδια αποκατάστασης χωρίζονται και οι εργασίες αποκατάστασης των χώρων του μεταλλείου, καθώς και οι εργασίες αποκατάστασης των επιλεγμένων οριζόντιων επιφανειών.

9.1 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

9.1.1 ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Η αποκατάσταση αφορούσε συνολικά 432,9στρ. και στα έργα αποκατάστασης των αποθέσεων περιλαμβάνονταν συνοπτικά τα εξής:

- Εκσκαφές και επιχώσεις για τη δημιουργία βαθμίδων στα υπάρχοντα πρανή.
- Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας.
- Αντιδιαβρωτικά έργα στα διαμορφωμένα πρανή.
- Διάστρωση με φυτική γη επάνω στις βαθμίδες και στα πρανή.
- Φυτοτεχνική μελέτη αναχλόασης των πρανών.
- Έργα άρδευσης των φυτών.
- Μέτρα προστασίας των κατασκευών του έργου.
- Μέτρα υγιεινής και προστασίας των εργαζομένων. Συλλογή στοιχείων με σκοπό τον έλεγχο της κατάστασης του περιβάλλοντος για την ασφάλεια των εργαζομένων και την αξιολόγηση των έργων αποκατάστασης.



Εικόνα 20: Αποκατάσταση των αποθέσεων.

9.1.2 ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Κατασκευάστηκαν βαθμίδες για την συγκράτηση των πρανών. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευής των κύριων αυτών βαθμίδων είναι:

- Η κλίση των εσωτερικών πρανών διαμόρφωσης κάθε βαθμίδας είναι κατά μέγιστο 1:2.
- Το κάθε πρανές έχει μέγιστο ύψος 22,7m, με οριζόντιο μήκος περίπου 45m.
- Το πλάτος κάθε βαθμίδας είναι εναλλάξ 8m και 12m ξεκινώντας από πάνω προς τα κάτω.
- Οι τέσσερις ανώτερες βαθμίδες του μεσαίου τμήματος των αποθέσεων, για την διατήρηση υφιστάμενου στα ανάντι υψηλού δάσους, κατασκευάστηκαν με μικρότερο ύψος πρανών (μέχρι 15m.) και μέγιστη κλίση εσωτερικών πρανών 1:1. Το πλάτος των τριών πρώτων ανώτερων βαθμίδων είναι 8μ. και της τέταρτης 12m. Στα πρανή των παραπάνω βαθμίδων λήφθηκαν πρόσθετα αντιδιαβρωτικά μέτρα όπως κατασκευή σανιδοδεμάτων ανά 2m κεκλιμένης επιφάνειας και ιδιαίτερες πυκνές φυτεύσεις με μοσχεύματα ιτιάς, θάμνους και μικρά δένδρα.
- Όλα τα διαμορφωμένα πρανή διατρέχονται από 2-8 αναβαθμούς με μέγιστο αριθμό βαθμίδων στο μεσαίο τμήμα αποκατάστασης.
- Τα πατάκια των βαθμίδων έχουν κατά μήκος ενιαία καθοδική κλίση 1,0%-2,5% από νότο προς βορρά (αντίστοιχη με τη φορά του υδατορεματος), ώστε να ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο διάβρωσης από πλημμυρικές παροχές βροχών.
- Τα πατάκια των βαθμίδων έχουν μικρή εγκάρσια κλίση 2,14% από την εξωτερική προς την εσωτερική πλευρά.

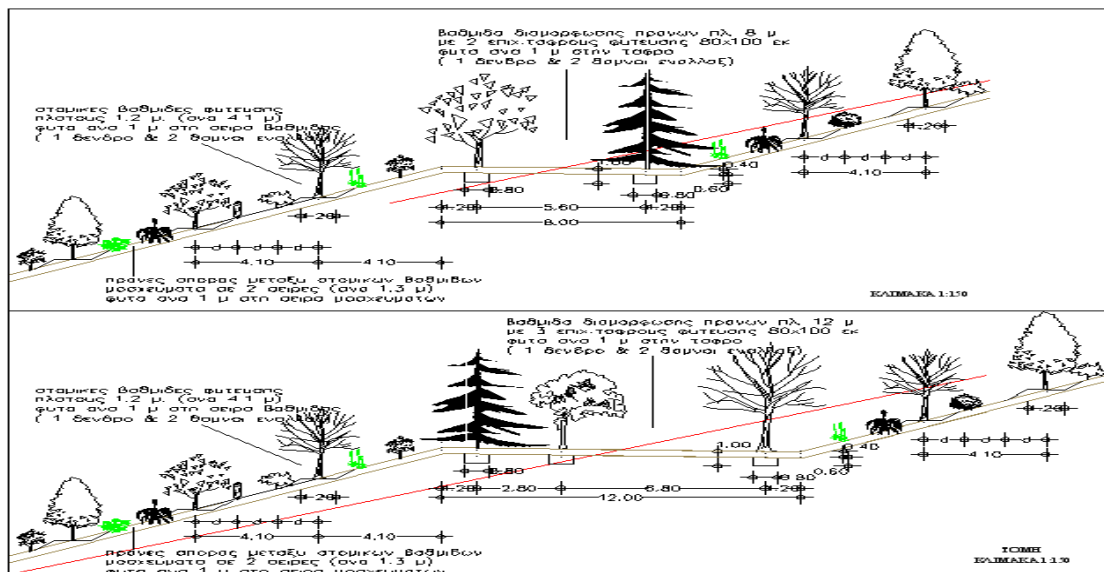


Εικόνα 21: Αποκατάσταση των αποθέσεων και κατασκευή βαθμίδων.

9.1.3 ΤΑΦΡΟΙ ΚΑΙ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Μετά τη διαμόρφωση των κύριων βαθμίδων, πριν την επένδυση με φυτική γη πάχους 40cm, ανοίχτηκαν πάνω σε αυτές τάφροι διαστάσεων 60x80εκ., οι οποίοι επιχώθηκαν με φυτική γη. Έτσι, η φύτευση των δένδρων και των θάμνων έγινε σε συνολικό πάχος φυτικής γης 1m, σε δύο ή τρεις σειρές στις βαθμίδες πλάτους 8m ή 12m αντίστοιχα.

Επίσης διαμορφώθηκαν ατομικές βαθμίδες φύτευσης πλάτους 1,2m. Οι ατομικές αυτές βαθμίδες κατασκευάστηκαν μετά την επένδυσή τους με φυτική γη, κατά τη διάρκεια της φύτευσης χειρωνακτικά ή με μικρό φορητό σκαπτικό μηχάνημα. Πάνω στις ατομικές βαθμίδες φυτεύτηκαν ανά ένα μέτρο εναλλάξ δένδρα και θάμνοι, ενώ ενδιάμεσα των βαθμίδων αυτών φυτεύτηκαν δύο σειρές μοσχευμάτων και έγινε σπορά με μείγμα σπόρων κατάλληλων φυτών.



Εικόνα 22: Σχέδιο διαμόρφωσης κύριων και ατομικών βαθμίδων.

9.1.4 ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Όλα τα πρηνή των βαθμίδων αποκατάστασης που δημιουργήθηκαν καλύφθηκαν με φυτική γη πάχους 40cm.

Η φυτευτική γη υπήρχε συσσωρευμένη ανάμεσα στην απόθεση του εργοστασίου και την απόθεση των στείρων του μεταλλείου. Επίσης, φυτική γη προέκυψε από την εξυγίανση των πρηνών των αποθέσεων. Από εκεί φορτώθηκε σε χωματουργικά αυτοκίνητα, μεταφέρθηκε στα διαμορφωμένα πρηνή των αποθέσεων, διαστρώθηκε και συμπυκνώθηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές των φυτευτικών εργασιών.

Η ποσότητα της φυτικής γης υπολογίστηκε σε 195.116m³. Σε αυτή αν προστεθεί η ποσότητα επίχωσης των τάφρων φύτευσης στις κύριες βαθμίδες, η συνολική φυτική γη ανήλθε σε 209.204m³.

9.2 ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Οι οριζόντιες επιφάνειες του μεταλλείου είναι 257.879m³ και περιελάμβαναν τις εξής εργασίες αποκατάστασης:

- Διάστρωση με αργιλικά άγονα πάχους 15cm χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συμπύκνωσης.
- Επένδυση με φυτική γη 40cm.
- Λίπανση με κοπριά και χημική λίπανση.
- Φύτευση δένδρων και θάμνων.
- Σπορά
- Αυτόματο αρδευτικό δίκτυο.



Εικόνα 23: Διάστρωση φυτικής γης στις οριζόντιες επιφάνειες.

9.3 ΕΡΓΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

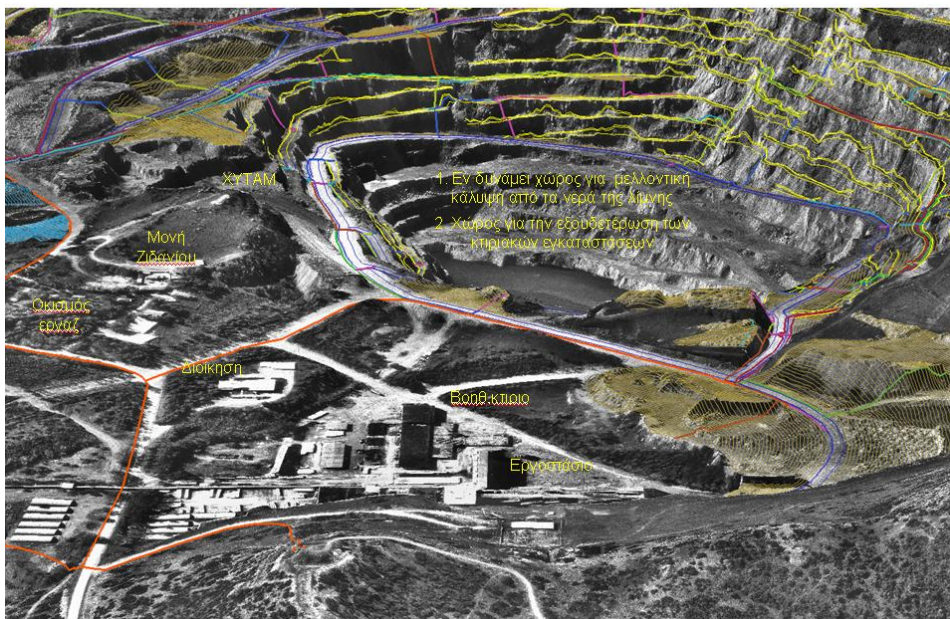
Οι εργασίες αποκατάστασης των δρόμων και των παταριών του μεταλλείου περιελάμβαναν τη διάστρωση 15cm άγονων στείρων υλικών, την τοποθέτηση φυτών εκατέρωθεν της λωρίδας κυκλοφορίας κάθε δρόμου, την επένδυση με φυτική γη πάχους 50cm των λωρίδων κυκλοφορίας, τη λίπανση με κοπριά και

χημική λίπανση, τη φύτευση στα πρηνή δέντρων, θαμνων και αναρριχώμενων φυτών, τη σπορά φυτικών ειδών και το αυτόματο αρδευτικό δίκτυο.

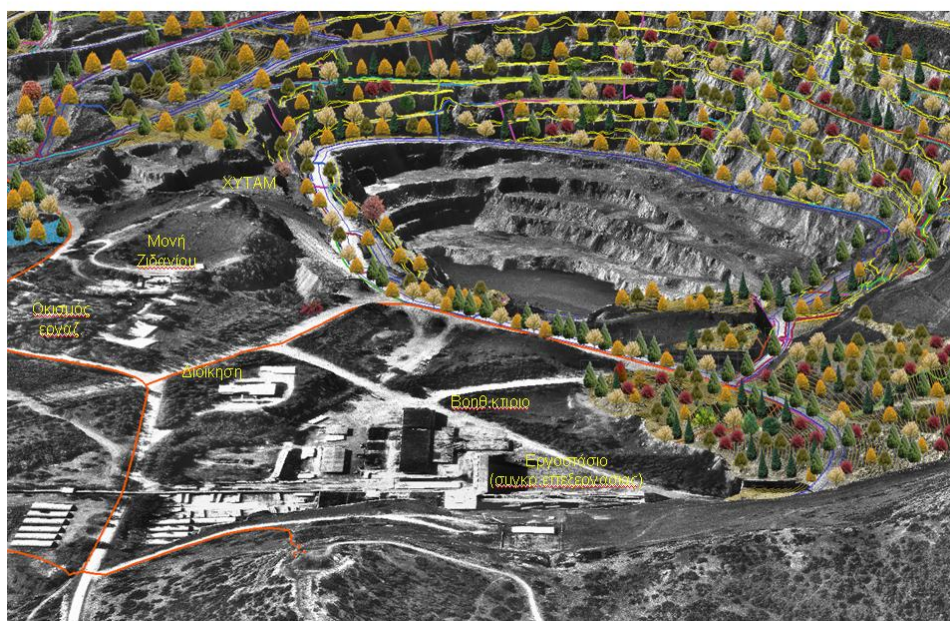
Η μελέτη αποκατάστασης προέβλεπε την φύτευση διάσπαρτων μεμονωμένων δένδρων μέσα στο χώρο του μεταλλείου, σε λάκκους που θα ανοιχθούν με εργαλεία χειρός ή ακόμα και με αεροσυμπιεστή και θα επιχωθούν με φυτική γη.

