

**ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ  
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ  
ΔΟΚΟΥ BENKELMAN**

**Δρ. Π. ΕΣΚΙΟΓΛΟΥ**

**Prof. HIRT RICHARD**

**Dr. BURLET EDUARD**

**Τμήμα Λασολογίας  
και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ.**

**Professur für Forstliches  
Ingenieurwesen  
ETH, Zürich**

**INVESTIGATION FOR DETERMINING  
THE SUPPORTING OF AN EXISTING PAVEMENT  
WITH THE BENKELMAN BEAM**

**Dr. P. ESKIOGLOU**

**Prof. R. HIRT**

**Department of Forestry  
and Natural Environment**

**Dr. E. BURLET**

## Εισαγωγή

Ένας από τους πολλαπλούς σκοπούς της Δασοπονίας είναι και η αύξηση του λήμματος, που ως γνωστόν μεταφέρεται μέσω των δασικών δρόμων στους τόπους συγκέντρωσης, επεξεργασίας και κατανάλωσης.

Οι δρόμοι όμως αυτοί, έχοντας σχεδιασθεί για ένα συγκεκριμένο φόρτο, αδυνατούν να ανταποκριθούν μετά την αύξηση της παραγωγής, στην κυκλοφοριακή κατάσταση την πέραν της αρχικής πρόβλεψης.

Όμως η μεταφορά των προϊόντων από το δάσος πρέπει να συνεχισθεί απρόσκοπτα και γι' αυτό επιβάλλεται να ενισχυθεί το υφιστάμενο οδόστρωμα με αύξηση του πάχους των υπαρχουσών στρώσεων ή με προσθήκη καινούργιων.

Το φαινόμενο αυτό προορίζεται να απασχολήσει σύντομα τους υπεύθυνους που ασχολούνται με την κατασκευή και αναμόρφωση των δασικών δρόμων. Επειδή δε μέχρι σήμερα η ενίσχυση αυτή γίνεται τελείως εμπειρικά, θεωρείται απαραίτητη μια επιστημονική αναφορά και εφαρμογή.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μιά παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο οι ερευνητές του Πολυτεχνείου της Ζυρίχης διερευνούν τη δυνατότητα ενίσχυσης υφιστάμενων οδοστρωμάτων, ενώ ταυτόχρονα συγκρίνονται με τη δοκό του Benkelman οι μεταβολές των παραμορφώσεών τους.

## Σκοπός – Υλικά έρευνας

Η ενίσχυση των δασικών δρόμων της χώρας γίνεται κυρίως με την προσθήκη στρώσεων αμμοχάλικου, διαφόρου πάχους, και σπανίως με κάποια ασφαλτική επάλειψη.

Με τη μέθοδο του δείκτη πάχους, η ενίσχυση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta \Sigma N = \Sigma N_1 - \Sigma N_0 \quad (1)$$

όπου  $\Sigma N_1$  = η νέα τιμή δείκτη και

$\Sigma N_0$  = η αρχική τιμή του δείκτη κατασκευής

το δε πάχος της συμπληρωματικής στρώσης (ενίσχυσης) δίνεται από τη σχέση:

$$D_1 = \frac{\Delta \Sigma N}{a_1} \quad (2)$$

όπου  $a_1$  ο συντελεστής ποιότητας και αντοχής του υλικού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της νέας στρώσης.

Σκοπός όμως της παρούσας έρευνας είναι να υπολογισθεί η ενίσχυση, σε σχέση με τις παραμορφώσεις που εμφανίζονται σε τρία διαφορετικά οδοστρώματα, ύστερα από την εφαρμογή ενός χαρακτηριστικού φορτίου, και να εξαχθούν συμπεράσματα από τη σύγκριση αυτών των οδοστρωμάτων (ένα με αμμο-

χάλικο, ένα σταθεροποιημένο έδαφος με ιπτάμενη τέφρα και το τελευταίο σταθεροποιημένο με τσιμέντο).

Για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων αυτών απαιτείται ένα φορητό όχημα και μια δοκός Benkelman, ενώ δευτερευούσης σημασίας εξοπλισμός είναι ένα θερμόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του οδοστρώματος και ένας μετρητής της πίεσης των ελαστικών.

