



ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΛΑΥΡΙΟΥ



SOIL REHABILITATION IN THE MUNICIPALITY OF LAVRION



ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο «Αποκατάσταση Εδάφους στο Δήμο Λαυρίου» με προϋπολογισμό 1.362.910,54 ECU χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα LIFE της Ενδέκατης Διεύθυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Αριθμός σύμβασης: 93/GR/A14/GR/4576) και το Ελληνικό Δημόσιο (Δήμος Λαυρεωτικής, Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας).

Οι κύριοι στόχοι του έργου είναι:

- Ο προσδιορισμός της υπάρχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος στην ευρύτερη αστική περιοχή του Λαυρίου, εστιάζοντας κυρίως στη ρύπανση του εδάφους από μόλυβδο και άλλα τοξικά στοιχεία.
- Ο προσδιορισμός των κυριότερων πηγών ρύπανσης της περιοχής.
- Η επιλογή και εφαρμογή μεθόδων, οι οποίες θα αποτρέψουν την περαιτέρω ρύπανση των εδαφών μέσω της εφαρμογής προληπτικών μέτρων στις πηγές της ρύπανσης.
- Η επιλογή και εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης για την εξυγίανση ή αδρανοποίηση των ρυπασμένων εδαφών και
- Η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου περιβαλλοντικής διαχείρισης της ευρύτερης αστικής περιοχής του Λαυρίου.

ΦΟΡΕΙΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Ανάδοχος του έργου:	Δήμος Λαυρεωτικής
Διαχείριση του Έργου:	Εταιρεία PRISMA
Επιστημονικοί εταίροι:	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)
Συντονιστής του Έργου:	Νίκος Βαρελίδης
Επιστημονική ομάδα έργου	
ΙΓΜΕ:	Αλέξανδρος Δημητριάδης, Πηνελόπη Σταυράκη, Αικατερίνη Βέργου και Ευριπίδης Βασιλειάδης
ΕΜΠ:	Ιωάννης Πασπαλιάρης, Νυμφοδόρα Παπασιώπη, Παναγιώτης Θεοδωράτος και Στέλιος Ταμπούρης
PRISMA:	Νίκος Βαρελίδης, Τζούλια Δροσινού, Γεώργιος Μπρόφας και Αλεξάνδρα Ζαμάνη
Συνεργαζόμενοι Επιστήμονες:	Νίκος Βλαχογιάννης και Βασίλης Μακρόπουλος
Εμπειρογνώμονες:	British Geological Survey, Ηνωμένο Βασίλειο Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, Ηνωμένο Βασίλειο Knight, Piesold & Partners, Ηνωμένο Βασίλειο Νίκος Νικολαΐδης, University of Connecticut, Η.Π.Α.

Όλοι οι συμμετέχοντες Φορείς και ερευνητές του έργου εκφράζουν την ευγνωμοσύνη τους στον αείμνηστο καθηγητή του ΕΜΠ, Αντώνη Κοντόπουλο, για την ανεκτίμητη συμβολή του στην υλοποίηση του έργου.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Δήμος Λαυρεωτικής, με κέντρο την πόλη του Λαυρίου, καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα της Λαυρεωτικής χερσονήσου, η οποία βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο του Νομού Αττικής.

Σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα είναι βέβαιο, ότι η εξαγωγή του πολύτιμου ορυκτού, του αργυρούχου γαληνίτη, το οποίο τροφοδότησε οικονομικά όλους τους μεγάλους πολιτισμούς που άνθισαν στο αρχαίο Αιγαίο, άρχισε περίπου στα 3500 π.Χ. Στα τέλη του 2ου π.Χ. αιώνα τα μεταλλεία έκλεισαν.

Ο Ανδρέας Κορδέλας το 1860, ήταν ο πρώτος που διέβλεψε την προοπτική της εκμετάλλευσης των αρχαίων σκουριών και εκβολάδων, οι οποίες ανέρχονταν σε πολλά εκατομμύρια τόνους. Η νεότερη ιστορία της εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων άρχισε το 1864 όταν ο Ιταλός Σερπιέρη ίδρυσε στη θέση "Εργαστήρι", στο λιμάνι του Λαυρίου, τη μεταλλουργική εταιρεία Roux Serpieri Fressynet C.A. Έτσι δημιουργήθηκε η πρώτη μεταλλουργική βιομηχανία με καμίνους τύπου καστιλλάνου, μικρά πλυντήρια, μηχανουργία και σιδηρόδρομο. Το 1865 άρχισε πάλι η παραγωγή αργυρούχου μολύβδου από την επεξεργασία των αρχαίων σκουριών και εκβολάδων και μετά από δύο χρόνια ακολούθησαν νέες εξορύξεις.