Κύριος στόχος ήταν να τοποθετηθούν δένδρα ομοιόμορφα κατανομημένα. Ως θέσεις τοποθέτησης των δένδρων επιλέχθηκαν οι καταλληλότερες στα χαλαρά πρηνή μεταξύ των παταριών του μεταλλείου. Οι εργασίες φύτευσης των λάκκων με δένδρα ήταν η λίπανση με κοπριά, το γέμισμα των λάκκων με μεταφερόμενη φυτική γη και η φύτευση μικρών κατάλληλων βολόφυτων δένδρων.

Μεταλλείο – Οριζόντιες επιφ. (πριν)



Μεταλλείο – Οριζόντιες επιφ. (μετά)



Εικόνα 24: Κατάσταση μεταλλείου και οριζόντιων επιφανειών πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης.



Εικόνα 25: Διάστρωση φυτικής γης στο μεταλλείο.

9.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ)

9.4.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ

Για την αποτελεσματική εγκατάσταση της βλάστησης απαιτήθηκε η επαναφορά του επιφανειακού εδάφους. Έτσι η διάστρωση με φυτική γη όλων των διαμορφωμένων χώρων (βαθμίδες, πρανή, πατάρια και οριζόντιες επιφάνειες) πραγματοποιήθηκε μετά το τέλος της διαμόρφωσης κατά τμήματα, δηλαδή μετά την ολοκλήρωση της διαμόρφωσης ενός τμήματος ακολούθησε η διάστρωση και η κάλυψή του με τη φυτική γη. Το πάχος της φυτικής γης ήταν 40cm εκτός των περιπτώσεων διάνοιξης τάφρων στις βαθμίδες, όπου ήταν μεγαλύτερο.



Εικόνα 26: Διάστρωση φυτικής γης.



Εικόνα 27: Μεταφορά και διάστρωση φυτικής γης.

Η μεγαλύτερη ποσότητα της φυτικής γης λήφθηκε από τους διαμορφωμένους σωρούς εναπόθεσης που βρίσκονται ανατολικά του εργοστασίου και μεταφέρθηκαν με φορτηγά. Το έδαφος στη συνέχεια, διαμορφώθηκε με τα κατάλληλα κατά περίπτωση μηχανήματα, όπως προωθητήρες, διαμορφωτήρες, φορτωτές κλπ. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το επιφανειακό έδαφος, το οποίο προέκυψε από τη διαμόρφωση των αποθέσεων.

Το έδαφος που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί ως φυτική γη, δεν έπρεπε να περιέχει ογκώδεις λίθους και να προέρχεται από βάθος μεγαλύτερο του 0,8m. Η διάστρωση της φυτικής γης στις κεκλιμένες επιφάνειες, πραγματοποιήθηκε με προωθητήρες και φορτωτές από τις ανώτερες θέσεις προς τα κατόντη, ενώ στις επίπεδες επιφάνειες (βαθμίδες), πραγματοποιήθηκε με φορτωτές και διαμορφωτές από τις πιο απομακρυσμένες θέσεις προς το εσωτερικό.

Συμπύεση της φυτικής γης με οδοστρωτήρες δεν πραγματοποιήθηκε, εκτός των περιπτώσεων που απαιτήθηκε, όπως στους δρόμους, όπου όμως θα

χρησιμοποιηθούν στείρα άγωνα υλικά. Οι επιφάνειες δεν έμειναν αδιαμόρφωτες, γεγονός που σημαίνει ότι η διάστρωση πραγματοποιήθηκε σταδιακά και γινόταν συνεχώς έλεγχος του βάθους της φυτικής γης, το οποίο έπρεπε να είναι σταθερό, με μέγιστη απόκλιση 10%. Στις κεκλιμένες επιφάνειες η διαμόρφωση της φυτικής γης γινόταν συμπληρωματικά και κατά περίπτωση χειρωνακτικά.

Στις κεκλιμένες επιφάνειες η φυτική γη διαστρώθηκε σε όλη την έκταση και στις ατομικές βαθμίδες ομοιόμορφα. Στις ατομικές βαθμίδες, δεν ήταν απαραίτητη η αυστηρή διατήρηση του βάθους της φυτικής γης, μετά τη διάστρωσή της. Αυτό σημαίνει ότι στις ατομικές βαθμίδες υπήρχε μεταβολή του βάθους της φυτικής γης. Σε καμιά περίπτωση όμως, το πάχος της φυτικής γης δεν έπρεπε να είναι μικρότερο των 30cm.

Στις επίπεδες επιφάνειες η φυτική γη διαστρώθηκε ομοιόμορφα σε όλη την έκταση τους και εκεί που κατασκευάστηκαν οι τάφροι φύτευσης. Γεγονός που σημαίνει ότι το βάθος της φυτικής γης στις τάφρους ήταν περίπου 1m-2m.

9.4.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΓΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΙΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ

Επειδή σύμφωνα με τις εδαφολογικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, η φυτική γη δεν διέθετε τις κατάλληλες φυσικοχημικές ιδιότητες, παρουσίαζε υψηλό pH, ελάχιστη οργανική ουσία, ελάχιστο άζωτο, χαμηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων, πριν τη διάστρωσή της στις διαμορφωμένες επιφάνειες απαιτήθηκε να προστεθεί οργανική ουσία (κοπριά), της οποίας η προμήθεια έγινε από κοντινές κτηνοτροφικές μονάδες. Η κοπριά ήταν χωνεμένη και λεπτοτεμαχισμένη. Η αναλογία μίξης ήταν 2% κατ' όγκο της φυτικής γης, δηλαδή 8m³ κοπριά σε κάθε στρέμμα, ενώ έγινε καλή ανάμιξη με τη φυτική γη.

Επίσης, επειδή το pH του εδάφους ήταν υψηλό (τιμές μεγαλύτερες από 8,3), ενώ οι κατάλληλες τιμές για την καλή ανάπτυξη των φυτών κυμαίνονται μεταξύ 5,5 και 7,5, απαιτήθηκε η λήψη διορθωτικών μέτρων. Η διόρθωση του pH σε αλκαλικά εδάφη γίνεται συνήθως με προσθήκη θείου. Τις τιμές του pH μειώνουν και η τύρφη, ο θειικός σίδηρος προσωρινά, που μπορεί να μειώσει τη διαθεσιμότητα του P και τα θειικά λιπάσματα.

Στην προκειμένη περίπτωση η βελτίωση της οξύτητας του εδάφους πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη θείουχου λιπάσματος. Έγινε η χρησιμοποίηση σύνθετου θείουχου λιπάσματος, το οποίο περιείχε παράλληλα ικανοποιητική ποσότητα καλίου. Η προσθήκη πραγματοποιήθηκε στις διαμορφωμένες επιφάνειες σε ποσότητα 30 κιλά το στρέμμα.

Για την αποτελεσματική θρέψη των φυτών, χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός 2 λιπασμάτων, της θειοφωσφορικής αμμωνίας, για την παροχή αζώτου και φωσφόρου και του θειϊκού καλίου-μαγνησίου για την παροχή καλίου και μαγνησίου. Η αναλογία μίγματος ήταν 18 κιλά ανά στρέμμα θειοφωσφορικής αμμωνίας και 12 κιλά ανά στρέμμα θειϊκού καλίου-μαγνησίου.

Λιπάνσεις πραγματοποιήθηκαν και κατά τη διάρκεια του υποχρεωτικού χρόνου συντήρησης των φυτών. Το είδος της λίπανσης και η εφαρμογή της ήταν συνάρτηση της πορείας ανάπτυξης των φυταρίων, της ζωτικότητά τους και των αποτελεσμάτων των εδαφολογικών αναλύσεων. Οι αναλύσεις προηγούνταν των λιπάνσεων και γίνονταν σε έξι αντιπροσωπευτικά δείγματα της φυτικής γης. Οι αναλύσεις περιελάμβαναν υποχρεωτικά, τον προσδιορισμό του pH των δειγμάτων, της περιεχόμενης οργανικής ουσίας και της περιεκτικότητας σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο.

Η ανάμιξη της κοπριάς και του θειούχου λιπάσματος με το επιφανειακό χώμα γινόταν μετά τη διάστρωση της φυτικής γης στην επιφάνεια του εδάφους και κατόπιν με ειδική φρέζα γινόταν η αναμόχλευση και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος.

9.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η άρδευση της βλάστησης γίνεται με το αρδευτικό δίκτυο, που εγκαταστήθηκε για το σκοπό αυτό. Για την επιτυχή φύτευση και αποκατάσταση των πρηνών των αποθέσεων, των οριζόντιων επιφανειών και των παταριών του μεταλλείου, πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση αυτόματου αρδευτικού δικτύου. Το αυτόματο αρδευτικό δίκτυο εγκαταστάθηκε μετά τη διάστρωση της φυτικής και πριν την φύτευση. Οι ανάγκες σε νερό αφορούν κυρίως στην άρδευση των 493.239 φυτών που απαιτήθηκαν για την αποκατάσταση της περιοχής (δεν περιλαμβάνονται 15.000 δενδρύλια τα οποία τοποθετήθηκαν διάσπαρτα στους χώρους του μεταλλείου, όπως στα πρηνή και στις βαθμίδες, για τα οποία δεν κατασκευάστηκε δίκτυο άρδευσης).



Εικόνα 28: Εγκατάσταση αρδευτικού δικτύου.

Συγκεκριμένα σε 790στρ. (445στρ. στις αποθέσεις και 345στρ. στο μεταλλείο-οριζόντιες επιφάνειες), φυτεύτηκαν 84.828 δένδρα, 264.056 θάμνοι, 144.355 μοσχεύματα και έγινε σπορά (627 κιλά σπόροι) της ενδιάμεσης επιφάνειας των σειρών φύτευσης. Οι απαιτούμενες ποσότητες νερού για το σύνολο των παραπάνω φυτών υπολογίστηκαν σε 800m³ την ημέρα περίπου.

Για την σωστή εγκατάσταση του αρδευτικού δικτύου αντιμετωπίστηκαν τα παρακάτω προβλήματα που υπήρχαν στην περιοχή:

- Η σημαντική υψομετρική διαφορά των πρηνών μεταξύ τους και μεταξύ της δεξαμενής άρδευσης και της περιοχής άρδευσης.

- Η συμπεριφορά των διαμορφούμενων πρανών, σε ενδεχόμενη τοπική υποχώρηση σε κάποιες θέσεις.
- Η ικανοποίηση των λειτουργικών απαιτήσεων της επιλεγόμενης μεθόδου άρδευσης.
- Τμήμα των παταριών του μεταλλείου βρίσκονταν σε μεγαλύτερο υψόμετρο της δεξαμενής άρδευσης.
- Η πρόσβαση στα πατάρια του μεταλλείου παρουσίαζε σημαντικές δυσκολίες λόγω του έντονου αναγλύφου του εδάφους.

Για το σύνολο της αρδευόμενης περιοχής επιλέχθηκε στάγδην άρδευση, σύμφωνα με την διάταξη των φυτών, προκειμένου να υπάρξει η μέγιστη δυνατή οικονομία στη διαχείριση του νερού συμβατή με τα επιλεγέντα είδη προς φύτευση. Χρησιμοποιήθηκαν σταλακτηφόροι σωλήνες πολυαιθυλενίου, με ενσωματωμένους σταλάκτες, σε απόσταση 1m μεταξύ τους. Για την άρδευση χρησιμοποιήθηκε η υφιστάμενη δεξαμενή χωρητικότητας 600m^3 , η οποία τροφοδοτείται από γεώτρηση παροχής $60\text{m}^3/\text{h}$. Για την άρδευση της υψηλής ζώνης των παταριών του μεταλλείου, χρησιμοποιήθηκε ενδιάμεσο αντλιοστάσιο, για την τροφοδοσία τεσσάρων δεξαμενών 10m^3 σε υψόμετρο 719m. Λόγω της υψομετρικής διαφοράς 188m μεταξύ της δεξαμενής τροφοδοσίας και των χαμηλότερων αρδευόμενων θέσεων, απαιτήθηκε η εγκατάσταση διαδοχικών διατάξεων μείωσης πίεσης εντός φρεατίων με ασφαλιστικές διατάξεις ανακούφισης σε περίπτωση αστοχίας της κανονικής λειτουργίας των μειωτών πίεσης.

Βασική επιλογή της μελέτης, ήταν η διασφάλιση της λειτουργίας του κύριου τροφοδοτικού αγωγού και των κύριων διατάξεων ελέγχου πίεσης και λειτουργίας του δικτύου από ενδεχόμενη τοπική καθίζηση των διαμορφωμένων πρανών. Έτσι, το πέρασμα του κύριου τροφοδοτικού αγωγού, έγινε από υφιστάμενα αδιατάραχτα σταθερά εδάφη και η τοποθέτηση των διατάξεων ελέγχου πίεσης και λειτουργίας του αρδευτικού δικτύου, έγινε εντός μεταλλικών επισκέψιμων οικίσκων επί των διαμορφωμένων βαθμίδων στη βάση των πρανών.



Εικόνα 29: Άρδευτικό δίκτυο.

9.6 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Οι εργασίες για την εγκατάσταση της βλάστησης περιελάμβαναν:

- Την επιλογή των φυτικών ειδών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και την κατανομή τους στο χώρο.
- Τη διάνοιξη των λάκκων στις επιχωμένες με φυτική γη επιφάνειες σύμφωνα με τις τεχνικές που εφαρμόζονται κατά περίπτωση.
- Την προμήθεια, μεταφορά και φύτευση των φυταρίων, των μοσχευμάτων και των σπόρων.
- Την προστασία και την περιποίηση των φυταρίων (άρδευση και λίπανση).



