

## Συντήρηση αρμών καταστρώματος γεφυρών από σκυρόδεμα της Εγνατίας Οδού Maintenance of Concrete Bridge Expansion Joints of the Egnatia Motorway

Ζωή ΜΠΑΡΜΠΑ<sup>1</sup>, Παναγιώτης ΠΑΝΕΤΣΟΣ<sup>2</sup>

*Λέξεις κλειδιά: Αρμός συστολοδιαστολής, Οπτική επιθεώρηση, Συντήρηση, Γέφυρα*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ :** Ο αρμός συστολοδιαστολής είναι ένα από τα πιο ευάλωτα στοιχεία των οδογεφυρών από σκυρόδεμα καθώς βρίσκεται στην επιφάνεια του καταστρώματος και υπόκειται στις συνεχείς δυναμικές φορτίσεις εκ της διέλευσης οχημάτων. Επιπλέον εκτίθεται σε αντίξοες συνθήκες περιβάλλοντος (όμβρια καταστρώματος, χημικές διαβρωτικές ουσίες όπως το αλάτι και τα παράγωγα πετρελαίου). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την επιθεώρηση, αξιολόγηση και συντήρηση των αρμών καταστρώματος των γεφυρών και τεχνικών της Εγνατίας Οδού, που αφορούν συνολικά 700 αρμούς (συνολικού μήκους 7.500μ). Επίσης, παρουσιάζονται οι θέσεις και η μέθοδος, οπτικής επιθεώρησης των αρμών και ο τρόπος αξιολόγησης και βαθμολόγησης που έχει αναπτύξει η Εγνατία Οδός. Στόχος είναι η ορθή και έγκαιρη επιλογή του χρόνου συντήρησης των αρμών. Τέλος δίνονται αναλυτικά στοιχεία κόστους και παρουσιάζονται συμπεράσματα για τον χρόνο, τον τύπο και την έκταση της επισκευής που απαιτείται για τους διάφορου τύπους αρμών.

**ABSTRACT :** The expansion joint is one of the most vulnerable elements of concrete and bridges. The joint is located on the deck surface and is subjected to continuous heavy loading from vehicles and trucks. Moreover, joint is exposed to the natural elements, such as water and chemicals effects, such as salt and oil derivatives. In this paper the results of the inspection, evaluation and maintenance of bridge expansion joints of Egnatia Odos Motorway, are presented, concerning a total of 700 joints (total length 7.500m). The positions and the method of the visual inspection of the joints, are also given herein, as for detecting different damage types. Furthermore, it presents the method of valuation of deterioration based on the evaluation and the Egnatia Odos joint rating system, to choice properly the time response of maintenance. Finally, details of cost and results of the first significant regular maintenance of concrete bridge joints of Egnatia Odos is analysed, while conclusions are drawn on the timing, the type and the extent of

---

<sup>1</sup> Πολ. Μηχ/κος MSC, Εγνατία Οδός Α.Ε., Τμήμα Συντήρησης Μεγ. Τεχνικών Έργων, email: [zbarba@egnatia.gr](mailto:zbarba@egnatia.gr)

<sup>2</sup> Δρ. Πολ. Μηχ/κος, Εγνατία Οδός Α.Ε, Προϊστάμενος Τμήματος Συντήρησης Μεγ. Τεχνικών Έργων.

required repair and the accuracy application of the various types of joints, depending on range of movement and operation conditions.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοδική τακτική επιθεώρηση των αρμών καταστρώματος των γεφυρών είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της δομικής και λειτουργικής κατάστασής τους, την έγκαιρη διάγνωση βλαβών και την ορθή επιλογή του χρόνου, της μεθόδου και της έκτασης επισκευής τους, πριν οι φθορές επηρεάσουν την ακεραιότητα τους και πριν γίνουν επικίνδυνες για την κυκλοφορία. Καθώς η ηλικία των αρμών των γεφυρών και τεχνικών της Εγνατίας Οδού μεγαλώνει, γίνεται ολοένα και πιο απαραίτητη η τακτική επιθεώρησή τους και πριν από όλα των αρμών τους.