Η δοκός Benkelman (Σχήμα 1α) επινοήθηκε από τον A.C. Benkelman σε συνδυασμό με την Οδική δοκιμή WASHO, και είναι διαδεδομένη λόγω του χαμηλού κόστους και της απλής χρήσης της.

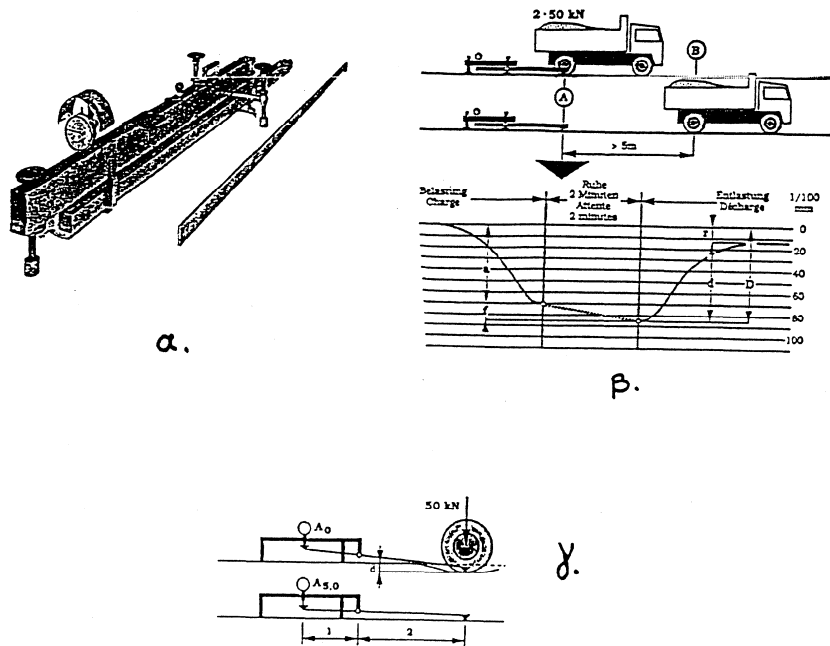
### Μέθοδος έρευνας

Η δοκός Benkelman τοποθετείται, οριζοντιωμένη κατά την εγκάρσια διεύθυνση, στο μέσο ενός δίδυμου τροχού φορητού οχήματος αξονικού φορτίου 100 KN (Σχήμα 1β), που μετακινείται προς τα εμπρός με πολύ μικρή ταχύτητα (0.5 mph) μέχρι να διέλθει ο τροχός του πάνω από το σημείο αναφοράς.

Κατά την επίγνωση της δοκιμής, εφαρμόζεται στατικά ένα φορτίο στο οδόστρωμα, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται βυθίσεις (καθιζήσεις) σε αυτό. Οι καθιζήσεις αυτές, που αποτελούν ένδειξη της φέρουσας ικανότητας της υποδομής και του οδοστρώματος, καταγράφονται ως βέλη κάμψης στην επιφάνεια του, και το μισό της συνολικής τους τιμής δίδεται από ένα μηχανοδόμετρο (μετρητή απόκλισης) που είναι τοποθετημένο σε συγκεκριμένη θέση στη δοκό.

Καθώς το όχημα κινείται πάνω στο δρόμο, κάθε 25m, καταγράφονται δύο τιμές (Σχήμα 1γ). Η μέγιστη (ανακλώμενη απόκλιση) και η ελάχιστη. Σε κάθε θέση μέτρησης, η διαφορά των 2 αυτών τιμών δίνει την απόκλιση και το διπλάσιο αυτής (απόκλισης) την παραμένουσα παραμόρφωση.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι οι δρόμοι που δεν επηρεάζονται από τον παγετό δεν παρουσιάζουν κατά τη διάρκεια του έτους αποκλίσεις των καθιζήσεων, όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 20°C. Αντίθετα όσοι δρόμοι επηρεάζονται παρουσιάζουν αποκλίσεις και μεγαλύτερες την άνοιξη.



**Πίνακας 1.** α. Δοκός Benkelman. β. Θέση της δοκού και τον φορτίου (φορητή). γ. Τρόπος υπολογισμού των παραμορφώσεων του εδάφους.

Με τη βοήθεια νομογραφημάτων και σε σχέση με την τιμή της παραμένουσας παραμόρφωσης, γίνεται η αξιολόγηση του οδοστρώματος, η απομένουσα ζωή του και ο αριθμός διελεύσεων ισοδύναμων αξόνων 8.2 tn που μπορεί να εξηρητηήσει στο μέλλον το οδόστρωμα.

Στην παρούσα όμως έρευνα, ακολουθήθηκε η μέθοδος που εφαρμόζεται από τους ερευνητές του Πολυτεχνείου της Ζυρίχης (E.T.H.) Prof. R. Hirt και Dr. Ed. Burlet κατά την οποία υπολογίζεται καταρχάς – σε σχέση με την κυκλοφορία και τον τοπικό παράγοντα – η επιτρεπόμενη για κάθε δρόμο παραμόρφωση, και στη συνέχεια με τη δοκό η υπάρχουσα παραμόρφωση.

Από τις δύο αυτές τιμές μπορούμε να οδηγηθούμε στον υπολογισμό του κατασκευαστικού δείκτη  $SN_0$  του υπάρχοντος οδοστρώματος, στο μέγεθος της απαραίτητης ενίσχυσης καθώς και τον αριθμό των ισοδύναμων αξόνων που μπορούν να διέλθουν από τα δύο παραπάνω οδοστρώματα.

Γνωρίζοντας τον αριθμό  $W$  των ισοδύναμων αξόνων που πρόκειται να κυκλοφορήσουν και την τιμή  $R$  του τοπικού παράγοντα μπορούμε να υπολογί-

σομε για κάθε δρόμο την επιτρεπόμενη τιμή  $d_{zul}$  των αποκλίσεων (παραμορφώσεων), από την εξίσωση (3) του Burlet:

$$d_{zul} = 1580 [2.67 (W.R)^{0.1068} - 2.54]^{-1.195} \quad (3)$$

Στη συνέχεια, από τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με τη δοκό, υπολογίζονται τα μεγέθη  $\bar{d}$  (μέσος όρος παραμορφώσεων),  $s$  (τυπική απόκλιση) και  $d_m$  όπου  $d_m = (\bar{d} + 1.3s)$ . Επιλύοντας τις εξισώσεις 4, 5 και 6 μπορούμε να έχουμε τα μεγέθη  $SN_0$ ,  $SN_1$  και  $\Delta SN$  του δείκτη πάχους του υπάρχοντος, του απαιτούμενου οδοστρώματος, και της προτεινόμενης ενίσχυσης αντίστοιχα:

$$SN_0 = \frac{474.94 dm^{-0.8368} + 2.54}{10^{0.1647 \log CBR - 0.0655}} - 2.54 \quad (4)$$

$$SN_1 = \frac{2.67 \cdot (W.R)^{0.1068}}{10^{0.1647 \log CBR - 0.0655}} - 2.54 \quad (5)$$

$$\Delta SN = \frac{2.67 \cdot (W.R)^{0.1068} - 474.94 dm^{-0.8368} - 2.54}{10^{0.1647 \log CBR - 0.0655}} \quad (6)$$

Τέλος για τον προσδιορισμό του αριθμού των ισοδύναμων αξόνων, που μπορούν να κυκλοφορήσουν είτε στο υπάρχον είτε στο προτεινόμενο οδόστρωμα, απαιτείται η επίλυση της σχέσης (7):

$$W_{pos} = \left[ \frac{475 dm^{-0.8368} + 2.54}{2.67} \right]^{9.3633} \cdot \frac{1}{R} \quad (7)$$

Εισάγοντας στην παραπάνω σχέση την τιμή  $dm$  υπολογίζεται ο αριθμός των ισοδύναμων αξόνων που μπορούν να κυκλοφορήσουν στο υπάρχον οδόστρωμα ενώ εισάγοντας την τιμή  $d_{zul}$  δίνεται ο αριθμός των αξόνων που μπορούν να διέλθουν από το προτεινόμενο.

### Τόπος έρευνας

Το πρόβλημα της ενίσχυσης υφιστάμενων δασικών οδοστρωμάτων άρχισε να εμφανίζεται σε πολλές περιοχές της Ελλάδος, αλλά πιο έντονα συναντάται σε δασικούς δρόμους όπου υπάρχει αύξηση της κυκλοφορίας πέραν της αρχικής πρόβλεψης, καθώς και αύξηση των κυκλοφορούντων αξονικών φορτίων.