Εικόνα 30: Άποψη των αποθέσεων μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.

9.6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Με βάση τις οικολογικές συνθήκες της περιοχής, τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων, τις απαιτήσεις και βιολογικές ιδιότητες των συμβατών με τη περιοχή ειδών και το σκοπό της αποκατάστασης, έγινε η επιλογή των φυτικών ειδών που χρησιμοποιήθηκαν στην αποκατάσταση. Τονίζεται ότι ιδιαίτερο ρόλο στην επιλογή των ειδών έπαιξε το μικρό βάθος του εδάφους (40cm-50cm) και οι δυσμενείς φυσικοχημικές ιδιότητες της φυτικής γης. Επομένως, τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν έχουν την ικανότητα να αντέχουν στις συγκεκριμένες αντίξοες συνθήκες και ειδικότερα στις συνθήκες υψηλής αλκαλικότητας ($pH > 8,3$).

Όλα τα είδη χρησιμοποιήθηκαν ως βωλόφυτα, σε φυτοδοχεία ή με μπάλα χώματος, εκτός των ειδών *Robinia pseudoacacia*, *Celtis australis*, *Fraxinus ornus*, τα οποία ήταν και γυμνόριζα.

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα φυτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 9: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Πεύκη μαύρη	Pinus nigra
2	Ψευδακακία	Robinia pseudoacacia
3	Δρυς χνοώδης	Quercus pubescens
4	Σφένδαμος πεδινή	Acer campestre
5	Ανατολικός γάβρος	Carpinus orientalis
6	Οστριά	Ostrya carpinifolia
7	Φράξος	Fraxinus ornus
8	Μελικοκιά	Celtis australis
9	Σορβιά	Sorbus aucuparia
10	Κουτσουπιά	Cercis silquastrum
11	Κυπαρίσσι	Cupressus sempervirens

Πίνακας 10: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως μοσχεύματα.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Ιτιά λευκή	Salix alba
2	Ψευδακακία	Robinia pseudoacacia
3	Λεύκη μαύρη	Populus nigra
4	Κλήθρα	Alnus glutinosa
5	Πλάτανος Ανατολικός	Platanus orientalis

Πίνακας 11: Δενδρώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως σπόροι.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Πεύκη μαύρη	Pinus nigra
2	Ψευδακακία	Robinia pseudoacacia
3	Κουτσουπιά	Cercis silquastrum

Πίνακας 12: Θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Τσαπουρνιά	Prunus spinosa
2	Πουρνάρι	Quercus coccifera
3	Πυξάρι	Buxus sempervirens
4	Σπάρτο	Spartium junceum
5	Κουτσουπιά	Cercis silquastrum
6	Φουσκιά	Colutea arborescens
7	Λυγούστρο	Ligustrum vulgare
8	Χρυσόξυλο	Cotinus coggygia
9	Ρούδι	Phus coriaria
10	Φιλλύκι	Phillyrea latifolia
11	Κοκορεβυθιά	Pistacia terebinthus
12	Ανθυλίδα	Anthyllis hermanniae

Πίνακας 13: Θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη που χρησιμοποιήθηκαν ως σπόροι.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Φουσκιά	Colutea arborescens
2	Τριφύλι	Trifolium arvense
3	Σπάρτο	Spartium junceum
4	Λυγούστρο	Ligustrum vulgare
5	Τσαπουρνιά	Prunus spinosa
6	Χρυσόξυλο	Cotinus coggygia
7	Ρούδι	Phus coriaria
8	Αγριοτριανταφυλιά	Rosa canina
9	Βάτος	Rubus sp.

Πίνακας 14: Αναρριχώμενοι θάμνοι που χρησιμοποιήθηκαν ως φυτάρια.

A/A	ΟΝΟΜΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ
1	Κισσός	Hedera helix
2	Κληματίδα	Clematis vitalba
3	Αιγόκλημα	Lonicera xylosteum

Το κάθε είδος χρησιμοποιήθηκε σε διαφορετικές θέσεις και με διαφορετικά ποσοστά ανάλογα με τις βιολογικές του ιδιότητες, τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά και την προτίμηση της μορφής βλάστησης. Ο βραχυπρόθεσμος σκοπός ήταν η εγκατάσταση μιας εδαφοβελτιωτικής, ολιγαρκούς μορφής βλάστησης, η οποία θα χαρακτηριζόταν από τη γρήγορη εγκατάσταση της, τον πρόσκοπο χαρακτήρα της, και η οποία θα βελτίωνε τις συνθήκες του σταθμού και θα ευνοούσε την εγκατάσταση πιο απαιτητικών ειδών. Αντίθετα, ο μακροπρόθεσμος στόχος ήταν η δημιουργία υγιών υψηλών δασικών οικοσυστημάτων κατάλληλων για τις συνθήκες της περιοχής, τα οποία θα συνδέονταν αρμονικά με τα οικοσυστήματα της ευρύτερης περιοχής.

Οι χώροι φυτοτεχνικής αποκατάστασης χωρίστηκαν σε τρεις ενότητες. Στους χώρους των αποθέσεων, όπου κατασκευάστηκαν κύριες βαθμίδες πλάτους 8m ή 12m με κλίση πρανών 1:2 και μικρότερου ύψους πρανή με μέγιστη κλίση 1:1. Στους χώρους των οριζόντιων επιφανειών και στους χώρους του μεταλλείου.

Στις κύριες βαθμίδες διαμόρφωσης των αποθέσεων, πλάτους 8m ή 12m και στις ατομικές βαθμίδες φύτευσης πλάτους 1,2m, πραγματοποιήθηκαν φυτεύσεις φυταρίων δενδρωδών (9 είδη) και θαμνωδών ειδών (10 είδη). Από τα δενδρώδη, τα κύρια είδη που χρησιμοποιήθηκαν με υψηλά ποσοστά συμμετοχής ήταν η μαύρη πεύκη με ποσοστό 35%, η ψευδακακία με ποσοστό 35% και η χνοώδης δρυς με ποσοστό 20%. Τα υπόλοιπα είδη χρησιμοποιήθηκαν όλα μαζί σε ποσοστό 10% και αποτέλεσαν δευτερεύοντα είδη.

Η κατανομή των δενδρωδών ειδών έγινε ως εξής. Στις ατομικές βαθμίδες φύτευσης των πρανών με κλίση 1:2, σε κάθε βαθμίδα φυτεύτηκε ένα είδος, ψευδακακία ή μαύρη πεύκη εναλλάξ, ξεκινώντας από πάνω προς τα κάτω. Η απόσταση μεταξύ των φυταρίων της βαθμίδας είναι 3μ. Στην ίδια βαθμίδα και κάθε 15m, το κυρίαρχο είδος έδινε τη θέση του στη χνοώδη δρυ σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, κάθε 21m το κυρίαρχο είδος έδινε τη θέση του σε ένα από τα υπόλοιπα δενδρώδη είδη.

Στις μεγάλες κύριες βαθμίδες πλάτους 8m ή 12m, ακολουθήθηκε η ίδια μέθοδος με τις εξής διευκρινήσεις: Η μαύρη πεύκη φυτεύτηκε στις εσωτερικές τάφρους, ενώ η ψευδακακία στις εξωτερικές. Στην περίπτωση των βαθμίδων πλάτους 12m, στη δεύτερη εξωτερική τάφρο φυτεύτηκαν εναλλάξ μαύρη πεύκη και ψευδακακία ανά 6m, ενώ για τα υπόλοιπα είδη έγινε ότι και στις ατομικές βαθμίδες.

Πίνακας 15: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στα πρανή (κλίση 1:2).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	Pinus nigra	35
2	Robinia pseudoacacia	35
3	Quercus pubescens	20
4	Acer campestre	1,67
5	Carpinus orientalis	1,67
6	Ostrya carpinifolia	1,67
7	Fraxinus ornus	1,67
8	Celtis australis	1,67
9	Sorbus aucuparia	1,67
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 16: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στα πρανή (κλίση 1:1).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Robinia Pseudoacacia</i>	25
2	<i>Carpinus orientalis</i>	25
3	<i>Fraxinus ornus</i>	25
4	<i>Cercis silquastrum</i>	25
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Οι φυτεύσεις των δενδρωδών ειδών, συμπληρώθηκαν με φυτεύσεις φυταρίων θαμνωδών ειδών, στο ενδιάμεσο μεταξύ των δενδρωδών ειδών και σε απόσταση 1m μεταξύ τους. Τα είδη συμμετέχουν με τα ποσοστά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η κατανομή των ειδών έγινε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των ψυχανθών στο χώρο και ένας από τους γειτνιάζοντες θάμνους σε κάθε φυτάριο της μαύρης πεύκης να είναι ψυχανθές.

Επίσης, στις εσωτερικές τάφρους των κύριων βαθμίδων και στις θέσεις φύτευσης θαμνωδών ειδών, φυτεύτηκαν εν μέρει αναρριχώμενοι θάμνοι, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου τα πρανή ήταν πιο απότομα και σε συνολικό ποσοστό που δεν ξεπέρασε το 5% (του συνολικού αριθμού των θάμνων) και για τα τρία είδη των αναρριχώμενων φυτών.

Πίνακας 17: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στα πρανή (κλίση 1:2).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Prunus spinosa</i>	10
2	<i>Quercus coccifera</i>	10
3	<i>Buxus sempervirens</i>	5
4	<i>Spartium junceum</i>	30
5	<i>Cercis silquastrum</i>	10
6	<i>Colutea arborescens</i>	10
7	<i>Ligustrum vulgare</i>	10
8	<i>Cotinus coggygria</i>	5
9	<i>Phus coriaria</i>	5
10	<i>Phillyrea latifolia</i>	5
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 18: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στα πρανή (κλίση 1:1).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Prunus spinosa</i>	2,5
2	<i>Quercus coccifera</i>	2,5
3	<i>Spartium junceum</i>	17
4	<i>Colutea arborescens</i>	16,5
5	<i>Cotinus coggygria</i>	12,5
6	<i>Phus coriaria</i>	12,5
7	<i>Phillyrea latifolia</i>	10
8	<i>Pistacia terebinthus</i>	10
9	<i>Anthyllis hermanniae</i>	16,5
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Οι επικλινείς επιφάνειες καλύφθηκαν από φυτικά είδη σπόρων και μοσχευμάτων. Τα μοσχεύματα τοποθετήθηκαν σε δυο σειρές ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ατομικές βαθμίδες. Τα ποσοστά των ειδών που χρησιμοποιήθηκαν ως μοσχεύματα στις επικλινείς επιφάνειες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η κατανομή των ειδών ήταν ως εξής: Η ιτιά, η ψευδακακία και η λεύκη φυτεύτηκαν σε

όλη την έκταση των επικλινών επιφανειών, ενώ το πλατάνι και το σκλήθρο μόνο στο κατώτερο τμήμα των αποθέσεων, όπως επίσης και στις πιο υγρές θέσεις της περιοχής. Γενικά, τα είδη με τα χαμηλά ποσοστά συμμετοχής χρησιμοποιήθηκαν διάσπαρτα σε διάφορες θέσεις.

Πίνακας 19: Ποσοστό συμμετοχής δένδρωδών ειδών ως μοσχεύματα στα πρανή (κλίση 1:2).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	Salix alba	60
2	Robinia pseudoacacia	20
3	Populus nigra	10
4	Alnus glutinosa	5
5	Platanus orientalis	5
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 20: Ποσοστό συμμετοχής δένδρωδών ειδών ως μοσχεύματα στα πρανή (κλίση 1:1).

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	Salix alba	100,00
	ΣΥΝΟΛΟ	100,00

Σπορά έγινε σε όλες τις επικλινείς επιφάνειες μεταξύ των ατομικών βαθμίδων. Το μίγμα των σπόρων που χρησιμοποιήθηκε, προέκυψε από την ανάμιξη των σπόρων των ειδών (δενδρώδη είδη, θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη). Στόχος ήταν η ταχεία εγκατάσταση των ειδών και η γρήγορη εδαφοκάλυψη, ώστε να επιτευχθεί η προστασία των εδαφών, αλλά και η βελτίωση των εδαφικών ιδιοτήτων, καθώς πολλά από αυτά τα είδη είναι ψυχανθή, αζωτοδεσμευτικά και εδαφοβελτιωτικά. Όλη η σπαρμένη επιφάνεια καλύφθηκε επιμελώς, με λεπτό στρώμα άχυρου ή άλλου οργανικού υλικού, όπως κλαδιά από υπολείμματα υλοτομιών κλπ. για την ελαχιστοποίηση της διάβρωσης.



Εικόνα 31: Άποψη των αποθέσεων μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.

Οι οριζόντιες επιφάνειες φυτεύτηκαν με δένδρα (8 είδη) και θάμνους (11 είδη) σε ποσοστά που αναλύονται στους πίνακες. Τα δένδρα τοποθετήθηκαν σε φυτευτικό σύνδεσμο 3mX3m, ενώ οι θάμνοι φυτεύτηκαν ενδιάμεσα διάσπαρτα, σε ποσότητα 30% του συνολικού αριθμού των δέντρων.

Πίνακας 21: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στις οριζόντιες επιφάνειες.