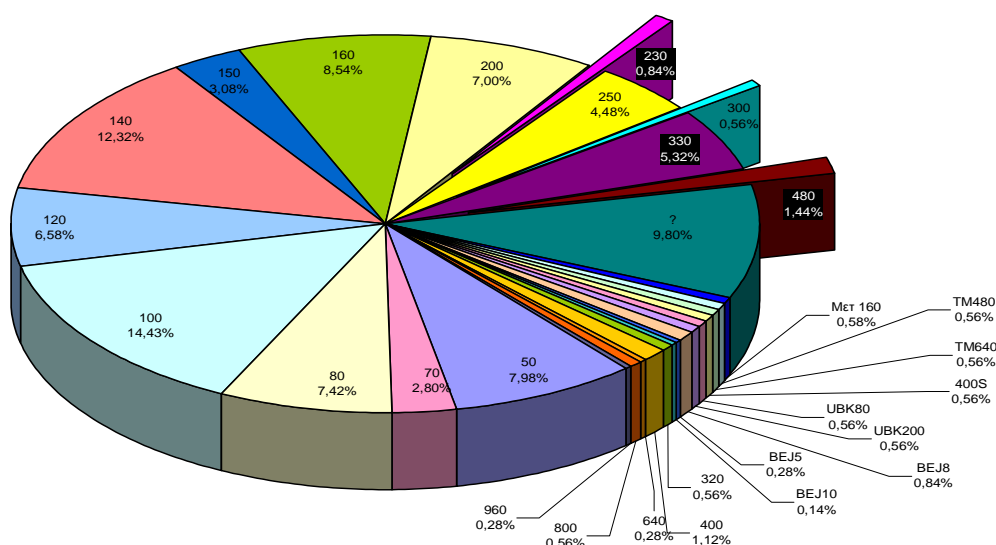
Στην Ελλάδα και κατά μήκος της Εγνατίας Οδού, όπου αναμένονται ασθενείς αλλά και ισχυροί σεισμοί κατά τη διάρκεια ζωής των γεφυρών και τεχνικών, ο σχεδιασμός των αρμών (Εγκύκλιος Ε39/99) λαμβάνει υπόψη την απαίτηση της παραλαβής πέραν των λειτουργικών μετακινήσεων (συρρίκνωση, ερπυσμός, θερμοκρασία) και ενός σημαντικού ποσοστού (40%) των σεισμικών μετακινήσεων, που είναι διαμήκεις, εγκάρσιες αλλά και κατακόρυφες. Αυτό στην πράξη οδηγεί σε μία σημαντική αύξηση της μετακίνησης σχεδιασμού των αρμών, που κυμαίνεται αναλόγως της διαμήκους ιδιοπεριόδου της γέφυρας  $T_x$  (από 0,6 – 2sec), της σεισμικότητας της περιοχής (από 0,16 έως 0,24g) και της κατηγορίας εδάφους (Α, Β ή Γ), από  $\pm 10\text{mm}$  έως  $\pm 100\text{mm}$ . Η υπόψη αύξηση οδηγεί σε μεγάλη αύξηση του κόστους των αρμών

Όπως προκύπτει από την εμπειρία της επιθεώρησης και συντήρησης τους, οι αρμοί σε αρκετές περιπτώσεις, όταν δεν συντηρούνται έγκαιρα, φθείρονται σημαντικά πριν την ολοκλήρωση δεκαετίας από την τοποθέτησή τους στην γέφυρα και συνεπώς οι συντηρητικές και δαπανηρές σεισμικές θεωρήσεις για τις οποίες σχεδιάσθηκαν παραμένουν στην σφαίρα της θεωρίας.

Οι αρμοί είναι απαραίτητο να αντέχουν στο χρόνο υπό τις φορτίσεις της κυκλοφορίας και υπό τις επαναλαμβανόμενες συστολές - διαστολές του φορέα (συχνά υπό ακραίες κλιματικές συνθήκες). Στην Εγνατία Οδό οι αρμοί είναι παρόντες σε όλα τα τεχνικά ανοίγματα μεγαλύτερου των 15 – 20 μέτρων. Η μεγάλη πλειοψηφία των γεφυρών της Εγνατίας Οδού έχει αρμούς μόνο στα άκρα του φορέα τους.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΡΜΩΝ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Οι αρμοί χωρίζονται σε κατηγορίες αναλόγως του υλικού κατασκευής τους, και της ικανότητας παραλαβής της σχετικής διαμήκους ή/ και εγκάρσιας μετακίνησης του φορέα ως προς το ακρόβαθρο. Σε κάθε κατηγορία αρμού εντοπίζονται διαφορετικά προβλήματα λειτουργίας και είδη φθορών. Οι τέσσερις πιο σημαντικές κατηγορίες αρμών των γεφυρών και τεχνικών της Εγνατίας Οδού δίνονται στο σχήμα 1.



**Σχήμα 1.** Κατανομή εφαρμογής διαφορετικών κατηγοριών αρμών στις γέφυρες της Εγνατίας Οδού

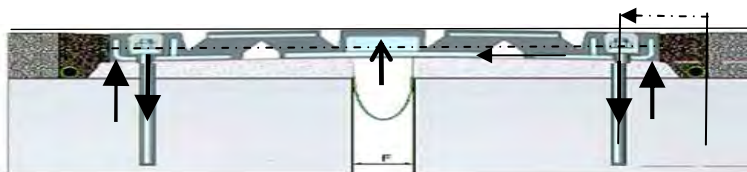
### Αγκυρούμενος ελαστομεταλλικός αρμός ολόσωμης κάλυψης διακένου

Ο αρμός αυτού του τύπου, που αφορά στην συντριπτική πλειοψηφία των αρμών της Εγνατίας Οδού, αποτελείται από ελαστομερές φυσικό καουτσούκ ικανού ενισχυμένο με λεπίδες χάλυβα, κατάλληλου συνολικού πάχους ώστε να διαθέτει την απαιτούμενη δυστημσία και οριζόντια δυστένεια, αναλόγως του απαιτούμενου εύρους μετακίνησης. Μπορεί να καλυφθεί εύρος μετακίνησης από 50cm έως 330cm. Ο αρμός αγκυρώνεται μηχανικά μέσω κοχλιών αγκύρωσης στον φορέα και στο θωράκιο ακροβάθρου και προστατεύεται από τις οριζόντιες κρούσεις εκ διελεύσεως οχημάτων με άκαμπτες μεταβατικές λωρίδες και με την τοποθέτησή του χαμηλότερα από την στάθμη κυκλοφορίας. Στην μεταβατική λωρίδα τοποθετείται αποστραγγιστικός σωλήνας ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση νερού που μπορεί να οδηγήσει σε ρηγμάτωσή της από παγετό. Για την αποφυγή διαρροής των ομβρίων καταστρώματος, τοποθετείται στεγανωτική μεμβράνη στο διάκενο του αρμού.

