

# Φιλοπεριβαλλοντικές μέθοδοι κατασκευής δρόμων αναψυχής στο περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης

Π. Εσκίογλου<sup>1</sup>, Ν. Οικονόμου<sup>2</sup>

1.Αν. Καθηγητής, Σχολή Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος pxeskio@for.auth.gr

2.Αν. Καθηγητής Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. ikonomou@civil.auth.gr

## Περίληψη

Το περιαστικό δάσος της Θεσσαλονίκης, αποτελεί έναν από τους πνεύμονες της πόλης της Θεσσαλονίκης στην οποία παρέχει τεράστια οφέλη, και η προστασία του είναι επιβεβλημένη. Το δάσος αυτό, διασχίζεται από δασικούς δρόμους αναψυχής με χαμηλή φέρουσα ικανότητα και μειωμένη βατότητα, ιδιαίτερα όταν έχουν προηγηθεί δυσμενείς κλιματικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η κίνηση των οχημάτων των επισκεπτών αλλά και των υπευθύνων για τη διαχείριση και την προστασία του. Από την άλλη, κατά τους θερινούς μήνες, εξαιτίας της έλλειψης οδοστρώματος, η κυκλοφορία των οχημάτων συνοδεύεται από μεγάλη εκπομπή σκόνης. Στην προσπάθεια της μείωσης των ανωτέρω αρνητικών φαινομένων που επιδρούν στην προστασία του δάσους, στην ικανοποίηση των επισκεπτών για προσπέλαση των δρόμων, αλλά και για αυτήν την ίδια τη βελτίωση των δρόμων, διερευνήθηκε από ειδικευμένο προσωπικό δύο εργαστηρίων του Πανεπιστημίου μας, η δυνατότητα αντικατάστασης των φυσικών πόρων που συνθέτουν το οδόστρωμα, (σκύρα, αμμοχάλικα κ.α.), από άλλα υλικά που απορρίπτονται στο περιβάλλον, όπως αδρανή από ανακυκλωμένη άσφαλτο, ιπτάμενη τέφρα, ερυθρά ιλύ, μαρμαρόσκονη και τρίμματα ελαστικών. Η έρευνα έδειξε ότι αφενός βελτιώθηκαν οι δρόμοι οικονομικά και αφετέρου προστατεύτηκε και μειώθηκε η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αφού διαχειρίζονται οι αποθέσεις των παραπροϊόντων.

**Λέξεις κλειδιά** : δρόμοι αναψυχής, βιομηχανικά παραπροϊόντα, σταθεροποίηση

## Εισαγωγή

Η εξάντληση των πρώτων υλών και των φυσικών πόρων, και η απόρριψη των διάφορων παραπροϊόντων, είναι παράγοντες που θέτουν σε κίνδυνο την ευημερία της ανθρωπότητας και υποβαθμίζουν το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτόν μια οργανωμένη διαχείριση, αλλά και η αξιοποίηση των αποβλήτων αυτών, συμβάλλει στην αποκατάστασή του περιβάλλοντος αφενός και αφετέρου στη μείωση ζήτησης των πρώτων υλών και φορέων ενέργειας, ώστε να προκύπτουν στη συνέχεια σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Για μία ολοκληρωμένη διαχείριση και αξιοποίηση θα πρέπει να βρεθούν οι κατάλληλοι αποδέκτες των απορριμμάτων και τέτοιοι είναι – μεταξύ των άλλων- και οι φορείς κατασκευαστικών έργων και κυρίως τα έργα Οδοποιίας.