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Pinus nigra</i>	45
2	<i>Quercus pubescens</i>	20
3	<i>Acer campestre</i>	5
4	<i>Ostrya carpinifolia</i>	5
5	<i>Celtis australis</i>	5
6	<i>Cercis silquastrum</i>	5
7	<i>Cupressus sempervirens</i>	5
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 22: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στις οριζόντιες επιφάνειες.

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Prunus spinosa</i>	15
2	<i>Quercus coccifera</i>	10
3	<i>Buxus sempervirens</i>	5
4	<i>Spartium junceum</i>	5
5	<i>Colutea arborescens</i>	10
6	<i>Ligustrum vulgare</i>	10
7	<i>Cotinus coggygria</i>	10
8	<i>Phus coriaria</i>	10
9	<i>Phillyrea latifolia</i>	10
10	<i>Pistacia terebinthus</i>	5
11	<i>Anthyllis hermanniae</i>	10
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Επειδή στις επίπεδες επιφάνειες ο κίνδυνος διάβρωσης ήταν μικρός, οι φυτεύσεις έγιναν με μεγαλύτερη ελευθερία, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια τόσο οικολογικά, όσο και κριτήρια αισθητικής του τοπίου. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκαν τόσο κωνοφόρα (μαύρη πεύκη, κυπαρίσσι), όσο και πλατύφυλλα (χνωόδης δρυς, μελικοκιά, κουτσουπιά, οστρά, φράξος όρνος και διάφορα καρποφόρα είδη).

Ως κύρια είδη επιλέχθηκαν από τα κωνοφόρα, η μαύρη πεύκη και από τα πλατύφυλλα, η χνωόδης δρυς. Αυτά φυτεύτηκαν κυρίως στο εσωτερικό των επιφανειών, ενώ τα ανθοφορούντα είδη (φράξος, κουτσουπιά) περιφερειακά για αισθητικούς λόγους. Τα κύρια είδη φυτεύτηκαν κατά μεγάλες ομάδες και λόχμες, ώστε η μίξη στο μέλλον να είναι εξασφαλισμένη και διαρκής. Το κριτήριο αυτό λήφθηκε υπόψη για όλα τα είδη, δηλαδή αποφευχθηκαν μεμονωμένες φυτεύσεις ενός είδους.

Επίσης, έγινε φύτευση φρουτοφόρων και καρποφόρων δένδρων, έτσι ώστε το νέο οικοσύστημα να εμπλουτιστεί σύντομα και με είδη της άγριας πανίδας (διάφορα πτηνά και θηλαστικά) τα οποία θα έχουν κίνητρο την τροφή προκειμένου να εγκατασταθούν στην περιοχή.



Εικόνα 32: Άποψη των οριζόντιων επιφανειών μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.



Εικόνα 33: Άποψη των οριζόντιων επιφανειών μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.

Τα είδη ήταν όλα ντόπια, συμβατά με την οικολογία της περιοχής και με αντιθέσεις μορφής, μεγέθους, χρώματος και υφής, γεγονός που δημιούργησε ένα αρμονικό τοπίο.

Επίσης, έγινε σπορά σε όλες τις οριζόντιες επιφάνειες, με ποσότητα 1 κιλό σπόρο στο στρέμμα. Το μίγμα των σπόρων που χρησιμοποιήθηκε, προέκυψε από την ανάμιξη των σπόρων των ειδών (δενδρώδη είδη, θαμνώδη και πολυετή ποώδη είδη). Στόχος και εδώ ήταν η ταχεία εγκατάσταση των ειδών, η γρήγορη εδαφοκάλυψη, η προστασία των εδαφών, αλλά και η βελτίωση των εδαφικών ιδιοτήτων.

Τέλος, στους επόμενους πίνακες φαίνονται τα είδη που φυτεύτηκαν στο χώρο του μεταλλείου.

Πίνακας 23: Ποσοστό συμμετοχής δενδρωδών ειδών στο μεταλλείο.

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Pinus nigra</i>	45
2	<i>Robinia pseudoacacia</i>	20
3	<i>Quercus pubescens</i>	5
4	<i>Acer campestre</i>	3
5	<i>Carpinus orientalis</i>	5
6	<i>Ostrya carpinifolia</i>	5
7	<i>Fraxinus ornus</i>	5
8	<i>Celtis australis</i>	5
9	<i>Sorbus aucuparia</i>	1
10	<i>Cercis silquastrum</i>	3
11	<i>Cupressus sempervirens</i>	3
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 24: Ποσοστό συμμετοχής θαμνωδών ειδών στο μεταλλείο.

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Prunus spinosa</i>	2,5
2	<i>Quercus coccifera</i>	2,5
3	<i>Spartium junceum</i>	17
4	<i>Colutea arborescens</i>	16,5
5	<i>Cotinus coggygria</i>	12,5
6	<i>Phus coriaria</i>	12,5
7	<i>Phillyrea latifolia</i>	10
8	<i>Pistacia terebinthus</i>	10
9	<i>Anthyllis hermanniae</i>	16,5
	ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 25: Ποσοστό συμμετοχής αναρριχώμενων ειδών στο μεταλλείο.

A/A	ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%)
1	<i>Hedera helix</i>	34
2	<i>Clematis vitalba</i>	33
3	<i>Lonicera xylosteum</i>	33
	ΣΥΝΟΛΟ	100



Εικόνα 34: Άποψη του μεταλλείου μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.



Εικόνα 35: Άποψη του μεταλλείου μετά την εγκατάσταση της βλάστησης.

9.6.2 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΩΝ ΤΑΦΡΩΝ ΤΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΑΚΚΩΝ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Η προετοιμασία του εδάφους για τις φυτεύσεις περιελάμβανε, τη διάνοιξη των τάφρων για τις φυτεύσεις στις κύριες βαθμίδες πλάτους 8m και 12 m, τη διάνοιξη των ατομικών βαθμίδων φύτευσης στα πρηνή, με κλίση 1:2 και κλίση 1:1 και την διάνοιξη λάκκων φύτευσης στις γραμμές των τάφρων και ατομικών βαθμίδων.

Μετά τη διαμόρφωση των αποθέσεων και πριν την τοποθέτηση της φυτικής γης πραγματοποιήθηκε η διάνοιξη των απαραίτητων τάφρων στις κύριες βαθμίδες, οι οποίοι στη συνέχεια επιχώθηκαν με φυτική γη. Μετά τη διάστρωση στα πρηνή των αποθέσεων της φυτικής γης, κατασκευάστηκαν στα πρηνή με κλίση 1:2, ατομικές βαθμίδες φύτευσης πλάτους 1,2m, χειρωνακτικά ή με μικρό φορητό σκαπτικό μηχάνημα. Ανάλογες ατομικές βαθμίδες πλάτους 0,6m. κατασκευάστηκαν και στα πρηνή με κλίση 1:1.

9.6.3 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ

Όλη η διαδικασία που αφορά τα φυτά, από την εξαγωγή τους από το φυτώριο μέχρι και τη φύτευση τους, απαιτεί τη λήψη προσεκτικών και χρονικά περιορισμένων μέτρων, ώστε τα φυτά να υποστούν το μικρότερο δυνατό κλονισμό, που μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις, είτε στην επιβίωσή τους είτε στην κανονική τους ανάπτυξη. Έτσι, τα φυτά πρέπει να μεταφέρονται στις θέσεις φύτευσης με προσεκτικούς χειρισμούς και να βγαίνουν από το προστατευτικό μέσο (περιτυλίγματα ριζών, συσκευασία γυμνόριζων, πλαστικά σακίδια, γλάστρες) ακριβώς πριν τη φύτευση. Τα φυτά φυτεύονται στην προβλεπόμενη από το σχέδιο θέση, στο κέντρο της αυλάκωσης και κατακόρυφα.

Η τελική επιλογή των φυτών και η απόρριψη των ακατάλληλων, γίνεται κατά την προετοιμασία των φυτών ή ακόμη και κατά την φύτευση, αν διαπιστωθεί ότι κατά τις διάφορες φάσεις μεταφοράς, συντήρησης και φύτευσης, έχουν υποστεί ζημιές, σε βαθμό που να μην ανταποκρίνονται πια στις προδιαγραφές.

Η φυτευτική περίοδος είναι από μέσα Νοεμβρίου μέχρι τέλος Μαρτίου, που θεωρείται κατάλληλη περίοδος φύτευσης για τα περισσότερα είδη, στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας. Οι εργασίες φύτευσης πρέπει να σταματούν κάτω από πολύ χαμηλές (κάτω από 3°C) ή υψηλές (πάνω από 20°C) θερμοκρασίες και όταν

φυσούν πολύ δυνατοί άνεμοι. Το έδαφος κατά τη φύτευση πρέπει να είναι αρκετά υγρό. Δεν επιτρέπονται φυτεύσεις σε έδαφος παγωμένο, σε κορεσμένο από υγρασία και σε ξηρό έδαφος.

Τα φυτά είναι ζωντανοί οργανισμοί και συνεπώς χρειάζονται ιδιαίτερη φροντίδα και μεταχείριση. Επιπλέον, οι συνθήκες και ο τρόπος ανάπτυξής τους στο φυτώριο, σε όλη τη διάρκεια παραμονής τους σε αυτό, που στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορούν να ελεγχθούν, έχουν καθοριστική σημασία για την επιτυχή εγκατάσταση, επιβίωση και ανάπτυξή τους. Από αυτό προκύπτει η ανάγκη λεπτομερούς ελέγχου της ποιότητας των φυτών, αν είναι δυνατόν από το φυτώριο καθώς και σε όλα τα στάδια χειρισμών, από τη μεταφορά μέχρι και την οριστική τους διάταξη στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης στο εργοτάξιο, καθώς και ανελλιπούς παρακολούθησης σε όλη τη διάρκεια των εργασιών.

Η προμήθεια των φυταρίων πραγματοποιήθηκε από την εγχώρια αγορά, ενώ προτιμήθηκαν τα πιο κοντινά φυτώρια στην περιοχή, ώστε να ταιριάζουν οι κλιματικές συνθήκες του φυτωρίου με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Τα φυτάρια πρέπει να ελέγχονται, ώστε να είναι ζωηρά, με καλά αναπτυγμένους βλαστούς και πλούσιο ριζικό σύστημα. Η μεταφορά των φυταρίων πρέπει να πραγματοποιείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην προκαλούνται ζημιές σ'αυτά. Τα φυτάρια πρέπει να φυτεύονται σε διάστημα 2 ημερών από τη στιγμή μεταφοράς στην περιοχή. Η φύτευση πρέπει να πραγματοποιείται ακολουθώντας τους κανόνες της σωστής, σχετικά χαμηλής φύτευσης, σε ημέρες σχετικά υγρές και νεφελώδεις.

Όλοι οι χειρισμοί των φυτών πρέπει να γίνονται με προσοχή, ώστε τα φυτά να μην υποστούν ζημιές. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος για τα φυτά κατά τη μεταφορά τους από το φυτώριο στο εργοτάξιο, είναι η αφυδάτωση, γι αυτό πρέπει να μεταφέρονται μόνο με κλειστά φορτηγά αυτοκίνητα. Η μεταφορά με ανοικτό φορτηγό ακόμη και αν τα φυτά είναι καλυμμένα δεν επιτρέπεται. Επίσης, πρέπει να αποφεύγονται οι επανειλημμένες φορτώσεις και εκφορτώσεις και η παραμονή των κλειστών φορτηγών στον ήλιο με ζεστό καιρό, για να μην καταπονούνται τα φυτά. Τα φυτά πρέπει να έχουν ποτιστεί από την προηγούμενη μέρα της μεταφοράς αλλά να μην είναι βρεγμένα κατά τη μεταφορά.

Η προσωρινή αποθήκευση των φυτών στο εργοτάξιο, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται, όταν πρόκειται για μικρές ποσότητες φυτών και η φύτευση να γίνεται άμεσα. Για μεγαλύτερες όμως ποσότητες η προσωρινή αποθήκευση είναι αναπόφευκτη. Οι χώροι προσωρινής αποθήκευσης πρέπει να είναι κοντά στο εργοτάξιο, εύκολα προσπελάσιμοι, περιφραγμένοι και κατά το δυνατόν χωρίς ανέμους και σκιερόι. Τα φυτά τοποθετούνται σε όρθια θέση, σε πρασιές ώστε να είναι εύκολη η προσέγγιση και παρακολούθησή τους, κατά είδος ή ποικιλία. Αμέσως μετά την εκφόρτωση, τα γυμνόριζα τοποθετούνται, χωρίς να αφαιρεθούν τα περιτυλίγματά τους σε άμμο, για να διατηρείται η υγρασία τους. Η κάλυψη με πλαστικά φύλλα δεν επιτρέπεται γιατί αναπτύσσεται θερμότητα. Όλο το διάστημα παραμονής τους στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης, τα φυτά δέχονται τις καθιερωμένες φροντίδες (αρδεύσεις, ψεκασμοί, λιπάνσεις κ.λπ.).

9.6.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΑΡΙΩΝ

Τα φυτά για να εγκατασταθούν κανονικά και να προσαρμοστούν στις νέες τους θέσεις, χρειάζονται αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, μετά από το οποίο θα φανεί και ο βαθμός επιτυχίας της εγκατάστασής τους. Για το λόγο αυτό πρέπει να προβλέπεται υποχρεωτικά ένα ικανοποιητικό διάστημα συντήρησης, προστασίας και περιποίησης της βλάστησης, το οποίο προσδιορίζεται ως ένα έτος μετά την

εγκατάστασή της. Για να εξασφαλιστούν οι καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, κατά το παραπάνω διάστημα απαιτούνται οι ακόλουθες εργασίες:

Προστασία, άρδευση, έλεγχος των ασθενειών και των εντόμων, καθαριότητα, λίπανση και κάθε άλλη έκτακτη αλλά απαραίτητη καλλιεργητική εργασία, για να εξασφαλιστεί η καλή και υγιής εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών.