- **Λειτουργία - Παθολογία**

Στους αρμούς αυτού του τύπου η έκκεντρη, ως προς τον άξονα αγκύρωσης του αρμού σε ακρόβαθρο και φορέα, τοποθέτηση των λεπίδων ενίσχυσης του ελαστομερούς σώματος, προκαλεί αρνητικό βέλος κάμψης του αρμού κατά την συστολή του το καλοκαίρι και θετικό βέλος κάμψης κατά τη διαστολή του τον χειμώνα (σχήμα 2). Στην περίπτωση της συστολής οι κοχλίες αγκύρωσης τελούν υπό μακροχρόνιο εφελκυσμό λόγω της ανάπτυξης ζεύγους δυνάμεων θλίψης (από την βάση έδρασης του αρμού) και εφελκυσμού (από τους κοχλίες αγκύρωσης).

Και στις δύο περιπτώσεις ο αρμός υποβάλλεται σε μόνιμη ισχυρή διάτμηση. Ο μόνιμος εφελκυσμός των κοχλιών αγκύρωσης σε συνδυασμό με την συχνά ανεπαρκή αντιοξειδωτική προστασία τους (σπάνια η τοποθέτηση ανοξειδωτων κοχλιών αγκύρωσης), τους καθιστά ευάλωτους σε γρήγορη και έντονη οξείδωση και κατά συνέπεια οδηγεί σε πρόωρη απώλεια του σπειρώματος κοχλίωσής τους.



**Σχήμα 2.** Αρνητικό βέλος κάμψης αρμού λόγω διαστολής γέφυρας

Την οριακή αντοχή αυτού του τύπου αρμού, που αντιστοιχεί στο οριακό άνοιγμα ή κλείσιμο του, καθορίζει η οριακή διατμητική αντοχή των ελαστομερών στρώσεων. Ωστόσο στην πράξη αποδεικνύεται ότι πολύ πριν την οριακή μετακίνηση λαμβάνει χώρα η αστοχία του συστήματος αγκύρωσης. Συνεπώς η ασύμμετρη ιεράρχηση αντοχών εις βάρος του συστήματος αγκύρωσης οδηγεί σε συχνή βλάβη του. Αυτό έχει ως συνέπεια στις λωρίδες βαρείας κυκλοφορίας να απαιτούνται συχνές δαπανηρές επισκευές τόσο για την υπηρεσία που έχει ευθύνη για τη συντήρησή τους όσο και για τον χρήστη της οδού. Τέλος στην περίπτωση που δεν γίνει έγκαιρα αντιληπτή η βλάβη του συστήματος αγκύρωσης από τον φορέα που επιθεωρεί τους αρμούς (εάν υπάρχει τέτοιος) τότε πολύ σύντομα το κυρίως σώμα του αρμού φθείρεται ανεπανόρθωτα λόγω της έκθεσής του σε άμεσες κρούσεις από τα διερχόμενα οχήματα. Η συνέπεια είναι η γνωστή εικόνα των μπαλωμένων με άλλο υλικό αρμών στους εν λειτουργία εθνικούς αυτοκινητόδρομους στη θέση ενός ή δύο συνήθως τεμαχίων στη λωρίδα βαρείας κυκλοφορίας.

Όλα τα παραπάνω επιδεινώνονται δραματικά όταν συντρέχουν συνθήκες κακής τοποθέτησης (έκκεντρα στο διάκενο ή/και ψηλότερα από την στάθμη κυκλοφορίας), ρηχής αγκύρωσης, ή ανεπαρκούς κάλυψης μεγαλύτερου από το προβλεπόμενο διακένου.

- **Ενδείξεις βλάβης – Συντήρηση**

Η φθορά του αρμού ξεκινάει συνήθως από την φθορά της μεταβατικής λωρίδας, με χαλάρωση, ρηγμάτωση, θραύση και αποκόλληση τμημάτων της. Αιτίες της φθοράς των μεταβατικών λωρίδων είναι κυρίως η τροχαυλάκωση του οδοστρώματος πριν και μετά, με συνέπεια ο αρμός και οι μεταβατικές λωρίδες τους να καταπονούνται από κρούσεις διερχομένων οχημάτων, των σημαντικών σχετικών στροφών μεταξύ θωρακίου και φορέα και του ακατάλληλου υλικού και πλάτους της μεταβατικής λωρίδας από τον κατασκευαστή. Απαιτείται άμεση επισκευή των μεταβατικών λωρίδων με άκαμπτο υλικό σε ικανό πάχος (τουλάχιστον 10εκ.) και σε βάθος έως την βάση έδρασης του αρμού ώστε να μην εκτεθεί το σώμα του αρμού σε κρούσεις.