Το 1873 η Roux Serpieri Fressynet C.A. αγοράστηκε από τον εκπρόσωπο της Τράπεζας Κωνσταντινουπόλεως Ανδρέα Συγγρό και μετονομάστηκε σε Εταιρεία των Μεταλλουργιών Λαυρίου. Το 1876 ο Σερπιέρη ίδρυσε στη θέση "Κυπριανός", μία μεγαλύτερης δυναμικότητας εταιρεία, τη Γαλλική Εταιρεία Μεταλλείων Λαυρίου, στην οποία γινόταν κατεργασία θειούχων κ.ά. μεταλλευμάτων, όπως σφαλερίτη, σιδηροπυρίτη, γαληνίτη, κερουσίτη και σμιθσονίτη. Τα κύρια κέντρα εξόρυξης ήταν στην Καμάριζα-Σούριζα-Πλάκα. Με όλα αυτά το Λαύριο αναβίωσε και έγινε ένα από τα σπουδαιότερα μεταλλευτικά-μεταλλουργικά κέντρα στην Ευρώπη.

Η Καμάριζα (ο σημερινός Άγιος Κωνσταντίνος) ήταν το κέντρο των μεταλλευτικών εργασιών, όχι μόνο στην αρχαιότητα, αλλά και στα νεότερα χρόνια. Εδώ κατασκευάστηκε το 1869 η πρώτη υπόγεια σήραγγα για να περάσει η πρώτη σιδηροδρομική γραμμή της Ελλάδας, που μετέφερε τα μεταλλεύματα στο λιμάνι του Λαυρίου.

Οι συνθήκες εργασίας και διαβίωσης των μεταλλωρύχων ήταν ιδιαίτερα σκληρές. Γι' αυτό το λόγο έγιναν αλλεπάλληλες απεργίες των εργατών για διεκδίκηση καλύτερων συνθηκών εργασίας. Τα "Λαυρεωτικά" αποτελούν μια κορυφαία στιγμή για το σύγχρονο εργατικό κίνημα στη χώρα μας, που δίνουν μία ιδιαίτερη αξία στην πόλη του Λαυρίου.

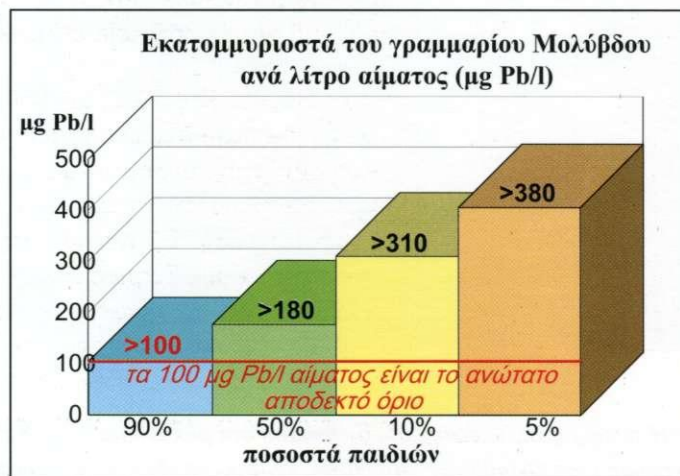
Το 1977 έκλεισαν οριστικά τα μεταλλεία και το 1989 η μεταλλουργία. Το 1992 οι εγκαταστάσεις της Γαλλικής εταιρείας αγοράστηκαν από το Ελληνικό Κράτος, με σκοπό τη δημιουργία ενός Τεχνολογικού - Πολιτιστικού Πάρκου, εγχείρημα που το ανέλαβε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Το πρόβλημα και οι συνέπειες της ρύπανσης στην περιοχή του Λαυρίου επισημάνθηκαν αρχικά με επιδημιολογικές έρευνες κατά τη δεκαετία του '80, οι οποίες κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι τα παιδιά προσχολικής και σχολικής ηλικίας της περιοχής έχουν σημαντικό πρόβλημα μόλυβδωσης. Ο οργανισμός τους περιέχει, επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού. Η τελευταία επιδημιολογική έρευνα, που έγινε το 1988 σε 235 παιδιά του Λαυρίου, έδειξε ότι:

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΣΤΟ ΑΙΜΑ

- Το 90% των παιδιών έχουν περισσότερο από 100 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μολύβδου ανά λίτρο αίματος.
- Το 50% έχουν περισσότερο από 180 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μολύβδου ανά λίτρο αίματος.
- 10% έχουν περισσότερο από 310 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μολύβδου ανά λίτρο αίματος.
- Ενώ το 5% έχουν περισσότερο από 380 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μολύβδου ανά λίτρο αίματος.

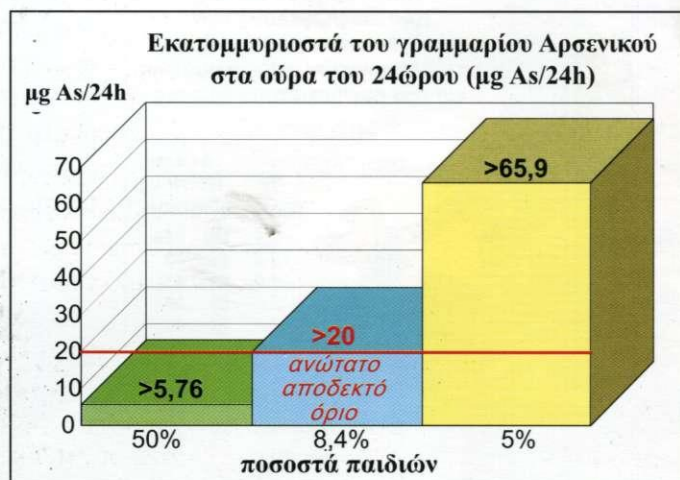


Στατιστικό δείγμα: 235 παιδιά

ΑΝΩΤΑΤΟ ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΟΡΙΟ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΣΤΟ ΑΙΜΑ ΠΑΙΔΙΩΝ: 100 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου μολύβδου ανά λίτρο αίματος

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥ ΣΤΑ ΟΥΡΑ

- Το 8,4% των παιδιών έχουν περισσότερο από 20 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου αρσενικού στα ούρα του 24ώρου.
- Ενώ το 5% έχουν περισσότερο από 65,9 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου αρσενικού στα ούρα του 24ώρου.



Στατιστικό δείγμα: 235 παιδιά

ΑΝΩΤΑΤΟ ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΟΡΙΟ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥ ΣΤΟ ΑΙΜΑ ΠΑΙΔΙΩΝ: 20 εκατομμυριοστά του γραμμαρίου αρσενικού στα ούρα του 24ώρου

Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών έδειξαν, ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων μολύβδου στο αίμα των παιδιών και των σύνθετων νοητικών λειτουργιών, δηλαδή του δείκτη νοημοσύνης και του λεκτικού νοητικού πηλίκου. Επίσης, οι ιατρικές έρευνες εντόπισαν συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων του μολύβδου στο αίμα των παιδιών και σχετική μείωση της ανάπτυξής τους, όσον αφορά την περιφέρεια του κρανίου και του στήθους.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η γεωγραφική κατανομή της ρύπανσης, σε σχέση με τα μεταλλουργικά απορρίμματα, χαρτογραφήθηκε λεπτομερώς από το ΙΓΜΕ. Τα μεταλλουργικά απορρίμματα, που αποτελούν την κύρια πηγή ρύπανσης μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

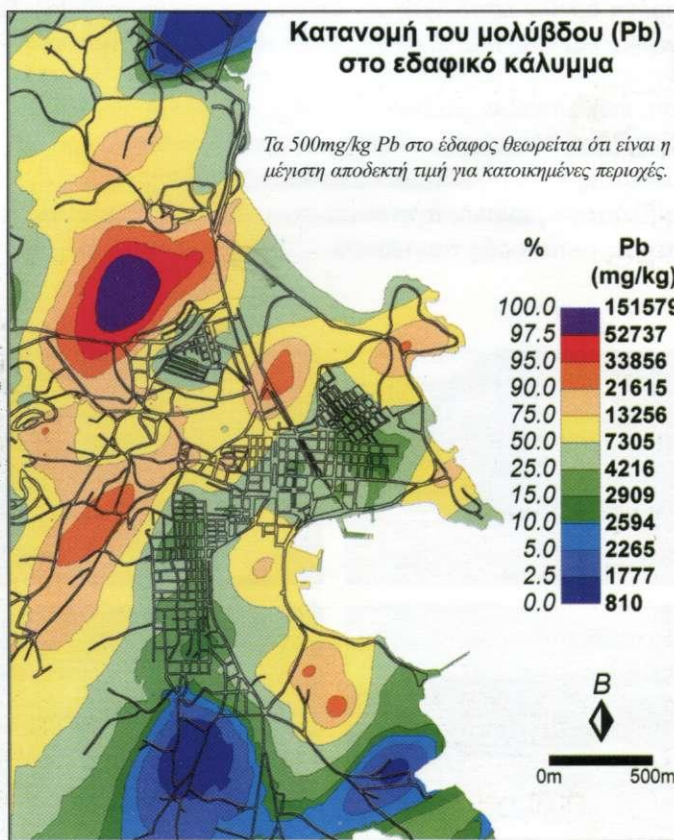
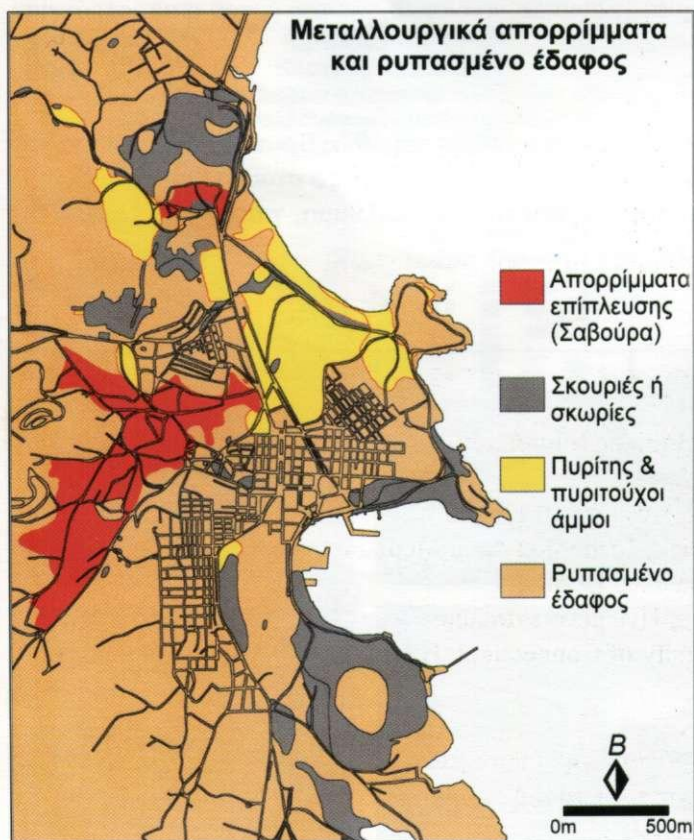
Τα **απορρίμματα επίπλευσης** του μεταλλεύματος, που ονομάζονται από τους κατοίκους του Λαυρίου “σαβούρα”, κατέχουν τη μεγαλύτερη έκταση. Εκτείνονται από το εργοστάσιο της Αλάκο, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της “Πράσινης Αλεπούς”, το χώρο με τις αθλητικές εγκαταστάσεις, το Ορυκτολογικό Μουσείο, το Γυμνάσιο-Λύκειο και φθάνουν μέχρι σχεδόν το εργοστάσιο της Γαλλικής Εταιρείας. Περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων, όπως μόλυβδο, κάδμιο, αρσενικό, αντιμόνιο κ.ά.. Η “σαβούρα” θεωρείται το πλέον επικίνδυνο μεταλλουργικό απόρριμμα, δεδομένου ότι ένα μεγάλο τμήμα της πόλης του Λαυρίου είναι κτισμένο πάνω σ’ αυτή και ο τοπικός πληθυσμός και κυρίως τα παιδιά, έρχονται σε άμεση επαφή με το ρυπασμένο αυτό υλικό.

Οι **σιδηροπυρίτες** είναι απορρίμματα του εμπλουτισμού του μεταλλεύματος. Ο σιδηροπυρίτης, εκτός από τις συγκεντρώσεις των τοξικών στοιχείων που περιέχει, οξειδώνεται με την επίδραση του αέρα και της βροχής και δημιουργεί όξινη απορροή, δηλαδή τα νερά που έρχονται σε επαφή μαζί του είναι όξινα και ιδιαίτερα ρυπασμένα. Οι σιδηροπυρίτες βρίσκονται κυρίως στην παραλία του κόλπου του Θορικού και τον Καβοδόκανο.

Οι **σκωρίες** ή κοινώς **σκουριές** είναι τα απορρίμματα από τη τήξη του μεταλλεύματος για την παραγωγή του αργυρούχου μολύβδου. Βρίσκονται γύρω από φυσικούς λόφους στο νότιο και βόρειο τμήμα του Λαυρίου, στις παραλίες και έχουν χρησιμοποιηθεί ως υλικό επίστρωσης δρόμων κ.ά.

Η μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν τα μεταλλουργικά απορρίμματα, η συνεχής μεταφορά τους από μία θέση σε άλλη και η χρησιμοποίησή τους από τους κατοίκους, καθώς και η μεταφορά του λεπτόκοκκου υλικού αυτών από τους δυνατούς ανέμους που πνέουν στην περιοχή, έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του εδάφους.

Γι’ αυτούς τους λόγους σήμερα το έδαφος της αστικής και ευρύτερης περιοχής του Λαυρίου είναι στο σύνολό του ρυπασμένο.



ΠΙΛΟΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στο Εργαστήριο του ΕΜΠ εξετάστηκαν διάφορες τεχνολογίες αποκατάστασης και οι αποτελεσματικότερες εφαρμόστηκαν, σε επιδεικτική κλίμακα, στις ακόλουθες επιλεγμένες θέσεις:

Τοποθεσίες Επεμβάσεων

1. Στη θέση “Καβοδόκανος”, για την αδρανοποίηση των σιδηροπυριτών ή των θειούχων απορριμμάτων
2. Στη θέση “Νεράκι”, για τη σταθεροποίηση της σαβούρας ή των οξειδωμένων-ανθρακικών απορριμμάτων

Περιγραφή

Στη θέση “Καβοδόκανος”: Η περιοχή εξομαλύνθηκε και χωρίστηκε σε 4 ίσα επίπεδα τμήματα. Το ένα διατηρήθηκε ως περιοχή ελέγχου και καλύφθηκε μόνο με έδαφος. Οι υπόλοιπες καλύφθηκαν με:

- συνθετική γεωμεμβράνη,
- συμπιεσμένη άργιλο και
- ασβεστολιθικό υλικό.

Με ειδικά λυσίμετρα ελεγχόταν η περισυλλογή των νερών από τις δεξαμενές ογκομέτρησης και δειγματοληψίας.

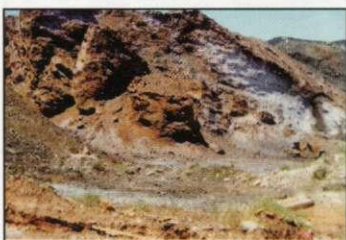
Στη θέση “Νεράκι”: Χρησιμοποιήθηκαν 5 διαφορετικά μίγματα οργανικών και ανόργανων υλικών για να επιτευχθεί ταυτόχρονα η χημική σταθεροποίηση των ρύπων και η ανάπτυξη φυτοκαλύμματος:

- φωσφορικό λίπασμα και compost
- ιπτάμενη τέφρα και compost
- βιολογική λάσπη και ιπτάμενη τέφρα
- βιολογική λάσπη και φωσφορικό λίπασμα
- βιολογική λάσπη

Αποτελεσματικότητα

Στη θέση “Καβοδόκανος”: Οι πιλοτικές εργασίες ολοκληρώθηκαν τον Οκτώβριο του 1996 και από τότε το έργο βρίσκεται υπό συνεχή παρακολούθηση. Στην περιοχή ελέγχου παρατηρείται από τον Ιανουάριο του '98 συνεχής αποστράγγιση νερών. Η ποσότητα του συλλεχθέντος νερού αντιστοιχεί περίπου σε 21 κυβικά μέτρα το χρόνο ανά στρέμμα και η επιβάρυνσή του σε ρύπους είναι εξαιρετικά υψηλή. Η κάλυψη των σιδηροπυριτών με συνθετική γεωμεμβράνη και συμπιεσμένη άργιλο αποδείχτηκαν αποτελεσματικές τεχνικές. Στα δύομισι χρόνια παρακολούθησης του έργου η αποστράγγιση νερών και στις δύο περιοχές είναι ουσιαστικά μηδενική.

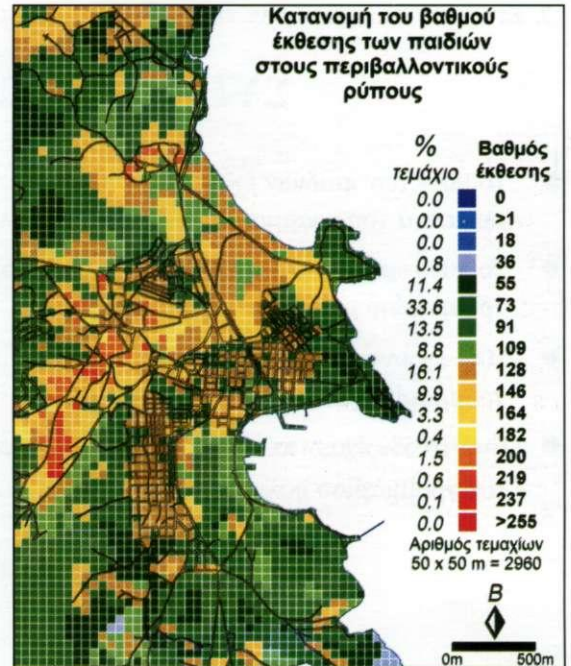
Στη θέση “Νεράκι”: Οι εργασίες φυτοκάλυψης πραγματοποιήθηκαν τον Δεκέμβριο του '97. Βρισκόμαστε σήμερα στο μέσο της δεύτερης περιόδου ανάπτυξης. Η περιοχή ελέγχου έχει μείνει τελείως γυμνή, ενώ στις 5 σταθεροποιημένες ζώνες η βλάστηση αναπαράγεται με επιτυχία, δημιουργώντας το απαραίτητο προστατευτικό κάλυμμα, για την καταστολή της αέριας μεταφοράς του υλικού.



ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

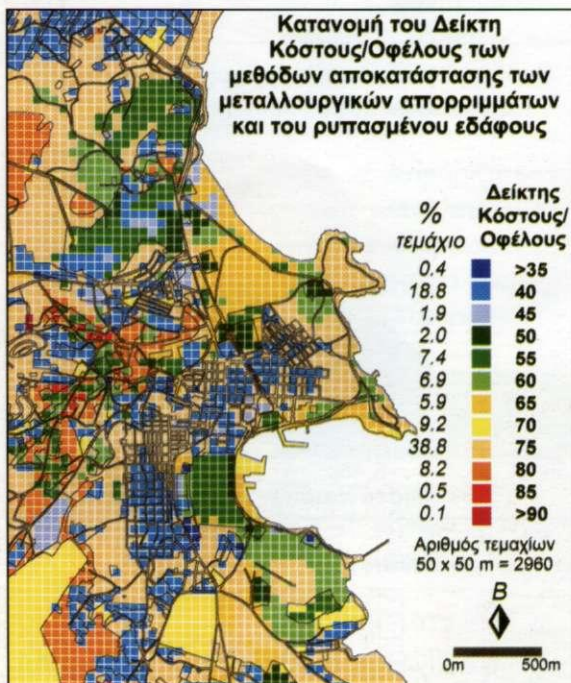
Η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου περιβαλλοντικής διαχείρισης της ευρύτερης αστικής περιοχής του Λαυρίου αποτελεί το στόχο της όλης μελέτης και για την επίτευξη αυτού χρησιμοποιήθηκαν όλα τα στοιχεία (γεωχημικά δεδομένα, χάρτης μεταλλουργικών απορριμμάτων, χάρτης χρήσης γης, χάρτης εκτίμησης της επικινδυνότητας και του βαθμού έκθεσης των παιδιών, πιλοτικές εφαρμογές τεχνικών αποκατάστασης κ.ά.), που προέκυψαν από την υλοποίηση του έργου.

Ο χάρτης εκτίμησης του βαθμού έκθεσης⁽¹⁾ των παιδιών στις διάφορες πηγές ρύπανσης, απεικονίζει τη διαβάθμιση της επικινδυνότητας στην αστική περιοχή του Λαυρίου.



⁽¹⁾ Η εκτίμηση της έκθεσης του ανθρώπου στη ρύπανση καθορίζεται από τη συγκέντρωση ενός ρύπου (π.χ. στον αέρα, έδαφος, νερό) και τη διαθέσιμη για κατάποση, εισπνοή ή απορρόφηση από το δέρμα ποσότητα.

Αξιοποιώντας τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις πραγματοποιηθείσες εργασίες και λαμβάνοντας υπόψη την αποτελεσματικότητα και το κόστος των εναλλακτικών τεχνολογιών αποκατάστασης, μπορεί να αρχίσει άμεσα ο προγραμματισμός και η σταδιακή υλοποίηση των έργων εξυγίανσης της περιοχής.



Ο χάρτης δείχνει την κατανομή του δείκτη κόστους/οφέλους των μεθόδων αποκατάστασης της αστικής περιοχής του Λαυρίου. Για την κατασκευή αυτού του χάρτη χρησιμοποιήθηκε ο βαθμός έκθεσης των παιδιών στους περιβαλλοντικούς ρύπους και άλλοι παράμετροι, δεδομένου ότι το ζητούμενο είναι η αποκατάσταση του περιβάλλοντος με τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η έκθεση των παιδιών στα τοξικά απορρίμματα της μεταλλουργίας και το ρυπασμένο έδαφος.

Διευκρινίζεται, ότι όσο πιο χαμηλή είναι η τιμή του δείκτη κόστους/οφέλους, τόσο μεγαλύτερη προτεραιότητα για αποκατάσταση έχει η συγκεκριμένη περιοχή.

Το κόστος για την αποκατάσταση της αστικής περιοχής του Λαυρίου είναι πολύ μεγάλο, όμως αξίζει να γίνει αυτή η επένδυση, δεδομένου ότι η υγεία των παιδιών και γενικότερα του τοπικού πληθυσμού είναι ανεκτίμητη.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ

Μέχρι να ολοκληρωθεί η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στο Λαύριο, πρέπει ο τοπικός πληθυσμός να αλλάξει ορισμένες συνήθειες και δραστηριότητες, όπως:



X

X Να μην καλλιεργούνται λαχανικά, ελιές και αμπέλια. Είναι γνωστό, ότι όλα αυτά τα φυτά προσλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες τοξικών στοιχείων.

X Να σταματήσει η συλλογή άγριων χόρτων από όλη την περιοχή, δεδομένου ότι και αυτά τα φυτά προσλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες τοξικών στοιχείων, οι οποίες είναι επικίνδυνες για την υγεία μας.

X



✓

✓ Το καθάρισμα του σπιτιού πρέπει να γίνεται με ηλεκτρική σκούπα ή με σφουγγάρισμα και όχι με τον παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή με κοινή σκούπα, λόγω του ότι σηκώνεται σκόνη, η οποία εισπνέεται, και επί πλέον μεταφέρεται εύκολα σε άλλους χώρους του σπιτιού.

X Να μην τινάζονται τα χαλιά και οι κουρελούδες.

X



✓

✓ Δεν πρέπει να γίνεται το ξεσκόνισμα με φτερό, αλλά να χρησιμοποιείται ελαφρώς βρεγμένο πανί.

X Τα παιδιά δεν πρέπει να παίζουν με το χώμα, γιατί εκτός από την εισπνοή, τα τοξικά στοιχεία μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό τους με κατάποση, λόγω της συνήθειάς τους να βάζουν τα χέρια τους στο στόμα, καθώς και μέσω του δέρματος.

X



✓

✓ Τα παιδιά πρέπει να μάθουν να πλένουν συχνά τα χέρια τους και ιδιαίτερα πριν το φαγητό.

✓ Το φαγητό πρέπει να σκεπάζεται και να μην μένει ποτέ εκτεθειμένο στη σκόνη.

✓