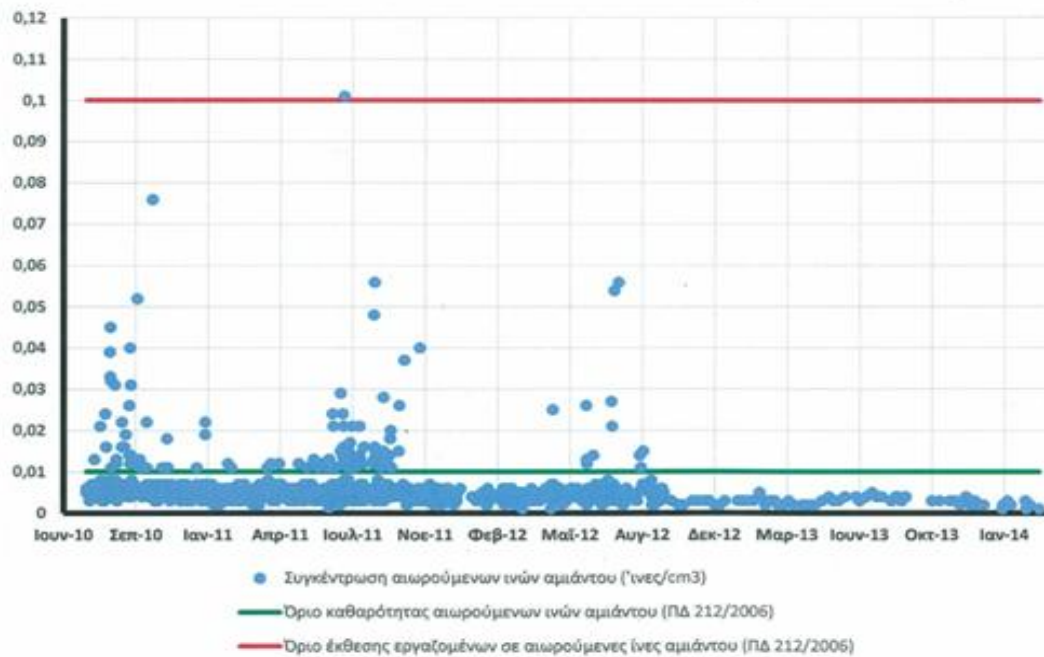
Στο συγκεκριμένο σχέδιο αποκατάστασης έχει γίνει η προστασία, η άρδευση και η λίπανση των φυτών. Για την προστασία των φυτεύσεων στο χώρο του μεταλλείου, έγινε επιδιόρθωση της μεταλλικής περίφραξης που υπήρχε και τοποθετήθηκαν 2 μεταλλικές είσοδοι. Για την προστασία των φυτών από τη βοσκή στο χώρο των αποθέσεων, κατασκευάστηκε ξύλινη περίφραξη στα εξωτερικά όρια των αποθέσεων, συνολικού μήκους 5.000m.

Η άρδευση των φυταρίων γινόταν με το αρδευτικό δίκτυο, που είχε εγκατασταθεί για το σκοπό αυτό. Η άρδευση γινόταν τους μήνες από Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο. Η αρδευτική συχνότητα ορίστηκε σε τρεις μέρες και η αρδευτική δόση 5m^3 νερό σε κάθε στρέμμα. Η συγκεκριμένη συχνότητα και η δόση μπορούσαν να αλλάξουν, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες. Ειδικότερα, για τον πρώτο μήνα μετά την σπορά και τη φύτευση των επιφανειών, γινόταν καθημερινή άρδευση.

10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα αποτελέσματα της αποκατάστασης του αμιαντορυχείου ΜΑΒΕ, άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους πριν την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αποκατάστασης. Οι συγκεντρώσεις ινών αμιάντου στον αέρα και στο νερό είχαν πτώση με το πέρασμα του χρόνου, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης του μεταλλείου.

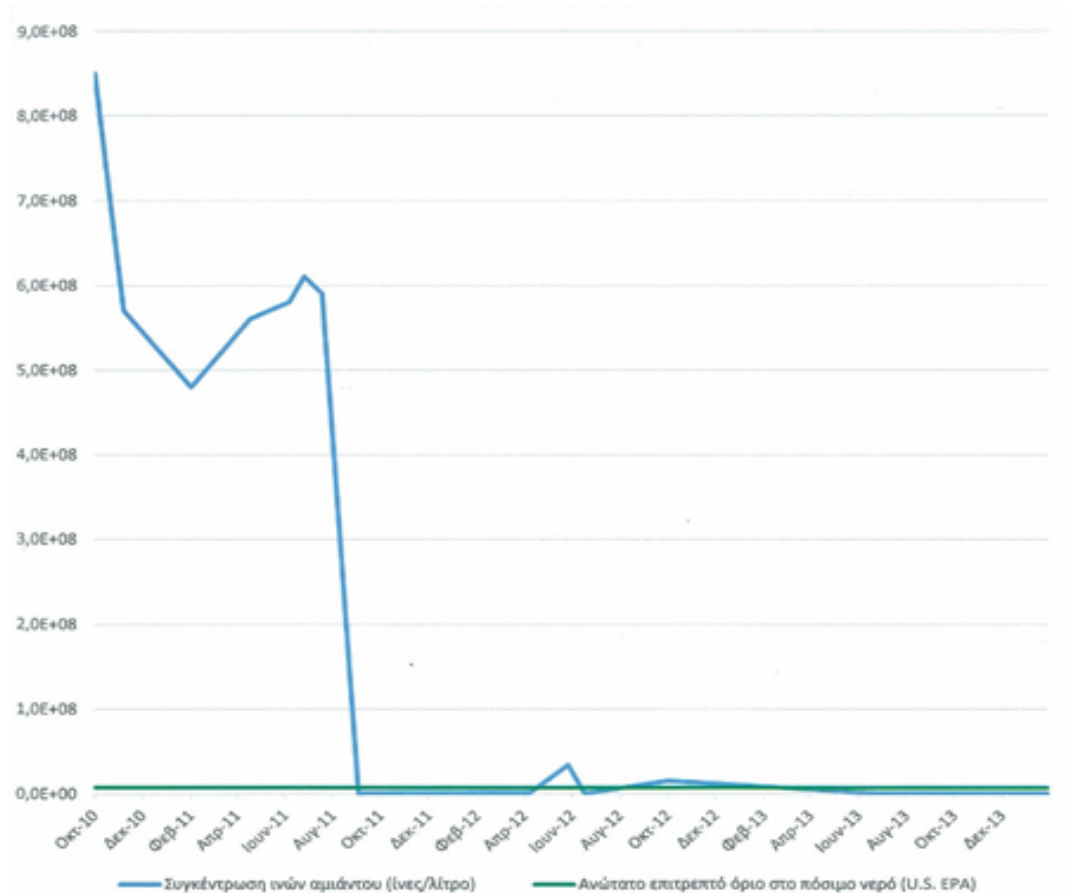
Σύμφωνα με μετρήσεις συγκέντρωσης αμιάντου στον αέρα και στο νερό, που έγιναν στην περιοχή του μεταλλείου, οι συγκεντρώσεις αμιάντου είχαν μια καθοδική πορεία. Αυτό διαπιστώνεται και από την απεικόνιση των παρακάτω γραφημάτων, τα οποία αποτυπώνουν τις μετρήσεις συγκέντρωσης του αμιάντου που έγιναν στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 36: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου στον αέρα (Πηγή: Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας).

Στο συγκεκριμένο γράφημα αποτυπώνονται οι συγκεντρώσεις αμιάντου στον αέρα από τον Ιούνιο του 2010 ως τον Ιανουάριο του 2014. Όπως φαίνεται στο γράφημα, μέχρι το Σεπτέμβριο του 2012, οι συγκεντρώσεις αμιάντου είναι υψηλές και πάνω από το όριο καθαρότητας, ενώ στη συνέχεια υπάρχει πτώση των συγκεντρώσεων, οι οποίες είναι κάτω από το όριο καθαρότητας. Συνεπώς, διαπιστώνεται η συμβολή της αποκατάστασης, η οποία ολοκληρώθηκε το 2014, στην ελάττωση της συγκέντρωσης του αμιάντου.

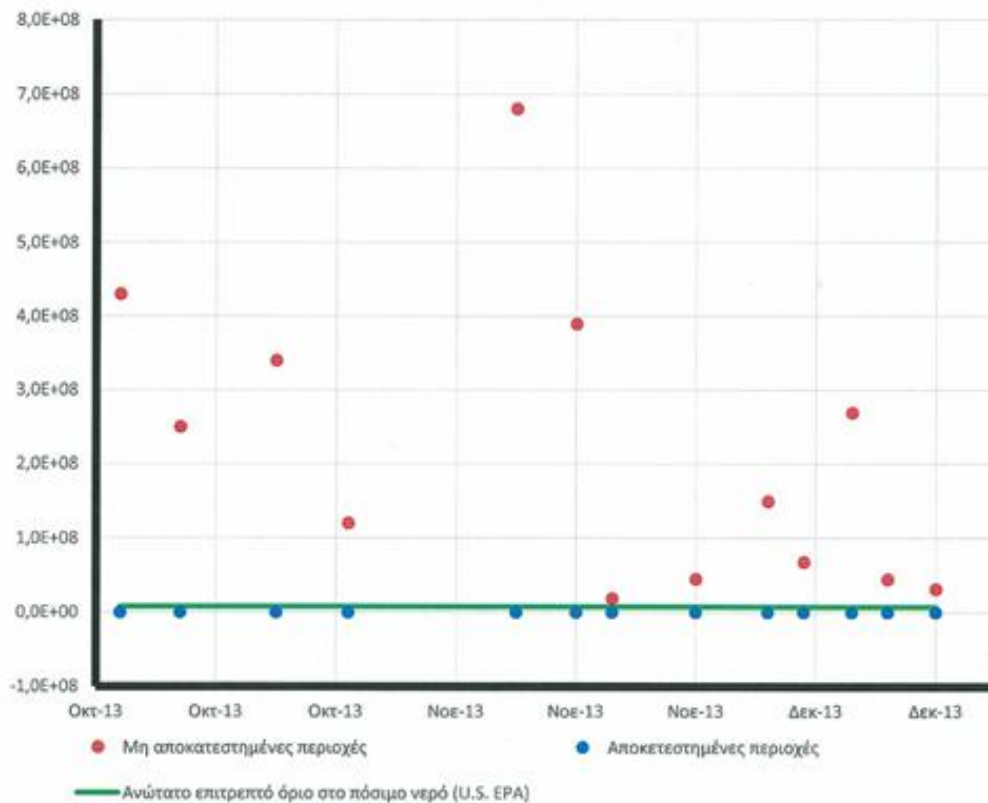
Το ίδιο παρατηρείται και στο γράφημα με τη συγκέντρωση ινών αμιάντου στη λίμνη του μεταλλείου.



Εικόνα 37: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου στη λίμνη του μεταλλείου (Πηγή: Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας).

Οι παρατηρήσεις αφορούν την περίοδο Οκτωβρίου 2010-Δεκεμβρίου 2013, δηλαδή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της αποκατάστασης. Από τον Αύγουστο του 2011 παρατηρείται μια κατακόρυφη πτώση της συγκέντρωσης του αμιάντου στο ανώτατο επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται μια σταθερότητα στη συγκέντρωση αμιάντου. Και σε αυτήν την περίπτωση είναι σίγουρη η συμβολή της αποκατάστασης στην μείωση του αμιάντου στο νερό.

Τέλος, στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η συγκέντρωση ινών αμιάντου στα λιμνάζοντα νερά στην περιοχή του αμιαντορυχείου. Παρατηρείται ότι, οι συγκεντρώσεις στις αποκατεστημένες περιοχές είναι χαμηλές και κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό, ενώ αντίθετα στις μη αποκατεστημένες περιοχές είναι πάνω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο.



Εικόνα 38: Αποτελέσματα μετρήσεων αμιάντου σε λιμνάζοντα νερά (Πηγή: Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας).

Η αποκατάσταση του αμιαντορυχείου MABE, άλλαξε ριζικά την εικόνα της περιοχής προς το καλύτερο. Και στο χώρο του μεταλλείου αλλά και στο χώρο των αποθέσεων διαμορφώθηκε ένα διαφορετικό ανάγλυφο, με σαφώς μικρότερες κλίσεις, με απουσία μεγάλων και απόκρημνων πρανών και με εξάλειψη της έντονης χρωματικής αντίθεσης που υπήρχε, η οποία καθιστούσε την εικόνα της περιοχής αποκρουστική και να ξεχωρίζει έντονα από το ευρύτερο τοπίο.

Στις παρακάτω δορυφορικές εικόνες αποτυπώνονται όλα τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στην περιοχή του μεταλλείου και των αποθέσεων.



Εικόνα 39: Δορυφορική απεικόνιση της περιοχής του αμιαντορυχείου πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 40: Δορυφορική απεικόνιση της περιοχής του αμιαντορυχείου μετά την αποκατάσταση.