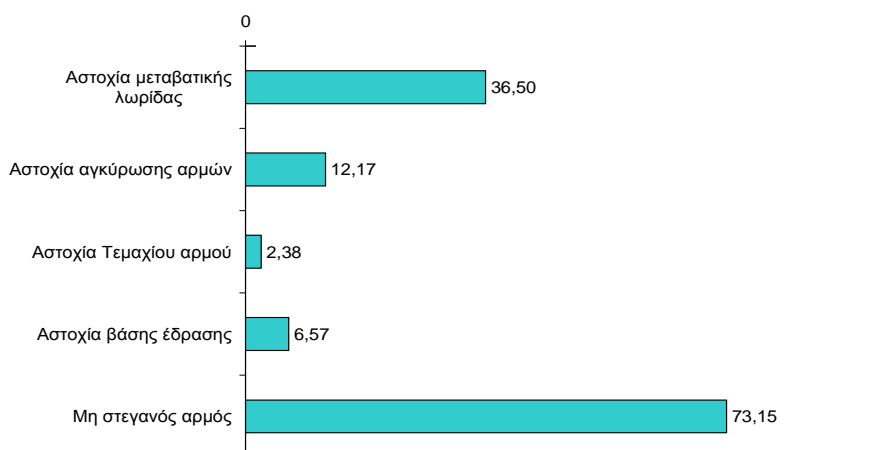
**Σχήμα 3.** Χαρακτηριστικές βλάβες και επισκευές ελαστομεταλλικών αρμών

Η βασική ένδειξη σημαντικής βλάβης των κοχλιών αγκύρωσης είναι η παραγωγή χαρακτηριστικού ήχου («κουδούνισμα») κατά τη διέλευση βαρέων και υπέρβαρων οχημάτων και η κατακόρυφη μετακίνηση τεμαχίων του αρμού. Αυτό συνήθως οφείλεται στην απώλεια, λόγω οξείδωσης, τμήματος του σπειρώματος, που επιτρέπει την καθ' ύψος ολίσθηση του αρμού. Εάν δεν επισκευασθεί έγκαιρα η υπόψη φθορά οδηγεί στην πλήρη απώλεια της αγκύρωσης του αρμού που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να παρασυρθεί από διερχόμενα οχήματα και να προκληθεί σοβαρό τροχαίο δυστύχημα. Εάν το βάθος αγκύρωσης ή η συνάφεια με το σκυρόδεμα ή η διάμετρος των κοχλιών αγκύρωσης είναι ανεπαρκή τότε προηγείται η πλήρης απώλεια του κοχλία αγκύρωσης ή η θραύση τμήματός του. Σε αρμούς που έχουν λαθεμένα τοποθετηθεί ψηλότερα από την στάθμη κυκλοφορίας οι παραπάνω φθορές λαμβάνουν χώρα πιο γρήγορα και πιο έντονα. Η επισκευή των κοχλιών αγκύρωσης πρέπει να γίνει άμεσα. Γίνεται νέο σπείρωμα μικρότερης διαμέτρου (λύση προσωρινή) ή νέα διάτρηση δίπλα στον παλιό κοχλία αγκύρωσης και τοποθέτηση νέου, χωρίς να είναι συνήθως απαραίτητη η αφαίρεση των τεμαχίων

Η υποχώρηση τμημάτων της μεταβατικής λωρίδας ή η κατακόρυφη παραμόρφωση του σώματος του αρμού, είναι ένδειξη αστοχίας της βάσης έδρασης του. Σε αυτή την περίπτωση ο αρμός έχει υποστεί μη αναστρέψιμες βλάβες. Έλεγχος της βάσης έδρασης θα πρέπει να γίνεται και στην περίπτωση αρμού ανεπαρκούς για το διάκενο που γεφυρώνει ή αρμού έκκεντρα αγκυρωμένου ως προς το διάκενο. Η επισκευή ή ανακατασκευή της βάσης έδρασης είναι απαραίτητη σε αυτές τις περιπτώσεις, με κατάλληλη εάν απαιτείται επέκτασή της για να προκύψει μειωμένο, συμβατό με τον αρμό, διάκενο. Στην περίπτωση αρμών μικρού εύρους μετακίνησης όπου λόγω μικρού πάχους τους

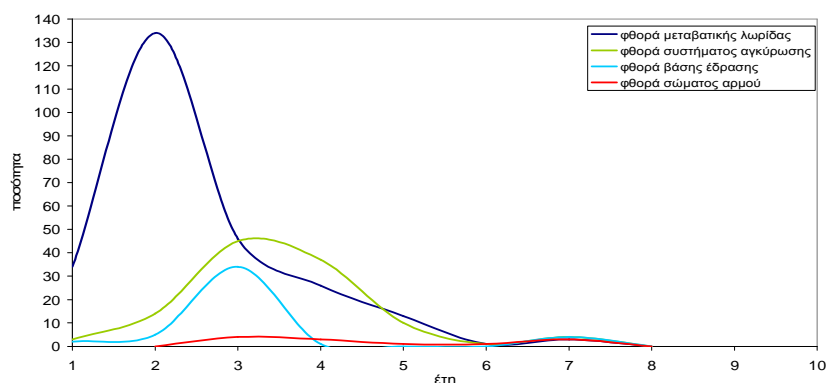
απαιτείται μεγάλου πάχους βάση, είναι απαραίτητη η σχολαστική όπλιση της νέας βάσης και σύνδεσή με οπλισμούς με τον φορέα.

Τέλος είναι συχνή η παράλειψη τοποθέτησης της στεγανωτικής μεμβράνης στο διάκενο του αρμού ή η αστοχία της λόγω ανεπαρκούς πλάτους και πάχους. Η τοποθέτηση στεγανωτικής μεμβράνης, οπλισμένης με πολυεστερικό πλέγμα (πάχους > 3χλστ), είναι απαραίτητη **πάντοτε** για την προστασία από διαβροχή των δομικών στοιχείων που είναι κάτω από τον αρμό. Στο διάγραμμα του σχήματος 4 φαίνονται ως ποσοστό επί του συνόλου των 700 αρμών οι βασικές φθορές των αρμών της Εγνατίας Οδού



Σχήμα 4. Ποσοστά φθορών αρμών της Ε.Ο.

Στο διάγραμμα του σχήματος 5 δίνεται η χρονική κατανομή εκδήλωσης της φθοράς των αρμών από την στιγμή της τοποθέτησής τους. Μπορούμε έτσι να προσδιορίσουμε τους χρόνους εκδήλωσης των βασικών τύπων βλάβης και να περιγράψουμε βάσει πραγματικών δεδομένων τον κύκλο ζωής του ελαστομεταλλικού αρμού, που όπως φαίνεται με δυσκολία καλύπτει τη δεκαετία.



Σχήμα 5. Χρονική εκδήλωση των βασικών βλαβών ελαστομεταλλικού αρμού.

### **Αγκυρούμενος ελαστομεταλλικός αρμός με μεταλλική πλάκα κάλυψης διακένου.**

Για την παραλαβή μεγάλων σχετικών μετακινήσεων του φορέα από ( $\pm 165$  έως  $\pm 800$ χιλ) τοποθετείται συνήθως αγκυρούμενος αρμός αποτελούμενος από δύο τμήματα, ένα ελαστομεταλλικό (φυσούνα) και ένα μεταλλικό (πλάκα). Πλάκα και φυσούνα συνδέονται μεταξύ τους κοχλιωτά και αγκυρώνονται η μεν φυσούνα με κοχλίες αγκύρωσης στον φορέα η δε πλάκα μέσω εφεδράνων στο ακρόβαθρο. Ο αρμός αυτός αποδεικνύεται ορισμένες φορές προβληματικός και τρωτός. Συγκεκριμένα η βαρειά και άκαμπτη πλάκα γεφύρωσης διακένου εφ'όσον ανυψωθεί λόγω διαστολής της γέφυρας εκτίθεται σε κρούσεις ιδιαίτερα στην λωρίδα βαρειάς κυκλοφορίας, με συνέπεια να φεύγει από τη θέση της λόγω αδυναμίας συγκράτησής της από τις βίδες σύνδεσής της με την φυσούνα ή λόγω αστοχίας των εφεδράνων συγκράτησής της στο ακρόβαθρο. Συνιστάται αναλόγως της θερμοκρασίας τοποθέτησης του αρμού, η κατάλληλη υψομετρική τοποθέτηση της σύνδεσης φυσούνας - πλάκας, ώστε να αποτρέπεται μακρόχρονη ανύψωση και έκθεση σε κρούσεις εκ βαρέων οχημάτων.

Στην Εγνατία Οδό έχουν τοποθετηθεί τέτοιου τύπου αρμοί σε δεκάδες γέφυρες μήκους μεγαλύτερου των 350μέτρων. Στις περιπτώσεις αστοχίας των αρμών αυτών, επιχειρήθηκε η άρση της δυσμενούς υψομετρικής θέσης της πλάκας προτού αντικατασταθούν τα βλαμμένα στοιχεία αγκύρωσης του αρμού.



**Σχήμα 6.** Βλάβες αρμών με μεταλλική κάλυψη διακένου.

### **Άοπλος ελαστομερής αρμός αγκυρούμενος μέσω σφήνωσης σε μεταλλικούς οδηγούς**

Ο αρμός αυτός αποτελείται από κατάλληλου πάχους ελαστομερές φύλλο που γεφυρώνει μικρού διακένου αρμούς. Στα άκρα του διακένου αγκυρώνονται στον φορέα και στο ακρόβαθρο μεταλλικοί οδηγοί στους οποίους θηλυκώνει το ελαστομερές φύλλο. Συνιστάται η τοποθέτηση του φύλλου με σφήνωση, ώστε να μπορεί να παρακολουθήσει χωρίς εφελκυσμό την έκτασή του αρμού λόγω συστολής του τεχνικού. Ο αρμός αυτός είναι για μικρά και μεσαία εύρη μετακίνησης ο πιο αξιόπιστος αρμός της Εγνατίας Οδού, ενώ είναι ο μοναδικός απόλυτα στεγανός αρμός. Ακόμη και στην περίπτωση που δεν είναι επαρκώς σφηνωμένος, η βλάβη του είναι ανώδυνη για την κυκλοφορία, καθώς αποδεσμεύεται από τους μεταλλικούς οδηγούς και χρειάζεται απλώς να επανατοποθετηθεί το ελαστομερές φύλλο.



**Σχήμα 7.** Αρμός αγκυρούμενος (σφηνωτός) και ένδειξη (δεξιά) τοπικής αποσύνδεσης.

### **Μεταλλικός οδοντωτός αρμός**

Ο μεταλλικός οδοντωτός αρμός αποτελείται από δυο χαλύβδινες πλάκες οδοντωτού σχήματος, οι οποίες συναρμολογούνται η μια στην άλλη, και χωρίζεται σε δυο τύπους: τον οδοντωτό σε πρόβολο και τον υποστηριζόμενο. Ο οδοντωτός αρμός σε πρόβολο χρησιμοποιείται όπου απαιτείται μικρό εύρος του διακένου. Ο υποστηριζόμενος οδοντωτός αρμός χρησιμοποιείται σε τεχνικά μεγαλύτερου ανοίγματος. Τοποθετήθηκαν σε ελάχιστες γέφυρες της Εγνατίας Οδού σε αντίθεση με άλλες χώρες (π.χ. ΗΠΑ) όπου είναι ευρύτατη η χρήση τους. Εφ' όσον οι αρμοί είναι ανοξείδωτοι και έχουν ληφθεί επαρκή μέτρα έναντι διαφορικών καθιζήσεων/στροφών του ακροβάθρου, αποτελούν μια ιδιαίτερα αξιόπιστη και ελάχιστου κόστους συντήρησης λύση, για φορείς γεφυρών μεγάλου μήκους με εγκάρσια δέσμευση (διατμητικό σύνδεσμο), που είναι άλλωστε ο κανόνας.

### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Η αποτίμηση της φθοράς των αρμών μέσω μίας 9βάθμιας βαθμολογίας τους βασίζεται τόσο στα διεθνή πρότυπα, κυρίως εκείνα των συστημάτων διαχείρισης των ΗΠΑ, όσο και στην σημαντική εμπειρία από την αξιολόγηση της κατάστασης των εκατοντάδων κατασκευασμένων γεφυρών της Εγνατίας Οδού. Η βαθμολόγηση γίνεται βάσει της αξιολόγησης των φθορών των μεταβατικών λωρίδων τους, της αγκύρωσής τους, του σώματός τους και της βάσης τους. Η βαθμολογία είναι ενιαία για την λειτουργία του κάθε αρμού. Η βαθμολογία του πίνακα 2 λαμβάνει υπόψη την θέση, την έκταση και την σοβαρότητα της φθοράς σε σχέση με την ακεραιότητα του αρμού και την επικινδυνότητα για τον χρήστη της οδού (Εγνατία Οδός Α.Ε., 2009).

Τα κόστη των βασικών ενεργειών συντήρησης δίνονται στον πίνακα 2. Στα κόστη συμπεριλαμβάνονται η αξία της εργασίας και των υλικών, δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια και τοποθέτηση σήμανσης αποκλεισμού της οδού.

**Πίνακας 1.** Βαθμολογία αξιολόγησης αρμών – απαιτούμενες ενέργειες.



Κατάσταση	Περιγραφή	Δυνατές ενέργειες
7-9	Ο αρμός λειτουργεί κανονικά. Μικρές φθορές ή κακοτεχνίες τοποθέτησης δεν έχουν επηρεάσει ακόμη την ακεραιότητά του.	0-Καμία ενέργεια 1-Επισκευή μεταβατικής
4-6	Τεμάχιο ή τεμάχια έχουν χάσει μικρότερο ή μεγαλύτερο τμήμα της αγκύρωσής τους.	0-Καμία ενέργεια 1-Επισκευή μεταβατικής 2-Επισκευή κοχλιών αγκύρωσης 3-Αντικατάσταση κοχλιών αγκύρωσης 4-Τοποθέτηση στεγαν. μεμβράνης 5-Ανακατασκευή της βάσης
1-3	Πλήρης απώλεια της αγκύρωσης του αρμού, μη αναστρέψιμες βλάβες στο σώμα των αρμών και στην βάση έδρασής τους.	1-Επισκευή μεταβατικής 2-Επισκευή κοχλιών αγκύρωσης 3-Αντικατάσταση κοχλιών αγκύρωσης 4-Τοποθέτηση στεγαν. μεμβράνης 5-Ανακατασκευή της βάσης 6-Αντικατάσταση τεμαχίου αρμού

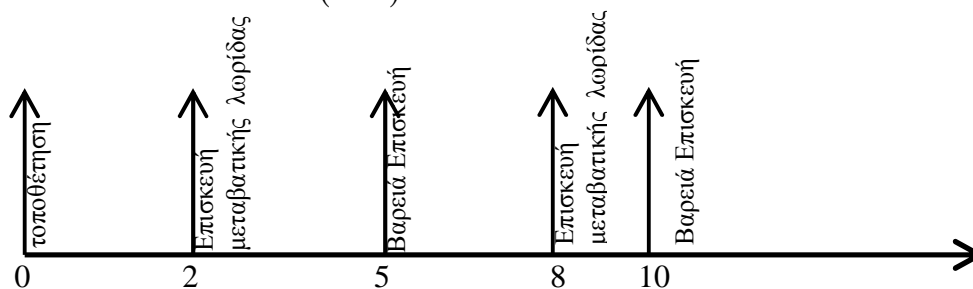
Πίνακας 2. Τιμές Αποκατάστασης Αρμών 3<sup>ου</sup> Τριμήνου 2008.

Είδος εργασίας	Τιμή Μονάδας
Αποκατάσταση οπλισμένης μεταβατικής λωρίδας αρμού	82,0 €/m
Επισκευή κοχλιών αγκύρωσης αρμών διαστολής - συστολής γέφυρας	38,0 €/τεμ.
Αντικατάσταση κοχλιών αγκύρωσης αρμών διαστολής - συστολής γέφυρας	72,0 €/τεμ.
Αντικατάσταση αρμών διαστολής - συστολής γέφυρας εύρους μετακίνησης 60 χλστ.	864,5 €/m
Ανακατασκευή της βάσης έδρασης αρμού διαστολής - συστολής γέφυρας (αμφότερες οι πλευρές έδρασης του αρμού)	250,0 €/m
Επικόλληση στεγανωτικής μεμβράνης στα χείλη του διάκενου του αρμού διαστολής - συστολής γέφυρας	24,0 €/m
Διάταξη αποχέτευσης - απαγωγής υδάτων αρμών στον φυσικό αποδέκτη	200,0 €/τεμ.
Αφαίρεση και επανατοποθέτηση υπάρχοντος αρμού	70,0 €/m