Διάφορες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν προς την κατεύθυνση αυτή, κατέδειξαν ότι, αργιλικά εδάφη σταθεροποιούνται με μεγάλη επιτυχία με τέφρα με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι πλαστικές τους ιδιότητες και να αυξάνεται η αντοχή τους σε θλίψη και εφελκυσμό (Κόλιας κ.ά. 2005). Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και από τη χρήση μίγματος τέφρας –τσιμέντου σε στρώσεις οδοστρωμάτων (Σκειρ, 2004)

Αλλά και σε δασικούς δρόμους, έρευνες που πραγματοποιήθηκαν την τελευταία 10ετία από δασολόγους –οδοποιούς έδωσαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα, αφού ως γνωστόν, οι

δασικοί δρόμοι παρουσιάζουν χαμηλή φέρουσα ικανότητα και μειωμένη βατότητα και δύσκολα αποκαθίστανται, λόγω χαμηλής χρηματοδότησης από την Δασική Υπηρεσία.

Διερευνήθηκε η δυνατότητα χρησιμοποίησης ανακυκλωμένης ασφάλτου σε παράδρομους της Εγνατίας, και βρέθηκε ότι βελτιώθηκε η φέρουσα ικανότητα ( παραμόρφωση) των στρώσεων μέχρι και 42%, ενώ ο συντελεστής αντοχής τους αυξήθηκε σε σχέση με την αρχική τιμή του χωματόδρομου κατά 60% (Εσκίογλου 2002). Κατά την ενίσχυση υφιστάμενων οδοστρώματων με παραπροϊόντα βιομηχανίας και ανακυκλώσιμων υλικών από πλησίον ευρισκόμενες πηγές, για μείωση του κόστους μεταφοράς και κατασκευής, βρέθηκε ότι η παραμόρφωση των σταθεροποιημένων στρώσεων μειώθηκε από 12 –25%, ενώ αυξήθηκαν μέχρι και 4 φορές οι ισοδύναμοι άξονες που μπορούν να κυκλοφορήσουν στο νέο οδόστρωμα. Σε δασικούς δρόμους στην ορεινή Ροδόπη που σταθεροποιήθηκαν με ιπτάμενη τέφρα, και μαρμαρόσκονη, βελτιώθηκε η φέρουσα ικανότητα τους, μειώθηκε η παραμόρφωσή τους από την επίδραση των κυκλοφορούντων οχημάτων, και τέλος εξοικονομήθηκαν σημαντικές ποσότητες αδρανών( Εσκίογλου και Οικονόμου 2005).

Εκτός όμως των τεχνικών ωφελειών, όταν χρησιμοποιούνται τα παραπροϊόντα βιομηχανίας και τα ανακυκλώσιμα υλικά, προστατεύεται το περιβάλλον ,από την μη απόρριψή τους στη φύση και από τη δυνατότητά τους να αντικαταστήσουν με μεγάλη επιτυχία ποσότητες αδρανών στις στρώσεις οδοστρωσίας (Εσκίογλου 2003). Θα ήταν λοιπόν ιδιαίτερα χρήσιμο να διερευνηθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης των κάθε είδους παραπροϊόντων και βιομηχανικών αποβλήτων σε τέτοιους δρόμους , και ιδιαίτερα σε χώρους δασικής αναψυχής, ώστε και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος να αποτρέπεται από την μη απόθεσή τους σε αυτό, αλλά και οικονομικά και ενεργειακά οφέλη να προκύπτουν.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία μικρή συμβολή του εξειδικευμένου προσωπικού των εργαστηρίων Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας της Δασολογικής Σχολής και Δομικών Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. , στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων της πόλης της Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η προστασία του οικοσυστήματος του περιαστικού δάσους αλλά και του περιβάλλοντος γενικότερα. Για τον σκοπό αυτόν διερευνήθηκε η δυνατότητα χρησιμοποίησης με ανάμιξη εδάφους δρόμων αναψυχής και παραπροϊόντων παραγωγικών διαδικασιών (by-products) όπως σκωρίες, ιπτάμενη τέφρα, ερυθρά ιλύς, αλλά και υλικά προς απόρριψη (waste materials) όπως ασφάλτος παλιών οδοστρωμάτων, μαρμαρόσκονη και τρίμματα ελαστικών, και παρατηρήθηκε κατά πόσο βελτιώθηκε η φέρουσα ικανότητα των εδαφών αυτών.

## Τύπος και μέθοδος έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη σε δασικούς δρόμους στο περιαστικό δάσος της Θεσσαλονίκης (Σείχ-Σου) , οι οποίοι δέχονται τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων των επισκεπτών προς αναψυχή (Εικόνες 1α και 1β)



Εικόνες 1α και β. Τμήματα δρόμων αναψυχής στο περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης

Σε διάφορα τμήματα των παραπάνω δρόμων πραγματοποιήθηκε σταθεροποίησή τους με εναλλακτικά υλικά όπως σκωρίες, ιπτάμενη τέφρα, ερυθρά ιλύς, άσφαλτος παλιών οδοστρωμάτων, μαρμαρόσκονη και τρίμματα ελαστικών

Ειδικότερα στο πρώτο τμήμα, σταθεροποιήθηκε η υπόβαση με παλιά άσφαλτο -που συλλέχθηκε ύστερα από ανακατασκευή οδοστρώματος-με ιπτάμενη τέφρα Πτολεμαΐδας σε ποσοστό 10% και ίχνη βιομηχανικής σκωρίας από τη ΣΙΔΕΝΟΡ σε ποσοστό 1%.

Στην εικόνα 2 φαίνονται οι εργασίες συλλογής παλαιού οδοστρώματος , το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας.



Εικόνα 2.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος

Η επόμενη επιφάνεια σταθεροποιήθηκε με ερυθρά ιλύ –παραπροϊόν επεξεργασίας των βωξιτών Παρνασσού – σε ποσοστό 35% , και το τρίτο τμήμα σταθεροποιήθηκε με μίγμα μαρμαρόσκονης και τριμμάτων ελαστικών σε ποσοστά 8% και 15% αντίστοιχα.

Πριν και μετά τη σταθεροποίηση των δρόμων, μετρήθηκε η φέρουσα ικανότητά τους και η παραμόρφωσή τους με τη δοκό του Bekelmann και με βάση τις εξισώσεις και τις σχέσεις που ορίζουν οι προδιαγραφές του μηχανήματος, υπολογίστηκε και η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου που μπορεί να διέλθει από τις νέες στρώσεις.

### **Αποτελέσματα**

Η σταθεροποίηση του εδάφους με ασβεστόυχα τέφρα και σκωρία αποτέλεσε ένα νέο εδαφικό υλικό-στρώση οδοστρωσίας σχετικά χαμηλότερης αντοχής από το αντίστοιχο έδαφος αν είχε σταθεροποιηθεί με τσιμέντο. Από άποψης κόστους όμως η λύση της τέφρας ήταν προσηγορότερη. Επίσης υπολογίστηκε σημαντική αύξηση της θλιπτικής και διατμητικής αντοχής και της φέρουσας ικανότητας του, αύξηση της βέλτιστης υγρασίας και μείωση της μέγιστης ξηράς πυκνότητας. Η προσθήκη σκωρίας σε ποσοστό 1% έγινε διότι βιβλιογραφικά αυτό το ποσοστό εξαφανίζει το φαινόμενο της διόγκωσης(Σκεϊρ Ι. 2004).

Τα προϊόντα της ανακατασκευής του οδοστρώματος αποδείχτηκε ότι είχαν θεαματικά αποτελέσματα, αφού βρέθηκε ότι βελτιώθηκε η φέρουσα ικανότητα ( παραμόρφωση) των στρώσεων μέχρι και 38%, ενώ ο συντελεστής αντοχής τους αυξήθηκε σε σχέση με την αρχική τιμή του χωματόδρομου κατά 40% , από 0.1 σε 0.14 . Η παραμόρφωση των σταθεροποιημένων στρώσεων μειώθηκε από 10 –18%, ενώ ο αριθμός των ισοδύναμων αξόνων που μπορούν να κυκλοφορήσουν στο νέο οδόστρωμα αυξήθηκε στο διπλάσιο.

Κατά τη σταθεροποίηση του εδαφικού υλικού με ερυθρά ιλύ διαπιστώθηκε μείωση του ορίου υδαρότητας κατά 20%, αύξηση του ορίου πλαστικότητας 14% και τέλος αύξηση της βέλτιστης υγρασίας, της θλιπτικής και διατμητικής αντοχής. Η παραμόρφωση των σταθεροποιημένων στρώσεων μειώθηκε από 10 –14%, ενώ αυξήθηκαν μέχρι και 1,3 φορές οι ισοδύναμοι άξονες που μπορούν να κυκλοφορήσουν στο νέο οδόστρωμα.

Τέλος η ανάμιξη του εδάφους με τρίμματα ελαστικών δεν επέφερε αύξηση αλλά αντίθετα μείωση της αντοχής του. Βρέθηκε όμως ότι μπορεί να δράσουν σαν αντιπαγετική στρώση, ενώ η προσθήκη στο μίγμα 8% μαρμαρόσκονης μπορεί να αυξήσει την θλιπτική αντοχή.

Σημαντική παράμετρος για τη χρησιμοποίηση των παραπάνω παραπροϊόντων είναι η οικονομικότητα της μεταφοράς τους , πράγμα που μας οδηγεί στην απόρριψη κάποιων που ίσως να είχαν μεγαλύτερη επιτυχία και στην επιλογή κάποιων άλλων που προτιμώνται αν και θα παρείχαν λιγότερο εντυπωσιακά αποτελέσματα, αλλά τελικά επιλέγονται λόγω του χαμηλότερου κόστους.

Επίσης μία άλλη παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν είναι η επικινδυνότητα της μόλυνσης του υπεδάφους και των υδροφόρων οριζόντων από την έκπλυση (leaching) των παραπροϊόντων αυτών, στοιχείο που σχετίζεται με την τιμή της διαπερατότητας του εδάφους.

## **Συμπεράσματα**

Είναι δεδομένο ότι η απόρριψη βιομηχανικών παραπροϊόντων , υποβαθμίζει το περιβάλλον .Επίσης είναι γνωστό ότι οι κάθε κατηγορίας δασικοί δρόμοι έχουν χαμηλή φέρουσα ικανότητα και οι φυσικοί πόροι (σκύρα, αμμοχάλικα κ.α.) που απαιτούνται για την ενίσχυσή τους , για να παραχθούν, τραυματίζουν το περιβάλλον και ξοδεύεται ενέργεια. Σε μία ερευνητική προσπάθεια - των εργαστηρίων Μηχανικών Επιστημών της Δασολογικής Σχολής και των Δομικών Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.- να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά παραπροϊόντα σε αντικατάσταση των κλασσικών υλικών οδοστρωσίας. Ειδικότερα διερευνήθηκε η χρησιμοποίηση των εναλλακτικών υλικών στο περιαστικό δάσος της Θεσσαλονίκης ,που είναι ο πνεύμονας της πόλης της Θεσσαλονίκης , αλλά και ο κύριος πόλος έλξης των κατοίκων της πόλης για αναψυχή.

Τα αποτελέσματα υπήρξαν ενθαρρυντικά , διότι από τεχνικής άποψης, η σταθεροποίηση με τα παραπροϊόντα οδήγησε σε βελτίωση των πλαστικών ιδιοτήτων του εδάφους, αύξηση της φέρουσας ικανότητάς τους κα αύξηση του ανεχόμενου κυκλοφοριακού φόρτου.

Από άποψης προστασίας του περιβάλλοντος , συμβάλουμε στην βιώσιμη ανάπτυξη, αφού με τις ενέργειες αυτές, διαφυλάσσονται οι φυσικοί πόροι, εξοικονομείται ενέργεια, αξιοποιούνται υλικά που θεωρούνται μηδενικής αξίας και μειώνονται τα απορριπτόμενα υλικά.Δεδομένου ότι τα ανωτέρω παραπροϊόντα υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες που συνεχώς αυξάνονται, είναι υποχρέωση να διερευνάται η αξιοποίησή τους.

Στα αρνητικά της χρησιμοποίησης των υλικών αυτών είναι η πιθανή ρύπανση των υδροφόρων οριζόντων, στοιχείο που θα πρέπει να εξετάζεται με προσοχή και να αξιολογείται.

## **Βιβλιογραφία**

- Εσκίογλου , Π. 2002. Έργα Εθνικής οδοποιιας σε δασικο περιβάλλον. προτάσεις προστασίας σελ. 121-130. Πρακτικά 10<sup>ου</sup> συνεδρίου Δασολογικής Εταιρείας. Τρίπολη Μάιος 2002
- Εσκίογλου, Π. 2003.Ενίσχυση δασικών δρόμων με τοπικά παραπροϊόντα βιομηχανίας. σελ. 167-174. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> διεθνούς Συνεδρίου ασφαλτικών μιγμάτων και οδοστρωμάτων. (εκδ. Α. Νικολαΐδης )Θεσσαλονίκη, 21-22 Νοεμβρίου 2002
- Εσκίογλου, Π., και Ν. Οικονόμου. 2005. Ενίσχυση δασικών δρόμων αναψυχής .σελ.116-122 . Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη 11-14 Οκτωβρίου 2005.
- Κόλιας , Σ., και Α. Καραχάλιος.2005. Σταθεροποίηση αργιλικών εδαφικών υλικών με

ασβεστούχο ιπτάμενη τέφρα με ή και χωρίς τσιμέντο. σελ. 17-46. Αξιοποίηση Βιομηχανικών Παραπροϊόντων. (εκδ Ι. Παπαγιάννη, Στ. Τσίμας) Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΒΙΠΑΡ , Θεσσαλονίκη 24-26 Νοεμβρίου 2005  
Σκειρ, Ι., 2004 Εργαστηριακές έρευνες για τη χρήση της Ιπτ. Τέφρας σε σταθεροποιημένες στρώσεις οδοστρωμάτων. Πρακτικά Ημερίδας «χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων στην οδοποιία ». σελ.31-46.Θεσσαλονίκη 2004

## **Environmentally sound recreation road construction in the suburban forest of Thessaloniki**

**P. Eskioglou<sup>1</sup> N. Oikonomou<sup>2</sup>**

1. Ass. Professor, Faculty of Forestry and Nat. Environment [pxeskio@for.auth.gr](mailto:pxeskio@for.auth.gr)

2.Ass. Professor Department of Civil Engineers A.U.TH [ikonomou@civil.auth.gr](mailto:ikonomou@civil.auth.gr)

### **Summary**

The suburban forest of Thessaloniki that constitutes one from the lungs of city in which it provides enormous profits, and his protection is imposed. This forest, is crossed by forest roads of recreation with low bearing capacity when they have preceded unfavourable climatic conditions, so that is complicated the movement of vehicles of visitors but also persons in charge for the management and his protection. On the other hand, at the summer- because don't exist pavement- the circulation of vehicles is accompanied by big emission of dust. In the effort of reduction of above negative phenomena that affects in the protection of forest, in the satisfaction of visitors for access of roads, but also for the improvement of roads, was investigated from specialised personal two laboratories of our University, the possibility of replacement of natural resources that composes the paving, (aggregate, sand-gravel), from other materials that are rejected in the environment, as inactive from recycled asphalt, flying ash, red silt, marble-dust and pieces of tyres. The research showed that on one side were improved the streets economically and on the other hand was protected and was decreased the devalorisation of environment after manage the depositions of by-products.

**Words keys of**: roads for recreation, industrial by-products, stabilisation