Εικόνα 41: Δορυφορική απεικόνιση του μεταλλείου πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 42: Δορυφορική απεικόνιση του μεταλλείου μετά την αποκατάσταση.



Εικόνα 43: Δορυφορική απεικόνιση των αποθέσεων πριν την αποκατάσταση.



Εικόνα 44: Δορυφορική απεικόνιση των αποθέσεων μετά την αποκατάσταση.

10.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την αξιολόγηση της φυτοτεχνικής αποκατάστασης του αμιαντορυχείου ΜΑΒΕ, έγινε επιτόπια έρευνα στην περιοχή και ελήφθησαν στοιχεία υπαίθρου από 15 τυχαίες και αντιπροσωπευτικές δειγματοληπτικές επιφάνειες, σε διάφορες περιοχές της υπό μελέτη περιοχής. Από τις 15 δειγματοληπτικές επιφάνειες, οι 10 ήταν κεκλιμένες από την περιοχή των αποθέσεων και οι 5 ήταν οριζόντιες από τις περιοχές των οριζόντιων επιφανειών του αμιαντορυχείου. Οι διαστάσεις των δειγματοληπτικών επιφανειών ήταν 10m x 10m, δηλαδή 100m² η κάθε μια. Σε κάθε επιφάνεια μετρήθηκαν όλα τα άτομα κάθε δασοπονικού είδους που φυτεύτηκαν, πόσα επιβίωσαν και πόσα ξεράθηκαν από κάθε είδος. Η πορεία των μετρήσεων ακολούθησε τις γραμμές της δενδροφύτευσης.



Εικόνα 45: Μετρήσεις σε οριζόντιες επιφάνειες.



Εικόνα 46: Μετρήσεις σε κεκλιμένες επιφάνειες.

Στη συνέχεια έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η στατιστική ανάλυση έγινε ξεχωριστά για τις κεκλιμένες και τις οριζόντιες επιφάνειες, αλλά και συνολικά. Υπολογίστηκε το ποσοστό επιβίωσης κάθε είδους σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια και στη συνέχεια ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους, καθώς και η τυπική απόκλιση. Έγιναν διαγράμματα για το ποσοστό επιβίωσης κάθε είδους σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια, για το μέσο όρο του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και για την αποτύπωση της τυπικής απόκλισης.

10.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για να προσδιοριστεί ποια δασοπονικά είδη είναι κατάλληλα για φύτευση στην περιοχή ανεξάρτητα από την φυτοτεχνική μελέτη, έγιναν δοκιμαστικές φυτεύσεις δασοπονικών ειδών και ανάλογα με την εξέλιξή τους αποφασίστηκε αν θα χρησιμοποιηθούν στην αποκατάσταση. Λόγω της τοξικότητας που υπήρχε στην περιοχή από την παρουσία του αμιάντου και της έλλειψης αφθονίας θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, προτιμήθηκαν είδη ανθεκτικά, ολιγαρκή δηλαδή με μικρές απαιτήσεις για την ανάπτυξή τους. Επίσης, λόγω της παρουσίας συνεχών διαβρώσεων και κατολισθήσεων στην περιοχή επιλέχτηκαν είδη ταχυαυξή, ώστε να αναπτυχθούν γρήγορα, τόσο η κόμη τους όσο και το ριζικό τους σύστημα, με σκοπό τη μείωση της επιφανειακής απορροής του νερού και τη συγκράτηση των εδαφών. Σημαντική είναι η μαρτυρία του εργοδηγού του έργου της αποκατάστασης, ότι έγιναν εκτεταμένες φυτεύσεις ακακίας σε κοντινές αποστάσεις στο χώρο των αποθέσεων, όπου υπήρχαν οι μεγαλύτερες κλίσεις, για να περιοριστούν τα φαινόμενα διάβρωσης και κατολισθήσεων.



Εικόνα 47: Εκτεταμένη φύτευση ακακίας στις αποθέσεις.

Εξαιτίας των παραπάνω παραγόντων, τα κύρια δασοπονικά είδη που βρέθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό στην περιοχή, ήταν τα είδη *Robinia pseudoacacia* (ακακία), *Pinus nigra* (πεύκη), *Cupressus sempervirens* (μεσογειακό κυπαρίσσι), και *Cupressus arizonica* (κυπαρίσσι Αριζόνας). Στις κεκλιμένες

επιφάνειες βρέθηκαν η ακακία και η πεύκη, στις οριζόντιες το κυπαρίσσι Αριζόνας και το μεσογειακό κυπαρίσσι και στις δύο. Τα υπόλοιπα είδη που βρέθηκαν στην περιοχή ήταν σε μικρό ποσοστό. Αυτό διαπιστώθηκε και από την επιτόπια έρευνα στην περιοχή και συγκεκριμένα στις δειγματοληπτικές επιφάνειες, όπου η παρουσία των υπόλοιπων ειδών ήταν μεμονωμένη.

Έτσι κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί το ποσοστό επιβίωσης των τεσσάρων αυτών κύριων ειδών.



Εικόνα 48: Παρουσία ακακίας και πεύκης στις κεκλιμένες επιφάνειες.



Εικόνα 49: Παρουσία μεσογειακού κυπαρίσσιου στις κεκλιμένες επιφάνειες.



Εικόνα 50: Παρουσία μεσογειακού κυπαρισσιού και κυπαρισσιού Αριζόνας στις οριζόντιες επιφάνειες.

Η κατάσταση της βλάστησης ήταν σε πολύ καλό επίπεδο, το ίδιο και η ζωτικότητα των δασοπονικών ειδών, τα οποία είχαν ένα ικανοποιητικό μέγεθος κόμης. Ο βαθμός συγκόμωσης της βλάστησης ήταν υψηλός εκτός από κάποια κομμάτια στην περιοχή των αποθέσεων. Στην εικόνα 52, στο βάθος διακρίνονται οι επιφάνειες που έχουν πρόβλημα πυκνότητας της βλάστησης.



Εικόνα 51: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή των αποθέσεων.



Εικόνα 52: Άποψη της βλάστησης στην περιοχή των αποθέσεων.

Τέλος, στην περιοχή παρατηρήθηκαν φαινόμενα διάβρωσης σε ορισμένα μεμονωμένα σημεία των κεκλιμένων επιφανειών (αποθέσεις). Στα σημεία αυτά, η απόσταση των δασοπονικών ειδών ήταν σχετικά μεγάλη, γεγονός που οδήγησε στη διάβρωση του εδάφους. Αντίθετα, όπου η βλάστηση ήταν σε κοντινές αποστάσεις, το έδαφος ήταν σε καλή κατάσταση χωρίς παρουσία διάβρωσης. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα φαινόμενα διάβρωσης.



Εικόνα 53: Φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους.



Εικόνα 54: Φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους.

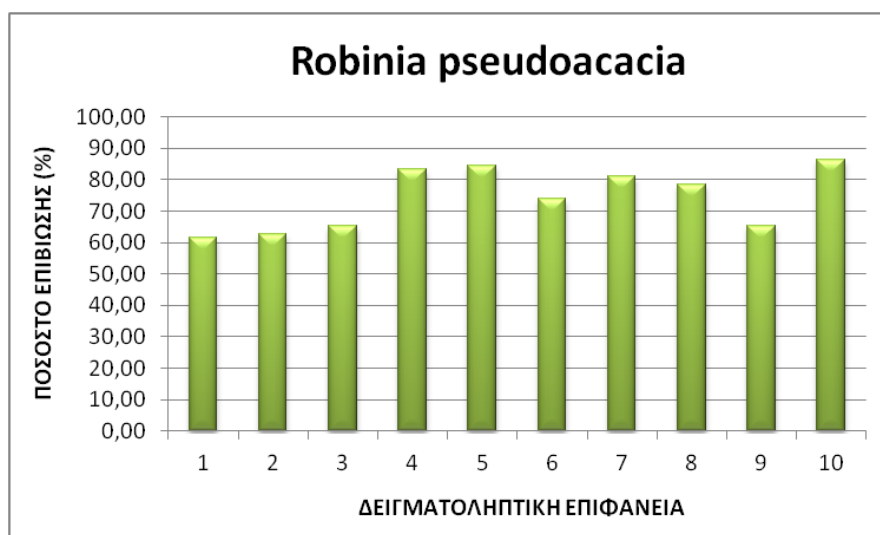
10.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και γίνεται η στατιστική τους ανάλυση. Σε πρώτη φάση παρουσιάζονται τα στοιχεία που βρέθηκαν στις κεκλιμένες επιφάνειες, στη συνέχεια τα στοιχεία των οριζόντιων επιφανειών και τέλος τα στοιχεία συνολικά.

10.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΚΕΚΛΙΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Πίνακας 26: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Robinia pseudoacacia* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Robinia pseudoacacia				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	26	16	10	61,54
2	24	15	9	62,50
3	23	15	8	65,22
4	108	90	18	83,33
5	128	108	20	84,38
6	23	17	6	73,91
7	37	30	7	81,08
8	28	22	6	78,57
9	23	15	8	65,22
10	123	106	17	86,18
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	74,19
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	9,75



Διάγραμμα 1: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Robinia pseudoacacia* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

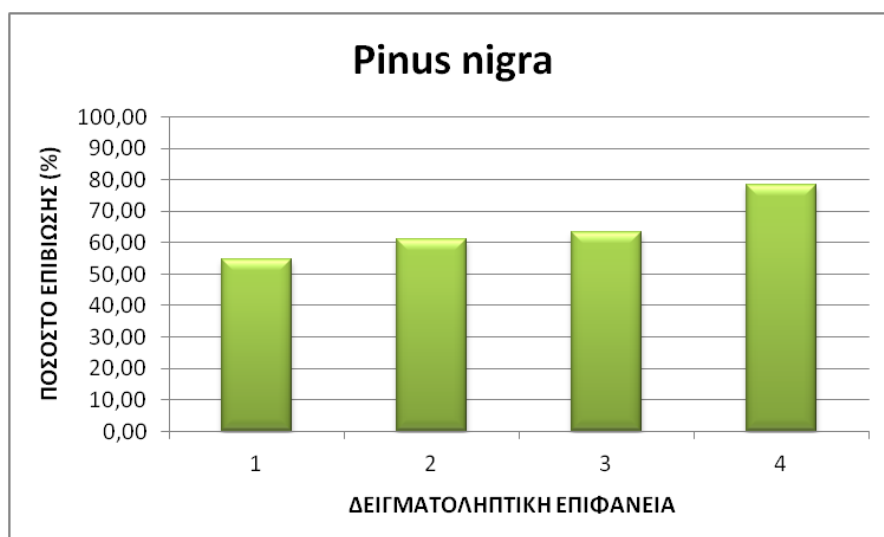
Το δασοπονικό είδος *Robinia pseudoacacia* βρέθηκε σε 10 δειγματοληπτικές επιφάνειες, δηλαδή σε όλες τις κεκλιμένες επιφάνειες που πάρθηκαν. Τα περισσότερα άτομα βρέθηκαν στις επιφάνειες 4, 5, και 10, όπου έχει και το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης. Τα λιγότερα άτομα βρέθηκαν στις επιφάνειες 1, 2, 3 και 9, όπου έχει και το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης για το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε 74,19%, με τυπική απόκλιση 9,75%.



Εικόνα 55: *Robinia pseudoacacia* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Πίνακας 27: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Pinus nigra* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

<i>Pinus nigra</i>				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	22	12	10	54,55
2	18	11	7	61,11
3	19	12	7	63,16
4	23	18	5	78,26
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	64,27
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	10,03



Διάγραμμα 2: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος Pinus nigra στις κεκλιμένες επιφάνειες.

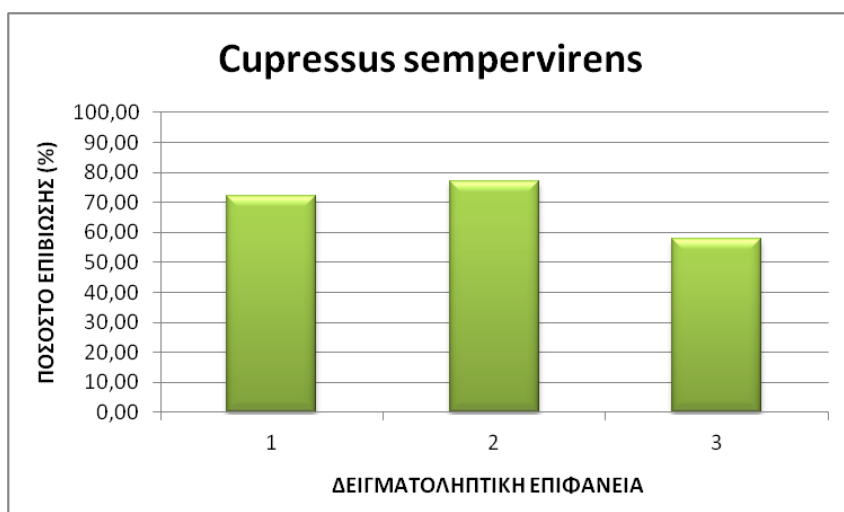
Το δασοπονικό είδος Pinus nigra βρέθηκε σε 4 δειγματοληπτικές επιφάνειες. Η παρουσία της είναι περίπου ίδια σε όλες τις επιφάνειες. Το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης το έχει στην επιφάνεια 4 με 78,26%, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης στην επιφάνεια 1 με 54,55%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης για το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε 64,27%, με τυπική απόκλιση 10,03%.