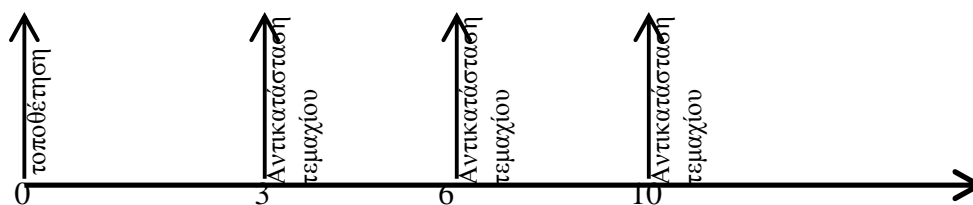
Ο προτεινόμενος τυπικός κύκλος ζωής των αγκυρούμενων ελαστομεταλλικών αρμών, όπως προκύπτει από τον παρακολούθηση του χρόνου εκδήλωσης των βασικών βλαβών τους και του κόστους επισκευής τους, σύμφωνα με το σχήμα 8 και τον πίνακα 2, παρουσιάζεται στη συνέχεια (σχήμα 9) για έναν ελαστομεταλλικό αρμό μέγιστου εύρους 330 ( $\pm 165$ ). Το κόστος του προτεινόμενου τυπικού κύκλου ζωής ελαστομεταλλικού αρμού εύρους 330 ( $\pm 165$ ) - που για να τηρηθεί απαιτείται έγκαιρη επισκευή των αρχικών φθορών πριν επεκταθούν σε βλάβες ζωτικών τμημάτων των αρμών - ανηγμένο στο αρχικό έτος τοποθέτησης, είναι ίσο με 7.938,00 €. Ο υπολογισμός του έγινε με εφαρμογή της σχέσης (1), στην οποία  $M$  είναι το κόστος στοιχειώδους συντήρησης και επιθεώρησης,  $C_{k,t}$  το κόστος της ενέργειας  $k$  την χρονική στιγμή  $t$  και  $i$  είναι το ετήσιο επιτόκιο.

Το κόστος όμως του πρώτου κύκλου ζωής του ίδιου αρμού χωρίς τακτική επιθεώρηση και έγκαιρη συντήρηση (σχήμα 7) είναι υπερδιπλάσιο και ίσο με 19000,00 €.

$$P = M \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} + \sum_K \frac{C_{k,t}}{(1+i)^t} \quad (1)$$



Σχήμα 8. Τυπικός κύκλος ζωής αρμού με τακτική επιθεώρηση και συντήρηση



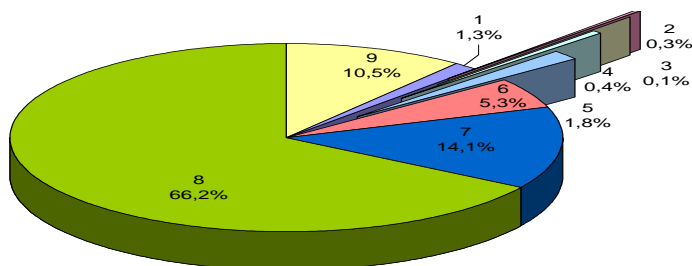
Σχήμα 9. Κύκλος ζωής αρμού χωρίς τακτική επιθεώρηση και συντήρηση.

Στον τυπικό κύκλο ζωής, στη πρώτη δεκαετία έχουμε δαπανήσει για τακτική συντήρηση σχεδόν το κόστος ενός καινούριου αρμού, ετησίως το 7% του αρχικού κόστους, ενώ χωρίς τακτική συντήρηση δαπανούμε υπό την πίεση της συχνής αστοχίας του αρμού λόγω μη συντήρησής του, 4 καινούριους αρμούς, ή ετησίως 30% του αρχικού κόστους. Στα προηγούμενα κόστη δεν συμπεριλάβαμε το κόστος χρήστη για τις δύο περιπτώσεις, το οποίο γέρνει δραματικά την πλάστιγγα υπέρ της τακτικής συντήρησης. Στην πράξη έχει παγιωθεί την τελευταία δεκαπενταετία μία πρακτική η οποία εναλλακτικά της αντικατάστασης του πρόωρα αστοχούντος (λόγω ανεπαρκούς συντήρησης) αρμού επιλέγει το αισθητά φθηνότερο «μπάλωμά του» με σκυροδέμα ασφαλικής μαστίχης. Η πρακτική αυτή για αρμούς ακόμη και μεσαίου εύρους μετακίνησης αποδεικνύεται αναπάντεχα αποτελεσματική και ανθεκτική λύση. Ωστόσο χαρακτηρίζεται από προβλήματα στην περιοχή συναρμογής ελαστομεταλλικού αρμού και ασφαλικού σκυροδέματος, όπου εξέχουν επικίνδυνα για τον χρήστη τμήματα των γειτονικών αρμών, καθώς και από προβλήματα στεγανότητας για μεσαίου εύρους αρμούς λόγω γρήγορης ρηγμάτωσης του ασφαλικού σκυροδέματος.

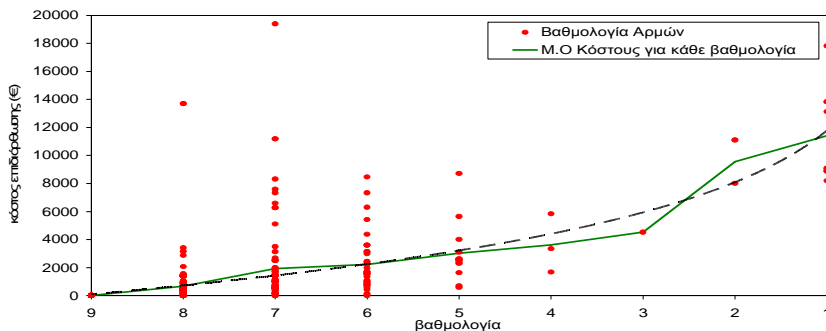
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΜΩΝ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Έχουν επιθεωρηθεί από το Τμήμα Συντήρησης Γεφυρών της Εγνατίας Οδού, όλα τα τεχνικά με αρμό συστολοδιαστολής. Συνολικά επιθεωρήθηκαν 700 αρμοί, συνολικού μήκους 7.500μ. (Εγνατία Οδός 2008, 2009). Όλα τα στοιχεία των αρμών, καταχωρήθηκαν στις τριμηνιαίες αναφορές κάθε τεχνικού, και στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων των γεφυρών της Εγνατίας Οδού.

Ο κάθε αρμός βαθμολογείται ξεχωριστά σύμφωνα με τον πίνακα 1. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας των αρμών της Ε.Ο. είναι 7,68 δηλαδή σε καλή κατάσταση.



**Σχήμα 10.** Ποσοστιαία κατανομή βαθμολογίας αρμών γεφυρών της Εγνατίας Οδού.



**Σχήμα 11.** Προτεινόμενη εμπειρική καμπύλη κόστους - βαθμολογίας τεμαχίου αρμών.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο αρμός συστολοδιαστολής είναι ένα από τα πιο ευάλωτα στοιχεία των γεφυρών από σκυρόδεμα. Είναι απαραίτητη και συμφέρει στον φορέα συντήρησης των γεφυρών η συχνή επιθεώρησή τους και η έγκαιρη επισκευή τους, πριν εκτεθούν σε φορτίσεις που οδηγούν σε σοβαρή βλάβη των τεμαχίων της λωρίδας βαρείας κυκλοφορίας και θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του οδηγού.

Η προβληματική συμπεριφορά ορισμένων τύπων αρμών που συνοδεύεται από συχνές βλάβες, σε συνδυασμό με τις πολύ συντηρητικές θεωρήσεις των αντισεισμικών κανονισμών, απαιτούν μία συνολική επανεξέταση των κριτηρίων

σχεδιασμού των αρμών, που θα επιτρέψουν ανάλογα με το πραγματικό εύρος μετακίνησης την εφαρμογή και άλλων εναλλακτικών αξιόπιστων λύσεων. Ως τέτοιες εναλλακτικές λύσεις δεν αποκλείονται για μικρό και μεσαίο εύρος μετακίνησης (<150mm) οι αρμοί σκυροδέματος ασφατικής μαστίχης και για μεγάλο εύρος μετακίνησης (>200mm) οι μεταλλικοί οδοντωτοί αρμοί.

Τονίζεται ότι η στεγανότητα των αρμών είναι ζωτικής σημασίας για την ανθεκτικότητα κύριων δομικών στοιχείων της γέφυρας, όπως το σκυρόδεμα των μετώπων αγκύρωσης των προεντεταμένων φορέων, τα εφέδρανα και τα μεσόβαθρα, αφού η μη τοποθέτηση στεγανωτικής μεμβράνης ικανού πάχους και πλάτους, οδηγεί στην μακροχρόνια διαβροχή και φθορά τους.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

California. Department of Transportation Element Level Inspection Manual. Sacramento: Engineering Service Center (2000).

Εγνατία Οδός Α.Ε. Αναλυτικό Εγχειρίδιο Οπτικής Επιθεώρησης Γεφυρών. Θεσσαλονίκη. (Έκδοση 2008)

Εγνατία Οδός Α.Ε. Αναλυτικό Εγχειρίδιο Οπτικής Επιθεώρησης Αξιολόγησης & Συντήρησης Αρμών Συστολο-Διαστολής Γεφυρών. Θεσσαλονίκη. (Έκδοση 2009)

FHWA. Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges, Report No. FHWA-PD-96-001, (1995).

FHWA. Bridge Inspector's Reference Manual. Publication No. FHWA-NHI-03-001. (2002)

Μπίτσικας Τ., Κεπαπτσόγλου Κ., Καρλαύτης Μ., Πανέτσος Π., Ανάπτυξη Πρωτότυπου Λογισμικού Διαχείρισης Γεφυρών, 4<sup>ο</sup> Τελικό Παραδοτέο Σύμβασης Ερ. έργου 2160/A01/ΔΜ/ΕΟΑΕ., αρ. κ. S-331. (2006)

Μπίτσικας Τ., Πανέτσος Π. 2005. Ολοκλήρωση Ηλ. Βάσης Δεδομένων των Γεφυρών της ΕΟ, Τελικό Παραδοτέο Σύμβασης Ερ. έργου 2160/A01/ΔΜ/ΕΟΑΕ, αρ. κ. S-323 (2006).

Πανέτσος Π., Ρεντζεπέρης Ι., Λιώλιος Α. Σύστημα διαχείρισης της κύριας συντήρησης οδικών γεφυρών από σκυρόδεμα. 15<sup>ο</sup> Συνέδριο Ελλ. Σκυροδέματος. (2006)

Washington D.C. Manual for Condition Evaluation of Bridges. 2nd ed. American Association of State Highway and Transportation and Transportation Official (2001).