Τέτοιους δρόμους εκτός των άλλων έχουμε και σε παραμεθόρια δάση, όπου μέχρι πρότινος απαγορευόταν από τις Στρατιωτικές Αρχές η πλήρης διάνοιξη τους για Εθνικούς λόγους, ενώ η κατασκευή και το είδος του οδοστρώματος των δρόμων εξαρτιόταν από τον περιορισμένο κυκλοφοριακό φόρτο.

Μετά την άρση κάποιων περιοριστικών μέτρων από τις Στρατιωτικές Αρχές, επιτράπη η πλήρης διάνοιξη των δασών με αποτέλεσμα να κυκλοφορούν περισσότεροι άξονες που μεταφέρουν μεγαλύτερη ποσότητα ξυλείας. Επόμενο λοιπόν ήταν η αρχική κατασκευή να μην ανταποκρίνεται στον νέο φόρτο και να επιβάλλεται η ενίσχυσή της.

Για την έρευνά μας, επιλέχθηκε ένας τέτοιος δασικός και στρατιωτικός οδικός άξονας, Κομοτηνής – Νυμφαίας – Φυλακίων Συνόρων ο οποίος βρίσκεται σε γρανιτικό και ασβεστολιθικό γεωλογικό υπόβαθρο ενώ το υπάρχον οδόστρωμα συνίσταται από κατά τόπους υποθεμελίωση με χονδρόκοκκο υλικό διάφορου πάχους και κυρίως από 2 στρώσεις συμπυκνωμένου αμμοχάλικου καλής ποιότητας συνολικού πάχους 20 εκ.

Επίσης επιλέγησαν, στον ίδιο δασικό δρόμο, δύο εδαφικά τμήματα – 400m το καθένα – τα οποία σταθεροποιήθηκαν με ιπτάμενη τέφρα το ένα και με τσιμέντο το άλλο με ποσοστό 7% και πάχος στρώσης 20 και 15cm αντίστοιχα.

### Αποτελέσματα

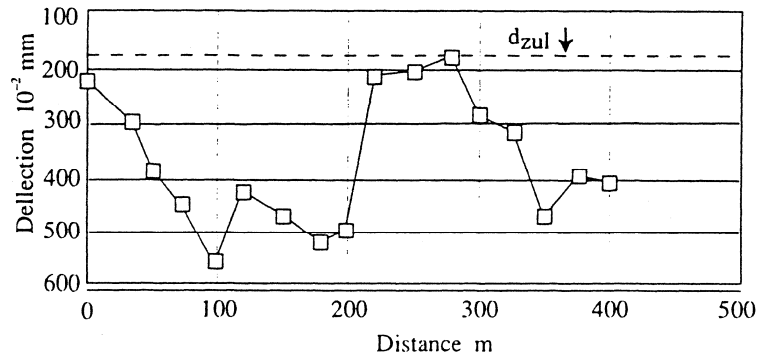
Στην περιοχή έρευνας έγιναν όλες οι εδαφοτεχνικές μελέτες για τον υπολογισμό των εδαφολογικών σταθερών. Από αυτές υπολογίστηκε η αντοχή του εδάφους με το μπενετρόμετρο χειρός Farnell και βρέθηκε σε τιμές CBR = 5, ενώ από το συσχετισμό των ορίων Atterberg και την κοκκομετρική τους διαβάθμιση αναγνωρίστηκε ο τύπος του εδάφους που είναι ο GC – CL.

Από την προβλεπόμενη μεταφορά ξυλείας υπολογίστηκε, ότι οι ισοδύναμοι άξονες των 8.2tn που θα κυκλοφορήσουν στον συγκεκριμένο δρόμο, ανέρχονται σε  $W = 6 \cdot 10^4$  NAL, ενώ η τιμή του τοπικού παράγοντα είναι  $R = 1$ .

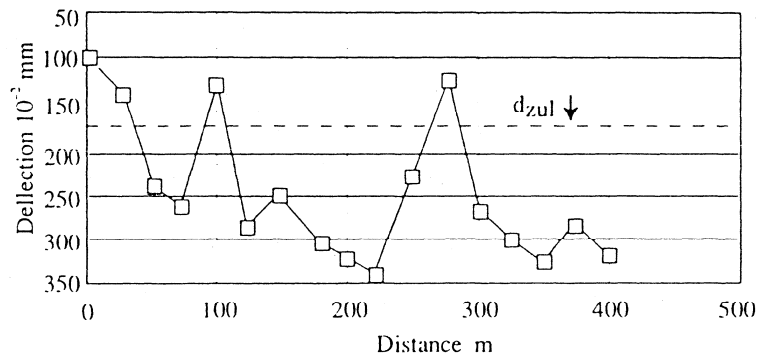
Αφού δόθηκαν τα τμήματα και όλος ο δασικός δρόμος στην κυκλοφορία, στη συνέχεια με τη δοκό του Benkelman υπολογίστηκαν τα μεγέθη των παραμορφώσεων.

Στα σχήματα 2α, β, γ δίνονται τα διαγράμματα των παραμορφώσεων ανά 25m στις στρώσεις του αμμοχάλικου, του σταθεροποιημένου με τέφρα και με τσιμέντο υπέδαφους.

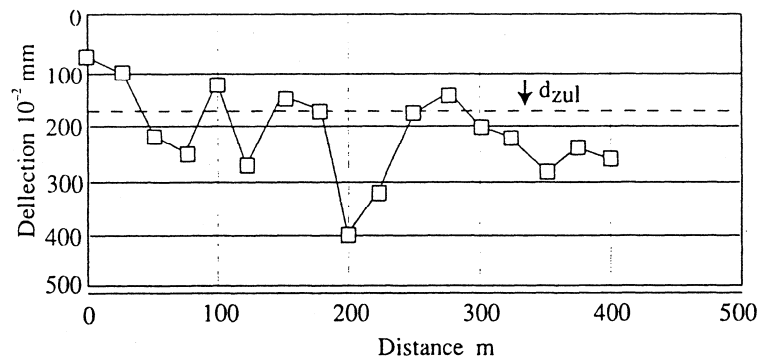
Στα ίδια σχήματα δίνεται για τον δρόμο έρευνας και η επιτρεπόμενη παραμόρφωση  $d_{zul} = 185 \cdot 10^{-2}$  mm που βρίσκεται από την εξίσωση (3) όταν ο τοπικός παράγοντας  $R = 1$  και οι άξονες που πρόκειται να κυκλοφορήσουν σε σχέση με τη μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας είναι  $W = 6 \cdot 10^4$  NAL.



Σχήμα 2α. Μετρηθείσες παραμορφώσεις σε στρώση αμμοχάλικου.



Σχήμα 2β. Μετρηθείσες παραμορφώσεις σε σταθεροποιημένη με ιπτάμενη τέφρα στρώση.



Σχήμα 2γ. Μετρηθείσες παραμορφώσεις σε σταθεροποιημένη με τσιμέντο στρώση.

Στον Πίνακα 1 δίνονται για τις 3 διαφορετικές στρώσεις τα χαρακτηριστικά μεγέθη  $d_{zul}$ ,  $\bar{d}$ ,  $s$  και  $dm$  και από τους τύπους 4, 5 και 6 τα μεγέθη  $SN_0$ ,  $SN_1$  και  $\Delta SN$  του δείκτη πάχους του υπάρχοντος, του απαιτούμενου οδοστρώματος, και της προτεινόμενης ενίσχυσης αντίστοιχα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

Αποτελέσματα των μετρήσεων με τη δοκό του Benkelman σε διαφορετικά οδοστρώματα.

ΜΕΓΕΘΗ ΤΙΜΩΝ	ΣΤΡΩΣΗ ΜΕ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΤΡΩΣΗ	
		ΜΕ ΤΕΦΡΑ	ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ
$d_{zul}$	$185 \cdot 10^{-2}$ mm	$185 \cdot 10^{-2}$ mm	$185 \cdot 10^{-2}$ mm
$\bar{d}$	$369 \cdot 10^{-2}$ mm	$248 \cdot 10^{-2}$ mm	$211 \cdot 10^{-2}$ mm
$s$	122	78	85
$dm$	$528 \cdot 10^{-2}$ mm	$349 \cdot 10^{-2}$ mm	$321 \cdot 10^{-2}$ mm
$SN_0$	1.95	2.88	3.04
$SN_1$	5.15	5.15	5.15
$\Delta SN$	3.2	2.27	2.1

Εκτός των παραπάνω στοιχείων η έρευνα με τη δοκό του Benkelman μπορεί να οδηγήσει και σε μερικά άλλα χρήσιμα αποτελέσματα.

Το ένα είναι ο προσδιορισμός του συντελεστή  $a_i$  ισοδυναμίας της κάθε στρώσης και το άλλο είναι ο αριθμός των ισοδυνάμων αξόνων που μπορούν να κυκλοφορήσουν είτε στο υπάρχον είτε στο προτεινόμενο οδόστρωμα.

Ο προσδιορισμός του συντελεστή  $a_i$  ισοδυναμίας γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$a_i = \frac{SN_0}{D_i} \quad (8)$$

όπου  $D_i$  = το πάχος της υπάρχουσας στρώσης.

Με βάση την παραπάνω σχέση και αντικαθιστώντας τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 1, για τα 20cm της στρώσης αμμοχάλικου βρίσκεται  $a_i = 0.1$ , για τα 20cm της σταθεροποιημένης με τέφρα στρώσης  $a_i = 0.14$  και για τα 15cm της στρώσης της σταθεροποιημένης με τσιμέντο,  $a_i = 0.2$ .

Για τον προσδιορισμό του αριθμού των ισοδυνάμων αξόνων, που μπορούν να κυκλοφορήσουν στο υπάρχον οδόστρωμα, απαιτείται η επίλυση της σχέσης



(7), οπότε βρίσκουμε ότι στη στρώση αμμοχάλικου μπορούν να κυκλοφορήσουν ακόμη 385 άξονες, στη σταθεροποιημένη με τέφρα στρώση 2216 άξονες και στη σταθεροποιημένη με τσιμέντο 3263. Πέραν αυτού του αριθμού τα οδοστρώματα αδυνατούν να δεχθούν διέλευση οχημάτων.

Τέλος για να υπολογίσουμε το πάχος της στρώσης που θα ενισχύσει το υφιστάμενο οδοστρώμα, πρέπει να επιλύσουμε τη σχέση (2), γνωρίζοντας από τα στοιχεία του Πίνακα 1 τα μεγέθη  $\Delta SN$ . Χρησιμοποιώντας μόνο αμμοχάλικο στην επιπλέον στρώση σε όλα τα οδοστρώματα, εύκολα υπολογίζεται ότι για την καινούργια κυκλοφοριακή κατάσταση, η στρώση αμμοχάλικου θα πρέπει να ενισχυθεί με 29cm αμμοχάλικο, η στρώση τέφρας με 20 και η σταθεροποιημένη με τσιμέντο 18.7cm αμμοχάλικο.

### Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα με τη δοκό του Benkelman προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Οι μετρηθείσες παραμορφώσεις δι' ξεπερνούν κατά πολύ την επιτρεπόμενη  $d_{zul}$  και μόνο σε ελάχιστες θέσεις έχουμε το αντίθετο φαινόμενο. Στη στρώση με αμμοχάλικο η μέση τιμή είναι διπλάσια της επιτρεπόμενης, ενώ στη στρώση τσιμέντου υπάρχει πολύ μικρή διαφορά μεταξύ των δύο τιμών.

2. Η σταθεροποιημένη με τσιμέντο στρώση έχει περίπου διπλάσια αντοχή από τη στρώση αμμοχάλικου. Αυτό σηματοδοτείται τόσο από τα αποτελέσματα της σχέσης (8), όσο και από το βάθος των βυθίσεων που υπολογίστηκαν από τη δοκό.

3. Οι παραμορφώσεις στη σταθεροποιημένη με τέφρα στρώση βρίσκονται σε ένα σχετικά στενό φάσμα τιμών, πράγμα που φανερώνει ότι αφενός πραγματοποιήθηκε σωστότερη σταθεροποίηση και αφετέρου η αντοχή του υπεδάφους στο συγκεκριμένο τμήμα, είναι περισσότερο ομοιογενής.

4. Η στρώση με αμμοχάλικο δεν αποτελείται από ομοιογενές υλικό και για το λόγο αυτόν η διακύμανση των τιμών της παραμόρφωσης είναι μεγάλη.

5. Στις θέσεις που μετριοούνται οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις, το έδαφος είναι περισσότερο αδύναμο και η τιμή της αντοχής τους έχει τιμές μικρότερες της μέσης τιμής  $CBR = 5$ .

6. Η απαιτούμενη ενίσχυση στη στρώση αμμοχάλικου είναι 1.5 φορές περισσότερη της στρώσης με τσιμέντο που μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο αν υπολογισθεί η διαφορά του πάχους των αρχικών στρώσεων.

7. Από το υπάρχον οδοστρώμα, το σταθεροποιημένο με τσιμέντο μπορούν να διέλθουν ακόμη 9 φορές περισσότεροι άξονες απ' ότι στη στρώση αμμοχάλικου.

8. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι μια απλή, οικονομική και ασφαλή μέθοδος για τον υπολογισμό καταρχάς των υπάρχουσών παραμορφώσεων και στη συνέχεια της απαραίτητης ενίσχυσης για κάθε οδόστρωμα. Επιβάλλεται λοιπόν η ταχύτατη εισαγωγή και εφαρμογή της στα Ελληνικά δασικά δεδομένα.

### **Περίληψη**

Η αύξηση της κυκλοφορίας πέραν της αρχικής πρόβλεψης στο δασικούς δρόμους, οδηγεί στην κατασκευή επιπλέον στρώσεων για την ενίσχυση υφιστάμενων οδοστρωμάτων.

Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκε – όπως ακριβώς στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης – με τη βοήθεια της δοκού του Benkelman, η δυνατότητα της ενίσχυσης. Σε τρία διαφορετικά οδοστρώματα (ένα με αμμοχάλικο, ένα σταθεροποιημένο με τέφρα και ένα με τσιμέντο) υπολογίστηκαν οι ενισχύσεις με βάση το νέο κυκλοφοριακό φόρτο και τις μετρηθείσες παραμορφώσεις στο υπάρχον οδόστρωμα.

Η έρευνα έδειξε ότι στη στρώση με αμμοχάλικο, οι μετρηθείσες παραμορφώσεις είναι μέχρι και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές που υπολογίστηκαν στη στρώση τη σταθεροποιημένη με τσιμέντο.

Η σταθεροποιημένη με τέφρα στρώση παίρνει ενδιάμεσες τιμές αλλά το υπέρδιπλα σε αυτό το τμήμα είναι περισσότερο ομοιογενές.

Από τα στοιχεία της έρευνας τέλος υπολογίστηκε ότι από το υπάρχον με τσιμέντο οδόστρωμα μπορούν να διέλθουν ακόμη 9 φορές περισσότεροι ισοδύναμοι άξονες απ' ότι στη στρώση αμμοχάλικου, ενώ η ενίσχυση στη στρώση αυτή είναι 10cm αμμοχάλικου περισσότερο από τη στρώση τσιμέντου και 9 από τη στρώση τέφρας.

### **Research for determining the supporting of an existing pavement with the Benkelman beam**

If a portion of the pavement is inadequate from a structural standpoint, because of new circulated load, consideration should be given to support of this.

In this paper, we use the deflection method (Benkelman beam), in order to calculate the support. The primary purpose for determining the deflection of an existing pavement, insofar as structural adequacy is concerned, is to obtain basic data by inference or by direct measurement relative to the stress-strain properties of the pavement structure.

The research was realized to three different layers. The first with sand – gravel, the second soil stabilized with fly – ash and the last with cement. The

deflection in the first is three times more than the cement and it needs 30cm even sand – gravel, when the second requires 20cm and the last 18.7cm.

Also from the third existing layer can pass even nine times more equivalent axles than first.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burlet E., (1980). Dimensionierung und Verstärkung von Strassen mit geringem Verkehr und flexiblem Oberbau, ETH Diss. Nr. 6711.
- Burlet E., (1981). Dimensionierung und Verstärkung von Strassen mit geringem Verkehr und flexiblem Oberbau, SZF, 132, 8: 645 – 672.
- Εσκίογλου Π., (1991). Οικονομικά και ανθεκτικά οδοστρώματα στα ορεινά δάση της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη.
- Hirt R., (1972). Dimensionierung und Verstärkung von Schwach beanspruchten Strassen SZF, 123, 3: 129 – 159.
- Hirt R., (1984). Dimensionierung und Verstärkung von Wald – und Güterstrassen: Einführung in die Merkblätter, Kurs über Wald – und Güterstrassenbau an der ETH-Z, April 1984.
- Kuonen V., (1976). Dimensionierung und Wahl des Oberbaus Schwach beanspruchten Strassen Kurs über Wald – und Güterstrassenbau an der ETH-Z, Oktober 1976.