Εικόνα 56: Pinus nigra στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Πίνακας 28: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος Cupressus sempervirens στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Cupressus sempervirens				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	18	13	5	72,22
2	26	20	6	76,92
3	19	11	8	57,89
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	69,01
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	9,91



Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus sempervirens* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Το δασοπονικό είδος *Cupressus sempervirens* βρέθηκε σε 3 δειγματοληπτικές επιφάνειες. Το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης το έχει στην επιφάνεια 2 με 76,92%, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης στην επιφάνεια 3 με 57,89%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης για το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε 69,01%, με τυπική απόκλιση 9,91%.

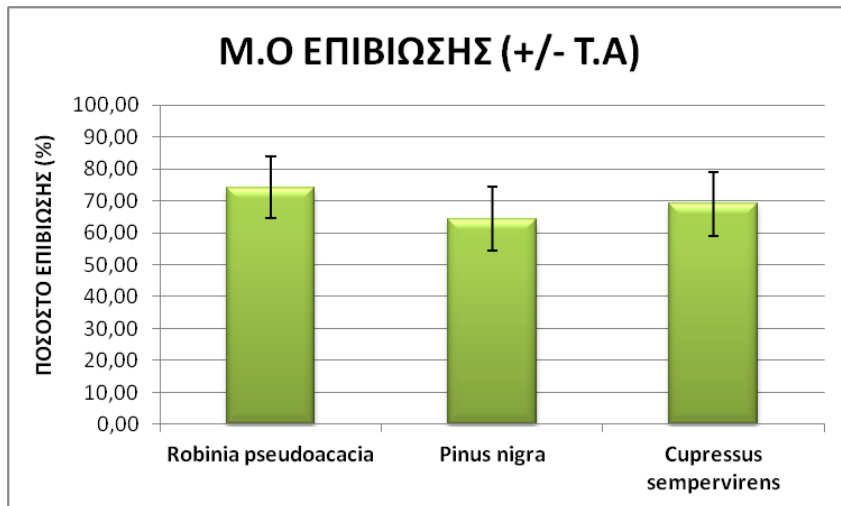


Εικόνα 57: *Cupressus sempervirens* στις κεκλιμένες επιφάνειες.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται σε πίνακα και σε διάγραμμα ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους στις κεκλιμένες επιφάνειες και η αποτύπωση της τυπικής απόκλισης. Η αποτύπωση της τυπικής απόκλισης, γίνεται για να προσδιοριστεί η απόσταση που έχουν τα ποσοστά επιβίωσης κάθε είδους σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια, από τον μέσο όρο του ποσοστού επιβίωσης για κάθε είδος. Έτσι μπορεί να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων για την αξιοπιστία του μέσου όρου του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και για το κατά πόσο αυτός ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης είναι αντιπροσωπευτικός.

Πίνακας 29: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και τυπική απόκλιση στις κεκλιμένες επιφάνειες.

	Robinia pseudoacacia	Pinus nigra	Cupressus sempervirens
Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	74,19	64,27	69,01
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	9,75	10,03	9,91

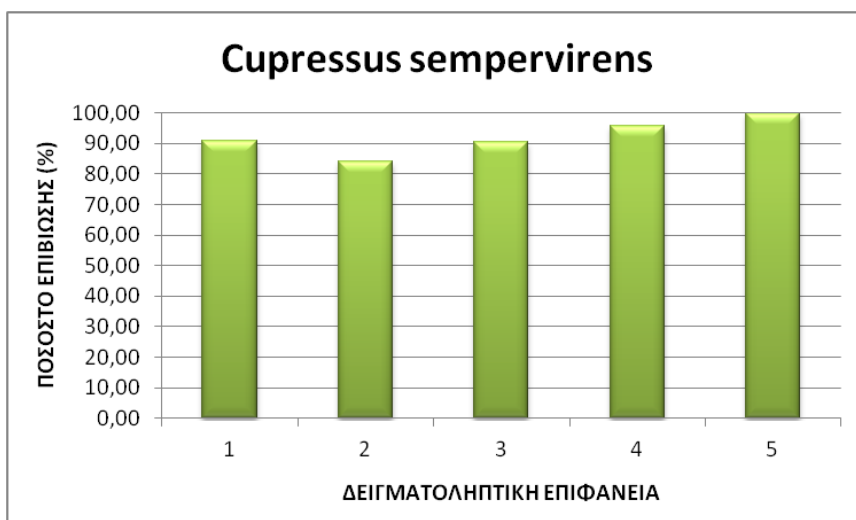


Διάγραμμα 4: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και αποτύπωση τυπικής απόκλισης στις κεκλιμένες επιφάνειες.

10.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Πίνακας 30: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus sempervirens* στις οριζόντιες επιφάνειες.

Cupressus sempervirens				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	22	20	2	90,91
2	19	16	3	84,21
3	21	19	2	90,48
4	24	23	1	95,83
5	19	19	0	100,00
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	92,29
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	5,97



Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus sempervirens* στις οριζόντιες επιφάνειες.

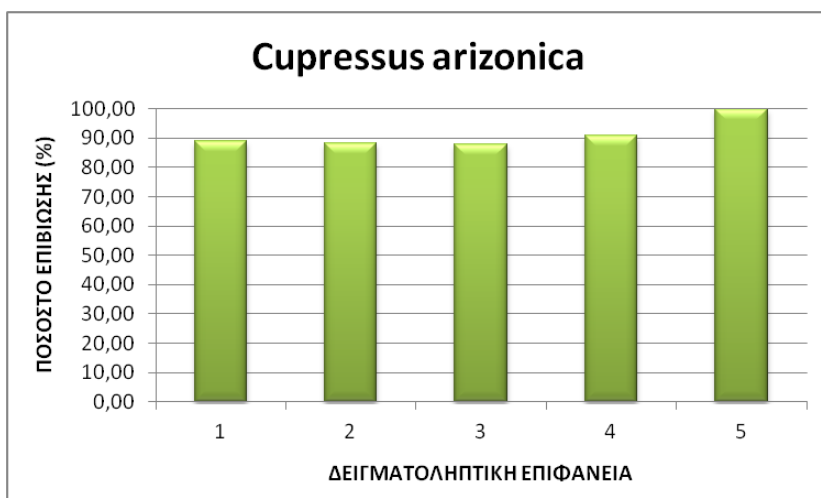
Το δασοπονικό είδος *Cupressus sempervirens* βρέθηκε σε 5 δειγματοληπτικές επιφάνειες, δηλαδή σε όλες τις οριζόντιες επιφάνειες που πάρθηκαν. Η παρουσία του ήταν περίπου ίδια σε όλες τις επιφάνειες. Το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στην επιφάνεια 5 με 100%, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στην επιφάνεια 2 με 84,21%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης για το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε 92,29%, με τυπική απόκλιση 5,97%.



Εικόνα 58: *Cupressus sempervirens* στις οριζόντιες επιφάνειες.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus arizonica* στις οριζόντιες επιφάνειες.

Cupressus arizonica				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	18	16	2	88,89
2	17	15	2	88,24
3	25	22	3	88,00
4	22	20	2	90,91
5	18	18	0	100,00
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	91,21
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	5,05



Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus arizonica* στις οριζόντιες επιφάνειες.

Το δασοπονικό είδος *Cupressus arizonica* βρέθηκε σε 5 δειγματοληπτικές επιφάνειες, δηλαδή σε όλες τις οριζόντιες επιφάνειες που πάρθηκαν. Το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στην επιφάνεια 5 με 100%, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στην επιφάνεια 3 με 88%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης για το συγκεκριμένο είδος βρέθηκε 91,21%, με τυπική απόκλιση 5,05%.

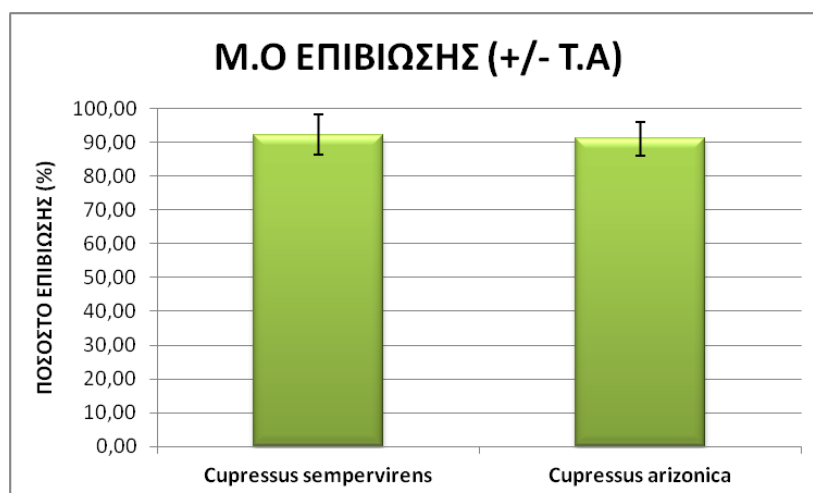


Εικόνα 59: *Cupressus arizonica* στις οριζόντιες επιφάνειες.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται σε πίνακα και σε διάγραμμα ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους στις οριζόντιες επιφάνειες και η αποτύπωση της τυπικής απόκλισης. Η αποτύπωση της τυπικής απόκλισης, γίνεται για να προσδιοριστεί η απόσταση που έχουν τα ποσοστά επιβίωσης κάθε είδους σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια, από τον μέσο όρο του ποσοστού επιβίωσης για κάθε είδος. Έτσι μπορεί να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων για την αξιοπιστία του μέσου όρου του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και για το κατά πόσο αυτός ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης είναι αντιπροσωπευτικός.

Πίνακας 32: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και τυπική απόκλιση στις οριζόντιες επιφάνειες.

	<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressus arizonica</i>
Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	92,29	91,21
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	5,97	5,05



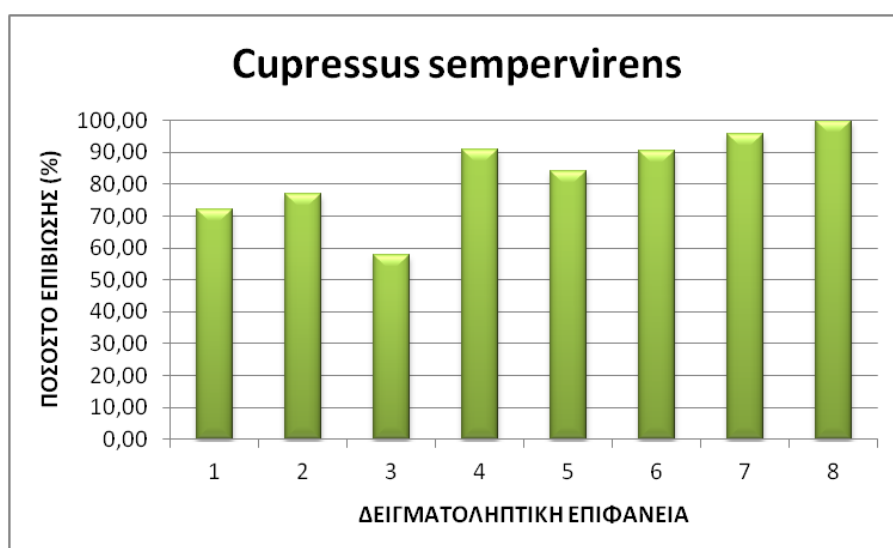
Διάγραμμα 7: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους και αποτύπωση τυπικής απόκλισης στις οριζόντιες επιφάνειες.

10.3.3 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα παρουσιάζεται το ποσοστό επιβίωσης του είδους *Cupressus sempervirens* σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια και στις κεκλιμένες και στις οριζόντιες επιφάνειες και στη συνέχεια παρουσιάζεται ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης κάθε είδους στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες συνολικά.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus sempervirens* στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες.

Cupressus sempervirens				
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	ΕΠΙΒΙΩΣΑΝ	ΞΕΡΑΘΗΚΑΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)
1	18	13	5	72,22
2	26	20	6	76,92
3	19	11	8	57,89
4	22	20	2	90,91
5	19	16	3	84,21
6	21	19	2	90,48
7	24	23	1	95,83
8	19	19	0	100,00
			Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	83,56
			ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	13,91

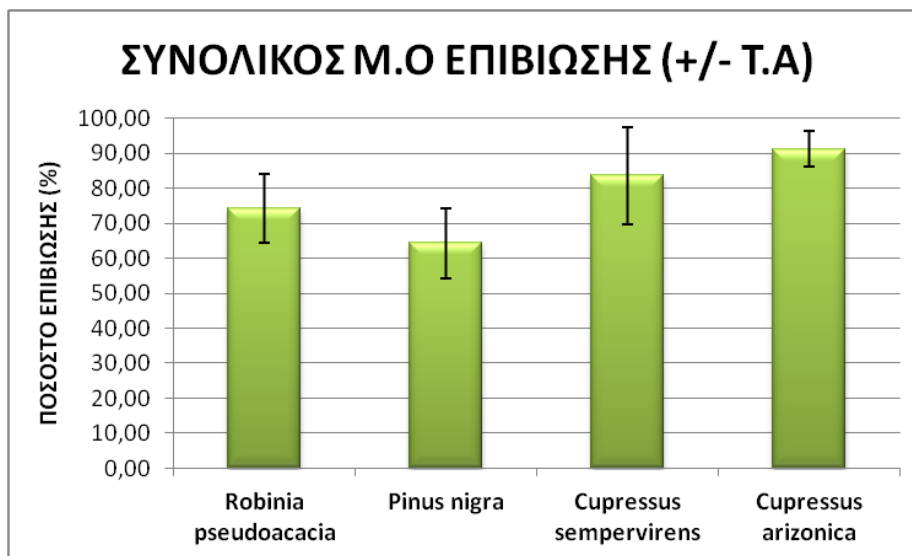


Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα δειγματοληψίας για το είδος *Cupressus sempervirens* στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες.

Παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης για το είδος *Cupressus sempervirens* βρίσκονται στις οριζόντιες δειγματοληπτικές επιφάνειες 4, 5, 6, 7 και 8 και τα μικρότερα στις κεκλιμένες 1, 2 και 3. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες μαζί είναι 83,56% με τυπική απόκλιση 13,91%.

Πίνακας 34: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης και τυπική απόκλιση των ειδών στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες συνολικά.

	Robinia pseudoacacia	Pinus nigra	Cupressus sempervirens	Cupressus arizonica
Μ.Ο ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ (%)	74,19	64,27	83,56	91,21
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	9,75	10,03	13,91	5,05



Διάγραμμα 9: Μέσος όρος ποσοστού επιβίωσης και αποτύπωση τυπικής απόκλισης των ειδών στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες συνολικά.

Συνεπώς, ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης του είδους *Robinia pseudoacacia*, το οποίο βρέθηκε μόνο στις κεκλιμένες επιφάνειες, είναι 74,19% με τυπική απόκλιση 9,75%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης του είδους *Pinus nigra*, το οποίο βρέθηκε μόνο στις κεκλιμένες επιφάνειες, είναι 64,27% με τυπική απόκλιση 10,03%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης του είδους *Cupressus sempervirens*, το οποίο βρέθηκε στις κεκλιμένες και οριζόντιες επιφάνειες, είναι 83,56% με τυπική απόκλιση 13,91%. Ο μέσος όρος του ποσοστού επιβίωσης του είδους *Cupressus arizonica*, το οποίο βρέθηκε μόνο στις οριζόντιες επιφάνειες, είναι 91,21% με τυπική απόκλιση 5,05%.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται εύκολα, ότι το δασοπονικό είδος που έχει τη μεγαλύτερη επιτυχία στην αποκατάσταση των κεκλιμένων επιφανειών (αποθέσεις) είναι η *Robinia pseudoacacia* (ακακία). Έχει ένα ποσοστό επιτυχίας 74,19% το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό, λόγω της σχετικά μικρής τυπικής απόκλισης 9,75%, για το είδος αυτό. Οι αποκλίσεις που υπάρχουν οφείλονται στις διαφορές που υπάρχουν στην ποιότητα τόπου. Συγκεκριμένα, όπου η ποιότητα τόπου είναι καλύτερη για το είδος, έχει και τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. Το ποσοστό επιτυχίας της ακακίας κρίνεται πολύ καλό, αν λάβουμε υπόψιν την παρουσία αμιάντου κάτω από τη φυτική γη. Το είδος είχε γρήγορη ανάπτυξη και ικανοποιητικό μέγεθος κόμης και βαθμό συγκόμησης σε ορισμένα σημεία. Το μεγάλο ποσοστό επιτυχίας της ακακίας ήταν αναμενόμενο,

για το λόγο ότι το είδος δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις, είναι ολιγαρκές και αναπτύσσεται γρήγορα.

Το είδος *Pinus nigra* έχει μικρότερο ποσοστό επιτυχίας από τη ακακία, το οποίο είναι 64,27%. Το ποσοστό είναι αντιπροσωπευτικό, διότι και εδώ η τυπική απόκλιση είναι μικρή (10,03%). Οι αποκλίσεις από το ποσοστό επιτυχίας, οφείλονται και σε αυτή την περίπτωση στις διαφορές μεταξύ των ποιοτήτων τύπου. Υπολείπεται σε ποσοστό επιτυχίας σε σχέση με την ακακία, λόγω του ανταγωνισμού με αυτήν και ότι είναι ημισκιάφυτο είδος. Πάντως το ποσοστό επιτυχίας της κρίνεται ικανοποιητικό, σχετικά με τις συνθήκες της περιοχής. Τα άτομα της πέυκης που επιβίωσαν, έχουν καλή ανάπτυξη, καλό μέγεθος κόμης, πολύ καλή ζωτικότητα και είναι εύρωστα.

Το είδος *Cupressus sempervirens* έχει καλό ποσοστό επιτυχίας 69,01%, σχετικά με την ύπαρξη ανταγωνισμού και τις συνθήκες της περιοχής. Και σε αυτή την περίπτωση, το ποσοστό επιτυχίας είναι αντιπροσωπευτικό, λόγω της μικρής τυπικής απόκλισης (9,91%). Οι αποκλίσεις οφείλονται στις διαφορές ποιοτήτων τύπου. Σε αντίθεση με τα άλλα δυο είδη, όλα τα άτομα του κυπαρισσιού έχουν μικρότερη ανάπτυξη και μέγεθος κόμης. Συνεπώς, οι συνθήκες της περιοχής και ιδιαίτερα η παρουσία του αμιάντου, επηρέασε περισσότερο το συγκεκριμένο είδος, όχι τόσο στο θέμα της επιβίωσης αλλά της ανάπτυξης.

Στις οριζόντιες επιφάνειες, οι οποίες αποκαταστάθηκαν αργότερα, τα είδη *Cupressus sempervirens* και *Cupressus arizonica* έχουν πολύ μεγάλα ποσοστά επιτυχίας 92,29% και 91,21% αντιστοίχα. Τα ποσοστά επιτυχίας είναι πολύ αντιπροσωπευτικά λόγω των μικρών τυπικών αποκλίσεων (5,97% και 5,05%, αντίστοιχα). Τα μεγάλα ποσοστά επιτυχίας και η μη ύπαρξη σημαντικών αποκλίσεων, οφείλονται καθάρα στην ποιότητα τύπου των οριζόντιων επιφανειών, οι οποίες δεν παρουσιάζουν τα προβλήματα της διάβρωσης και της απώλειας εδάφους των κεκλιμένων επιφανειών. Για το λόγο αυτό υπάρχει αυτή η μεγάλη διαφορά μεταξύ του ποσοστού επιτυχίας του *Cupressus sempervirens* στις κεκλιμένες επιφάνειες και του ποσοστού επιτυχίας του στις οριζόντιες. Τα άτομα στις οριζόντιες επιφάνειες έχουν καλή ανάπτυξη.

Με την αποκατάσταση της περιοχής, επετεύχθη ο σκοπός της εξάλειψης της ρύπανσης από αμίαντο στον αέρα και στο νερό. Οι μετρήσεις που έγιναν αποδεικνύουν το γεγονός αυτό.

Διαμορφώθηκε ένα διαφορετικό ανάγλυφο, με ηπιότερες κλίσεις, ώστε να αποφεύγονται οι έντονες διαβρώσεις και κατολισθήσεις. Εξαλείφθηκε η έντονη χρωματική αντίθεση μεταξύ της περιοχής μελέτης και της ευρύτερης περιοχής, που έκανε το τοπίο αποκρουστικό στον επισκέπτη. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι η αισθητική του τοπίου έχει αλλάξει ριζικά προς το καλύτερο.

Συνεπώς, η φυτοτεχνική αποκατάσταση κρίνεται πετυχημένη λόγω των καλών ποσοστών επιτυχίας των δασοπονικών ειδών, της ευρωστίας των ατόμων και της σχετικά καλής τους ανάπτυξης, με εξαίρεση κάποια κομμάτια της περιοχής όπου η βλάστηση είναι πολύ αραιή. Σε αυτές τις περιοχές, προτείνεται να γίνουν επαναληπτικές φυτεύσεις, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αραιής βλάστησης.

Στις περιοχές όπου παρατηρήθηκαν μεμονωμένα φαινόμενα διάβρωσης, λόγω της αραιής φύτευσης της βλάστησης, προτείνεται η κάλυψη με φυτική γη των διαβρώσεων, στερέωση του εδάφους με μηχανικά μέσα ώστε να μην υπάρξουν νέες διαβρώσεις μέχρι να φυτευτεί και να αναπτυχθεί η καινούρια βλάστηση και επαναληπτική φύτευση των σημείων αυτών.

Ο βαθμός επιτυχίας της φυτοτεχνικής αποκατάστασης θα ήταν ακόμα μεγαλύτερος, αν μετά τη διάσπρωση της φυτικής γης και πριν τη φύτευση των

δασοπονικών ειδών, γινόταν στερέωση του εδάφους μηχανικά (γεωύφασμα). Το έδαφος θα είχε σταθεροποιηθεί και μετά από κάποιο διάστημα θα ήταν έτοιμο να δεχτεί τα δασοπονικά είδη, χωρίς να υπάρχουν προβλήματα διάβρωσης και απώλειας εδάφους, τα οποία επηρεάζουν το ποσοστό επιβίωσης των ειδών. Βέβαια, η εφαρμογή του σχεδίου αυτού θα ανέβαζε κατά πολύ το κόστος της αποκατάστασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

- Αθανασιάδης, Ν. (1985). Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης.
- Αθανασιάδης, Ν. (1986). Δασική Βοτανική ΙΙ. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης.
- Αλιφραγκής, Δ. (2008). Το Έδαφος Γένεση-Ιδιότητες-Ταξινόμηση. Θεσσαλονίκη: Αιβάζης.
- Ισπικούδης, Ι. (1981). Αποκατάσταση και Αξιοποίηση Διαταραγμένων Μεταλλευτικών Χώρων. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ισπικούδης, Ι. (2001). Αποκατάσταση Λατομικών Χώρων. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ισπικούδης, Ι. (2010). Προστασία και Διαμόρφωση Λιβαδικού Τοπίου. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ισπικούδης Ι., Κούκουρα Ζ. (1992). Ο Πολλαπλός Ρόλος των Θάμνων στα Μεσογειακά Οικοσυστήματα και Τοπία. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ισπικούδης Ι., Χουβαρδός Δ., Κουράκλη Π. (2003). Οπτική Ανάλυση και Αξιολόγηση του Τοπίου της Περιοχής του Βενέτικου Ποταμού. 11^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο "Δασική Πολιτική-Πρεμνοφυή Δάση-Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος". Αρχαία Ολυμπία, 30 Σεπτεμβρίου-2 Οκτωβρίου 2003, σελ. 559-565.
- Κούκουρα Ζ., Ισπικούδης Ι. (1996). Χρησιμοποίηση Ειδών της Οικογένειας των Ψυχανθών (Papilionaceae, Fabaceae) σε Εργασίες Αποκατάστασης Λατομείων. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μουλόπουλος, Χ. (1964). Μαθήματα Δασοκομικής Ι. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μπρόφας, Γ. (1987). Έρευνα για την Αποκατάσταση του Τοπίου στον Λατομικό Χώρο Πεντέλης. Δασική Έρευνα.
- Μπρόφας, Γ. (1989). Προστασία του Περιβάλλοντος στη Μεταλλευτική στη Μεταλλουργία και στην Τεχνολογία Υλικών. Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών. Αθήνα: Ε.Μ.Π.
- Μπρόφας, Γ. (1998). Επίδραση του Βάθους Εδάφους στην Επιβίωση και Ανάπτυξη της Χαλεπίου Πεύκης σε Βαθμίδες Λατομείου στην Περιοχή Δράκειας Ν. Μαγνησίας. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου. Αγρίνιο, 27-30 Μαΐου 1998, σελ. 419-429.
- Μπρόφας Γ., Ανδρέου Γ., Βαρελίδης Κ., Μάντακας Γ. (2000). Η Επίδραση του Συνθετικού Πολυμερούς Stockosorb στην Επιβίωση της Ελάτης και Μαύρης Πεύκης σε Φυτεύσεις Αποθέσεων Στείρων Ασβεστολιθικών Υλικών από Εκμεταλλεύσεις Βωξίτη. 3ο Συνέδριο Ορυκτού πλούτου. Αθήνα, 22-24 Νοεμβρίου 2000, σελ. 243-246.
- Ντάφης, Σ. (1973). Ταξινόμηση της Δασικής Βλαστήσεως της Ελλάδος. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ντάφης, Σ. (1986). Δασική Οικολογία. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης.
- Ντάφης, Σ. (2010). Τα Δάση της Ελλάδας. Αθήνα: Μουσείο Γουλιανδρή Φυσικής Ιστορίας.

- Παπαμίχος, Ν. (1996). Δασικά Εδάφη. Θεσσαλονίκη: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Τσιουβάρας, Κ. (2006). Αποκατάσταση Διαταραγμένων Εκτάσεων. Πρακτικά Ημερίδας "Ενεργειακή Αξιοποίηση και Θερμική Επεξεργασία Στερεών και Υγρών Αποβλήτων". Θεσσαλονίκη, 15 Δεκεμβρίου, σελ. 44-53.
- Χατζηστάθης Α. & Ισπικουδης Ι. (1995). Προστασία της Φύσης και Αρχιτεκτονική Τοπίου. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης.
- Χατζηστάθης Α. & Ντάφη Σ. (1989). Αναδασώσεις Δασικά Φυτώρια. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης.