

Εκτίμηση της Επικινδυνότητας στα Τεχνικά Έργα με Χρήση Ποσοτικών Τεχνικών και Στατιστικών Στοιχείων Ατυχημάτων

Παρασκευάς Θ. Βρούντας

Διπλ. Αγρονόμος. Τοπογράφος Μηχανικός και
Μεταπτ. Φοιτητής ΔΧΤ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

vrountaspar@gmail.com, std081023@ac.eap.gr

Παναγιώτης Κ. Μαρχαβίλας

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

marhaval@ee.duth.gr

Περίληψη – Αντικείμενο της εργασίας είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας στους χώρους εργασίας στον τομέα των κατασκευών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο σημαντικές μεθοδολογίες καθώς και μια συνδυαστική τεχνική ανάλυσης (combined analysis) των παραγόμενων αποτελεσμάτων τους. Η πρώτη τεχνική είναι η αναλογική τεχνική (PRAT) [Marhavalas and Koulouriotis 2008, Marhavalas 2009, Marhavalas et al. 2011] και η δεύτερη είναι η τεχνική ανάλυσης των χρονοσειρών TSP (Time Series Processes) [Marhavalas et al. 2013]. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση στατιστικών στοιχείων εργατικών ατυχημάτων στην Ελλάδα, στην Κύπρο, στη Γαλλία, στη Γερμανία και στην Ισπανία. Τα στοιχεία αυτά έχουν συλλεχθεί από διαφορετικές πηγές και για διάφορα χρονικά διαστήματα, και συγκεκριμένα: (i) για την Ελλάδα από το Σ.Ε.Π.Ε. (Σώμα Επιθεώρησης Εργασίας) για τα έτη 2001-2011, (ii) για την Κύπρο από το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας της Κύπρου για τα έτη 2003-2011, και (iii) για τις χώρες Ελλάδα, Γερμανία, Γαλλία, Ισπανία από τη βάση δεδομένων της Eurostat για τα έτη 1996-2007. Τα σχετικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκτιμώμενη τιμή της επικινδυνότητας για τον κλάδο των Κατασκευών (Οικοδομές και Δημόσια Έργα) σε ορισμένες περιπτώσεις είναι μεγαλύτερη του 200 και συνεπώς καταδεικνύεται η αναγκαιότητα της λήψης μέτρων το αργότερο μέσα σε χρονικό διάστημα ενός έτους, προκειμένου να υποβαθμιστεί ο άμεσος κίνδυνος για την εκδήλωση θανατηφόρου ατυχήματος.

Λέξεις-Κλειδιά: Εκτίμηση Επικινδυνότητας, Επαγγελματικά Ατυχήματα, Τεχνικά Έργα, Αναλογική Ποσοτική Τεχνική, Τεχνική των Χρονοσειρών, Στατιστική Ανάλυση

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περιβάλλον εργασίας στον τομέα των τεχνικών έργων χαρακτηρίζεται από μια δυναμική εξέλιξη που αφορά στην ανακάλυψη νέων μεθόδων κατασκευής και στον εκσυγχρονισμό της τεχνολογίας παραγωγής που όμως εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Γεννάται έτσι η ανάγκη για καλύτερη κατανόηση των αιτιών που προκαλούν εργατικά ατυχήματα και για συνεχή βελτίωση του επιπέδου της υγείας και της ασφάλειας του εργατικού δυναμικού με σκοπό την εξάλειψη των ατυχημάτων αυτών.

Παρά την εφαρμογή του νομοθετικού πλαισίου, ο κίνδυνος για την υγεία των εργαζομένων δεν παύει να υπάρχει και μάλιστα εντείνεται σε περιόδους έντονης οικονομικής δραστηριότητας και ανάπτυξης. Ειδικότερα, τα τεχνικά έργα λόγω της πολυπλοκότητάς τους και του ανειδίκευτου προσωπικού που χρησιμοποιούν, έχουν την ιδιαιτερότητα ότι οι δραστηριότητές τους έχουν μεγάλο

βαθμό αβεβαιότητας και πληθώρα ανεπιθύμητων πηγών κινδύνου. Τα τεχνικά έργα στη χώρα μας κατέχουν όσο αφορά στην εργασιακή επικινδυνότητα, την πρώτη θέση. Αυτή ορίζεται από δύο βασικές παραμέτρους, από τον αριθμό των ατυχημάτων που καταγράφονται ανά έτος στον τομέα των τεχνικών έργων και ειδικά των θανατηφόρων και από τις επαγγελματικές ασθένειες των εργαζομένων στα τεχνικά έργα που δεν έχουν άμεσο χαρακτήρα και συνήθως αργούν να εκδηλωθούν.

Έτσι, είναι αναγκαία η καλύτερη κατανόηση των κινδύνων που προκαλούν ατυχήματα ή ασθένειες στο χώρο των κατασκευών, των αιτιών και της σοβαρότητας των συνεπειών που προκαλούν. Αυτό μπορεί να γίνει με ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου που θα μειώνουν την πιθανότητα τέτοιων γεγονότων. Οι οργανισμοί που διαθέτουν τους κατάλληλους πόρους για την καλύτερη κατανόηση των κινδύνων που αντιμετωπίζουν και την αποτελεσματικότερη διαχείρισή τους, μπορούν όχι μόνο να αποφύγουν «απρόβλεπτες» δυσκολίες, αλλά ταυτόχρονα να απελευθερώσουν πόρους προς άλλες κατευθύνσεις και να επωφεληθούν ευκαιριών, οι οποίες διαφορετικά ενδεχομένως να απορρίπτονταν ως απλά πολύ «επικίνδυνες».

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας στους χώρους εργασίας των τεχνικών έργων. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία και τεχνικές που μπορεί να αναζητήσει κανείς στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι μέθοδοι εκτίμησης της επικινδυνότητας χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την προσέγγισή τους. Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται οι μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούν την αιτιοκρατική/ντετερμινιστική προσέγγιση (deterministic approach) [Marhavalas et al. 2011]. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι ποιοτικές, ημιποσοτικές, ποσοτικές και υβριδικές τεχνικές. Στην δεύτερη κατηγορία υπάγονται εκείνες οι μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούν την πιθανοκρατική/στοχαστική προσέγγιση (probabilistic/ stochastic approach) με υποκατηγορίες την κλασσική στατιστική προσέγγιση και τη μοντελοποίηση πρόβλεψης ατυχημάτων [Zheng and Liu 2009, Marhavalas et al. 2011].

Ειδικότερα στην εργασία αυτή χρησιμοποιούνται δύο σημαντικές μέθοδοι στην ανάλυση και εκτίμηση της επικινδυνότητας, που μας δίνουν την δυνατότητα για μια ικανοποιητική ανάλυση των διαθέσιμων στατιστικών δεδομένων. Η πρώτη τεχνική είναι η αναλογική τεχνική PRAT (proportional risk assessment technique) [Marhavalas and Koulouriotis 2008, Marhavalas 2009, Marhavalas et al. 2011] και η δεύτερη είναι η τεχνική

αναλυσης των χρονοσειρών TSP (Time Series Processes) [Marhavilas et al. 2013]. Επιπρόσθετα επιχειρείται η συνδυαστική ανάλυση των τεχνικών αυτών με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων πορισμάτων που θα βελτιώσουν τα επίπεδα ασφάλειας στα εργοτάξια.

Πάνω σε αυτό το μεθοδολογικό πλαίσιο γίνεται εφαρμογή όλων των στατιστικών στοιχείων που συλλέχθηκαν και αφορούν αποκλειστικά τα τεχνικά έργα. Συγκεκριμένα, η εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση στατιστικών στοιχείων εργατικών ατυχημάτων στην Ελλάδα, στην Κύπρο, στη Γαλλία, στη Γερμανία και στην Ισπανία. Τα στοιχεία αυτά έχουν συλλεχθεί από διαφορετικές πηγές και για διάφορα χρονικά διαστήματα. Για την Ελλάδα από το Σ.ΕΠ.Ε. (Σώμα Επιθεώρησης Εργασίας) για τα έτη 2001-2011. Για την Κύπρο από το Τμήμα Επιθεώρησης Κύπρου για τα έτη 2003-2011 και για τις χώρες Ελλάδα, Γερμανία, Γαλλία, Ισπανία από τη βάση δεδομένων της Eurostat για τα έτη 1996-2007.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

A. Αναλογική ποσοτική Τεχνική PRAT

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μία τεχνική ποσοτικής εκτίμησης της επικινδυνότητας, έχοντας ως βάση το μοντέλο των Fine & Kinney και Hammer, και εφαρμόζεται στον υπολογισμό της επικινδυνότητας στους διάφορους τύπους ατυχημάτων των εργαζομένων χρησιμοποιώντας καταγεγραμμένα στοιχεία εκδήλωσης ατυχημάτων ή έκθεσης σε πηγές κινδύνου. Η τεχνική αυτή, γνωστή ως Αναλογική Ποσοτική Τεχνική (Proportional Risk Assessment Technique) [βλ. Marhavilas and Koulouriotis 2008, Marhavilas 2009, Marhavilas et al. 2011] χρησιμοποιείται για την εκτίμηση επιχειρησιακών κινδύνων. Χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό τύπο για τον υπολογισμό της ποσοτικής επικινδυνότητας εξαιτίας ενός κινδύνου.

Πιο συγκεκριμένα, Η επικινδυνότητα (risk) R αποτελεί το γινόμενο του δείκτη πιθανότητας P να συμβεί ένα ανεπιθύμητο γεγονός (πηγή κινδύνου), του δείκτη σοβαρότητας αποτελέσματος S (εξαιτίας του ανεπιθύμητου γεγονότος), και της συχνότητας εμφάνισης F του ανεπιθύμητου γεγονότος (ή βλάβης):

$$R=P*S*F \quad (1)$$

Σημειώνεται ότι ο κάθε παράγοντας της σχέσης (1) δύναται να λαμβάνει τιμές από 1 έως 10 σύμφωνα με τις παρακάτω εμπειρικές κλίμακες (βλ. Πίνακες 1, 2, 3). Συνεπώς η επικινδυνότητα εκφράζεται σε μια κλίμακα από 1 έως 1000. Αφού υπολογιστεί η τιμή της επικινδυνότητας, ακολουθεί η λήψη μέτρων σύμφωνα με τον Πίνακα 4. Επισημαίνεται ότι σχετικά με τη διαβάθμιση του δείκτη πιθανότητας στον Πίνακα 1, η τιμή P=1 αντιστοιχεί σε πιθανότητα 10%, η P=2 αντιστοιχεί σε πιθανότητα 20% κ.ο.κ. Επιπλέον, τονίζεται ότι μπορούν να υπάρξουν και ενδιάμεσες τιμές σε σχέση μ' αυτές της κλίμακας, π.χ. η τιμή P=4.3 αντιστοιχεί σε πιθανότητα 43%.

Τα στατιστικά στοιχεία του Σ.ΕΠ.Ε. (έτη 2001-2011), του Τμήματος Επιθεώρησης Κύπρου (έτη 2003-2011) και της Eurostat (έτη 1996-2007) που αφορούν το πλήθος των εργατικών ατυχημάτων που προκλήθηκαν και καταγράφηκαν στα εργοτάξια των Τεχνικών Έργων και στις οικοδομές, καθώς και οι αιτίες πρόκλησης,

αναλύονται και επεξεργάζονται με σκοπό την εκτίμηση της επικινδυνότητας από την σχέση (1). Ο υπολογισμός του κάθε παράγοντα της σχέσης αυτής γίνεται ως εξής:

Ο δείκτης πιθανότητας ατυχήματος P, υπολογίζεται για την κάθε αιτία πρόκλησης ατυχήματος βάσει των ποσοτικών στοιχείων ατυχημάτων με την σχέση:

$P = \frac{\text{Πλήθος Ατυχημάτων ανά Κατηγορία}}{\text{Συνολικό Αριθμό Ατυχημάτων}} (2)$

Ο δείκτης σοβαρότητας αποτελέσματος S, εκτιμάται εμπειρικά καταρχήν, από τον υπεύθυνο ασφαλείας (ή/και τεχνικό ασφαλείας), λαμβάνοντας a priori την χειρίστη περίπτωση, βάσει των συνεπειών που μπορεί να έχει η κάθε αιτία πρόκλησης ατυχήματος κάνοντας χρήση της κλίμακας διαβάθμισης του Πίνακα 2.

Ο δείκτης συχνότητας F κάθε ατυχήματος, υπολογίζεται από το πλήθος των ατυχημάτων που συνέβησαν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ετσι σε ετήσια βάση, θεωρώντας 48 τις εργάσιμες εβδομάδες, και σε εργοτάξιο στο οποίο υφίσταται πενήνήμερη εργασία μίας ημερήσιας βάρδιας, η συχνότητα των ατυχημάτων είναι:

$$f(\text{συχνότητα ατυχ.}) = \frac{\text{Πλήθος Ατυχημάτων ανά κατηγορία}}{48 \times 5} (3)$$

Στη συνέχεια ο δείκτης συχνότητας F (στη στήλη E) προκύπτει από την αντιστοίχιση του εξαγόμενου αποτελέσματος της σχέσης (3) βάσει της κλίμακας διαβάθμισης του Πίνακα 3. Σημειώνεται ότι οι ενδιάμεσες τιμές έχουν προκύψει με γραμμική παρεμβολή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ

Δείκτης Πιθανότητας (P)	Περιγραφή ανεπιθύμητου γεγονότος
10	Αναπόφευκτο
9	Σχεδόν σίγουρο
8	Πολύ πιθανό
7	Πιθανό
6	Πιθανότητα ελαφρώς μεγαλύτερη του 50%
5	Πιθανότητα 50%
4	Πιθανότητα ελαφρώς μικρότερη του 50%
3	Σχεδόν απίθανο
2	Πολύ απίθανο
1	Απίθανο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ

Δείκτης Σοβαρότητας Αποτελέσματος (S)	Περιγραφή ανεπιθύμητου γεγονότος
10	Θάνατος
9	Μόνιμη ολική ανικανότητα
8	Μόνιμη σοβαρή ανικανότητα
7	Μόνιμη ελαφρά ανικανότητα
6	Απουσία από την εργασία για περισσότερες από τρεις εβδομάδες και επιστροφή με προβλήματα υγείας
5	Απουσία από την εργασία για περισσότερες από τρεις εβδομάδες και επιστροφή με πλήρη ανάρρωση
4	Απουσία από την εργασία για περισσότερες από τρεις ημέρες και

	λιγότερο από τρεις εβδομάδες και επιστροφή με πλήρη ανάρρωση
3	Απουσία από την εργασία για λιγότερο από τρεις ημέρες και επιστροφή με πλήρη ανάρρωση
2	Ελαφρύς τραυματισμός χωρίς απώλεια ημερών εργασίας και πλήρη ανάρρωση
1	Καμία ανθρώπινη βλάβη

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ

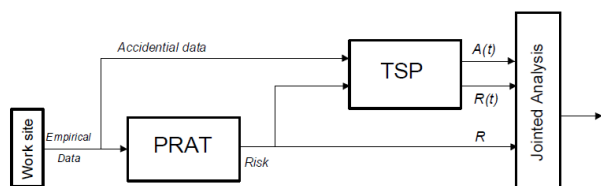
Δείκτης συχνότητας (F)	Περιγραφή ανεπιθύμητου γεγονότος
10	Μόνιμη παρουσία βλάβης
9	Η βλάβη εμφανίζεται ανά 30 δευτερόλεπτα
8	Η βλάβη εμφανίζεται ανά λεπτό
7	Η βλάβη εμφανίζεται κάθε 30 λεπτά
6	Η βλάβη εμφανίζεται κάθε μία ώρα
5	Η βλάβη εμφανίζεται σε κάθε βάρδια
4	Η βλάβη εμφανίζεται μία φορά την εβδομάδα
3	Η βλάβη εμφανίζεται μία φορά το μήνα
2	Η βλάβη εμφανίζεται μία φορά το χρόνο
1	Η βλάβη εμφανίζεται μία φορά στα πέντε χρόνια

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΜΕΣΟΤΗΤΑΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΩΝ

Τιμή της επικινδυνότητας (R)	Βαθμός αμεσότητας λήψης μέτρων
700 - 1000	Άμεση λήψη μέτρων
500 - 700	Λήψη μέτρων σε διάστημα μίας ημέρας
300 - 500	Λήψη μέτρων σε διάστημα ενός μήνα
200 - 300	Λήψη μέτρων σε διάστημα ενός έτους
100 - 200	Μακροπρόθεσμη λήψη μέτρων και παρακολούθηση του συμβάντος
<100	Δεν είναι αναγκαία η άμεση λήψη μέτρων, αλλά η παρακολούθηση του συμβάντος

Β. Τεχνική των χρονοσειρών TSP – Συνδυαστική τεχνική PRAT-TSP



Σχήμα 1. Διάγραμμα προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου, συνδυασμού τεχνικών ανάλυσης και εκτίμησης της επικινδυνότητας.

Το Σχήμα 1 απεικονίζει το διάγραμμα ροής του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου, που συνδυάζει

μία αιτιοκρατική τεχνική (την PRAT) με μία στοχαστική (την TSP) [βλ. *Marhavilas and Koulouriotis 2012*].

Η TSP τεχνική ανήκει στην στοχαστική προσέγγιση, στην κατηγορία των μοντέλων πρόβλεψης ατυχημάτων και χρησιμοποιεί πραγματικά στοιχεία ατυχημάτων για να προβλέψει μελλοντικές εκβάσεις [Marhavilas et al. 2013]. Τα κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της ανάλυσης χρονοσειρών είναι: η γραφική παράσταση, ο μέσος όρος μ, ο τρέχων μέσος όρος, η στασιμότητα, η ανάλυση τάσεων, η ανάλυση περιοδικότητας κ.α.

Επισημαίνεται ότι, τα στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων καθώς και τα εξαγόμενα αποτελέσματα υπολογισμού της επικινδυνότητας με την μέθοδο PRAT αναλύονται περαιτέρω με τη μέθοδο των χρονοσειρών TSP (Time Series Processes), για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 5 που ακολουθεί, ο οποίος παρουσιάζει τα αποτελέσματα εφαρμογής της PRAT στις κατασκευές για το 2006 (βάσει των στατιστικών δεδομένων του ΣΕΠΕ) παρατηρούμε ότι το ατύχημα με αιτία πρόκλησης (ή παράγοντας κινδύνου) «Ολίσθηση - Παραπάτημα - Πτώση ατόμων» έχει την μεγαλύτερη επικινδυνότητα 210,29 για το έτος 2006. Σύμφωνα με τον πίνακα 4 είναι απαραίτητο, να ληφθούν μέτρα σε διάστημα ενός έτους. Η «πηγή» κινδύνου «Υπερχείλιση, ανατροπή, διαρροή, ροή, εξάτμιση, εκπομπή» παρουσιάζει την μικρότερη επικινδυνότητα 4,81. Για αυτήν αλλά και για όλες τις υπόλοιπες αιτίες, δεν είναι αναγκαία η άμεση λήψη μέτρων, αλλά η παρακολούθηση του συμβάντος, καθώς παρουσιάζουν $R < 100$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΤΕΧΝΙΚΗ PRAT ΑΠΟ ΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΣΕΠΕ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2006

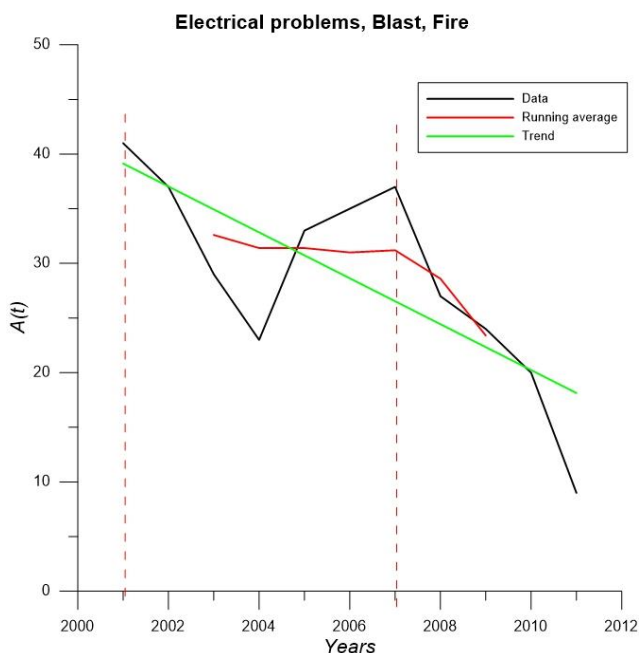
Περιγραφή του ατυχήματος	Πλήθος Ατυχημάτων	P	S	F	R
Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά	35	0,439	10	3,638	15,97
Ολίσθηση - Παραπάτημα - Πτώση ατόμων	367	4,604	9	5,075	210,29
Θραύση, διάρρηξη διάσπαση, ολίσθηση, πτώση, κατάρρευση υλικού παράγοντα	142	1,781	10	4,489	79,95
Υπερχείλιση, ανατροπή, διαρροή, ροή, εξάτμιση, εκπομπή	14	0,175	9	3,055	4,81
Κίνηση του σώματος υπό ή με σωματική ένταση	17	0,213	8	3,138	5,35
Απώλεια ελέγχου μηχανήματος, μέσου μεταφοράς, εργαλείου χειρός, αντικειμένου, ζώου	128	1,606	10	4,416	70,92
Άλλες αιτίες	94	1,179	9	4,239	44,98
Συνολικός αριθμός	797	9,997			

Στον πίνακα 6 αποτυπώνεται η χρονοσειρά των ατυχημάτων $A(t)$ για τα έτη από 2001 έως 2011 από τη βάση δεδομένων του Σ.ΕΠ.Ε για την Ελλάδα σχετικά με τον παράγοντα κινδύνου «Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά», καθώς και οι υπολογιζόμενες τιμές της επικινδυνότητας $R(t)$, και ακολουθούν τα αντίστοιχα γραφήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ $A(t)$ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ $R(t)$ ΓΙΑ ΤΗΝ «ΠΗΓΗ» ΚΙΝΔΥΝΟΥ «ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ, ΕΚΡΗΞΗ, ΠΥΡΚΑΓΙΑ» - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΠΕ

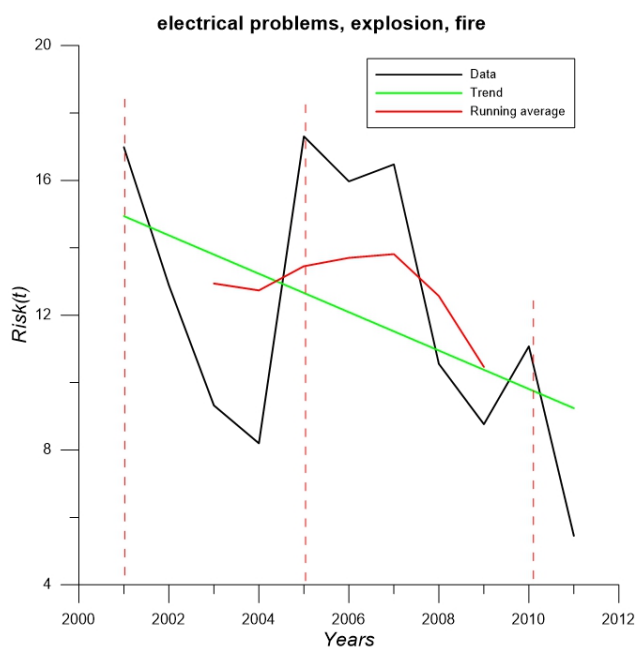
Χρόνος t	A(t)	R(t)
2001	41	16,99
2002	37	12,89
2003	29	9,32
2004	23	8,20
2005	33	17,31
2006	35	15,97
2007	37	16,48
2008	27	10,56
2009	10	5,58
2010	10	13,26
2011	3	3,71



Σχήμα 2. Γράφημα των ατυχημάτων σε σχέση με τον χρόνο για την «πηγή» κινδύνου «Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά» από στοιχεία του Σ.ΕΠ.Ε για την Ελλάδα

Στο γράφημα του Σχήματος 2 που αφορά την χρονοσειρά των ατυχημάτων για τον παράγοντα κινδύνου «Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά» γίνεται αντιληπτή μια πτωτική τάση (σύμφωνα με την ευθεία γραμμής της μέσης τιμής) με έντονες αυξομειώσεις. Επίσης παρατηρούμε μια περιοδικότητα η οποία εμφανίζει μέγιστο κάθε 6 έτη. Παράλληλα, ο κινητός μέσος όρος παρουσιάζει μια σταθερότητα από το 2003 έως το 2007, ενώ από το 2007 και έπειτα συνεχίζει με πτωτική πορεία.

Στο γράφημα του Σχήματος 3 που αφορά την χρονοσειρά της επικινδυνότητας για τον παράγοντα «Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά» γίνεται αντιληπτή μια πτωτική τάση με έντονες αυξομειώσεις. Επίσης παρατηρούμε μια περιοδικότητα η οποία εμφανίζει μέγιστο κάθε 4 ή 5 έτη.



Σχήμα 3. Γράφημα της επικινδυνότητας σε σχέση με τον χρόνο για την «πηγή» κινδύνου «Ηλεκτρικά προβλήματα, έκρηξη, πυρκαγιά» από στοιχεία του Σ.ΕΠ.Ε για την Ελλάδα

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη συγκεκριμένη εργασία, χρησιμοποιώντας τεχνικές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία, καταλήξαμε σε ένα νέο μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο, αφενός μεν συνίσταται στον συνδυασμό της αιτιοκρατικής τεχνικής PRAT και της στοχαστικής TSP (βλ. το διάγραμμα του Σχήματος 1), αφετέρου δε, η εφαρμογή του πραγματοποιείται στηριζόμενοι στην ανάλυση πραγματικών στοιχείων ατυχημάτων. Τα στατιστικά στοιχεία που αναλύθηκαν αφορούν την Ελλάδα και την Κύπρο, ενώ χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων της Eurostat επιχειρήθηκε η ανάλυση και σύγκριση του επιπέδου των ατυχημάτων και της επικινδυνότητας, της Ελλάδας, της Ισπανίας, της Γερμανίας και της Γαλλίας, με εστίαση τις δραστηριότητες του κλάδου των Κατασκευών (Τεχνικά Έργα).

Η αρχή της ανάλυσης του μεθοδολογικού πλαισίου ξεκινά με την εφαρμογή της αναλογικής τεχνικής (PRAT) με τη βοήθεια στατιστικών στοιχείων ατυχημάτων. Ένα από τα σημαντικά ευρήματα όσον αφορά στην ανάλυση με την PRAT είναι η σταθερά υψηλότερη επικινδυνότητα που παρουσιάζεται σε κάθε πίνακα ανά έτος για τα στοιχεία της Ελλάδας, του παράγοντα κινδύνου «Ολίσθηση - Παραπάτημα - Πτώση απόμων» η οποία εμφανίζει επικινδυνότητα που ξεπερνά σε πολλές περιπτώσεις το όριο του 200. Σύμφωνα με την ανάλυση η αιτία αυτή έχει πτωτική πορεία στο χρόνο και εμφανίζει μια περιοδικότητα με μέγιστο ανά 3 έτη.

Ανησυχητικά αποτελέσματα για τα ελληνικά δεδομένα είναι οι ιδιαίτερα αυξημένες τιμές της «πηγή» κινδύνους «Άλλες αιτίες». Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε πως εμφανίζονται τιμές επικινδυνότητας της τάξης του 160. Κάτι τέτοιο σε μια «πηγή» (ή παράγοντα) κινδύνου για την οποία δεν υπάρχουν και δε μπορούν να εξαχθούν πιθανά αίτια, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και θα πρέπει να δοθεί η απαιτούμενη προσοχή. Όσον αφορά τις υπόλοιπες πηγές κινδύνου, οι τιμές της επικινδυνότητας που καταγράφηκαν ήταν κάτω του ορίου του 100, το οποίο σημαίνει πως θα πρέπει να υπάρξει παρακολούθηση των

φαινομένων που προκαλούν την επικινδυνότητα για την περαιτέρω μείωσή της, χωρίς να κρίνεται αναγκαία η άμεση λήψη μέτρων.

Αρκετά σημαντικό εύρημα όμως, ήταν η εμφάνιση περιοδικοτήτων, σχεδόν σε όλα τα γραφήματα τα οποία ήταν είτε χρονοσειρές επικινδυνότητας, είτε χρονοσειρές ατυχημάτων. Η εμφάνιση και η ανάλυση των περιοδικοτήτων που εμφανίζονται μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην προσπάθεια πρόληψης ατυχημάτων. Στα στοιχεία της Κύπρου που εξετάστηκαν, η πηγή κινδύνου που είχε σταθερά τις υψηλότερες τιμές για τα έτη που εξετάστηκαν, η οποία είναι η «*θραύση, διάρρηξη, διάσπαση, ολίσθηση, πτώση κατάρρευση υλικού παράγοντα*», εμπεριέχει και τα ατυχήματα που έχουν να κάνουν με πτώσεις εργαζομένων από ύψη και στο αυτό επίπεδο. Στα στοιχεία της Κύπρου οι αιτίες που επίσης είχαν αρκετά υψηλή επικινδυνότητα ήταν οι: «*Απώλεια ελέγχου μηχανήματος, μέσου μεταφοράς, εργαλείου χειρός, αντικειμένου, ζώου*» και «*Υπερχείλιση, ανατροπή, διαρροή, ροή, εξάτμιση, εκπομπή*», καθώς οι τιμές της επικινδυνότητας αυτών, ήταν συχνά πάνω από 100. Όσον αφορά στη συγκριτική ανάλυση μεταξύ των στοιχείων των παραγόντων κινδύνου της Κύπρου και της Ελλάδος, για την πηγή κινδύνου «*θραύση, διάρρηξη, διάσπαση, ολίσθηση, πτώση κατάρρευση υλικού παράγοντα*», βρέθηκε πως το πλήθος των ατυχημάτων αλλά και η επικινδυνότητα είχαν αρκετά υψηλότερες τιμές για την Κύπρο. Στο διάγραμμα όμως των ατυχημάτων φάνηκε να υπάρχει διαφορά φάσης ενός έτους στα δύο γραφήματα. Επίσης η πηγή κινδύνου «*Υπερχείλιση, ανατροπή, διαρροή, ροή, εξάτμιση, εκπομπή*» στο διάγραμμα ατυχημάτων παρουσιάζει παρόμοια περιοδικότητα με διαφορά φάσης ενός έτους.

Προχωρώντας στην ανάλυση των στοιχείων τα οποία έχουν εξαχθεί από τη βάση δεδομένων της Eurostat, εξετάσαμε την γενική συμπεριφορά των ατυχημάτων ως σύνολο των πηγών κινδύνου χρησιμοποιώντας την τεχνική του μέσου R (Risk). Μια από τις σημαντικές παρατηρήσεις είναι πως σχεδόν όλες οι καμπύλες των

ατυχημάτων από το 2003 και έπειτα, έχουν μια σταθερά πτωτική πορεία. Αυτό όμως δεν αντικατοπτρίζεται στο γράφημα της επικινδυνότητας, καθώς παρατηρήθηκε πως οι καμπύλες σχεδόν για όλες τις χώρες προς εξέταση παραμένουν σταθερές. Εντύπωση προξενούν οι καμπύλες της Ελλάδας και της Γερμανίας, καθώς αν και η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλότερο αριθμό ατυχημάτων είχε αρκετά υψηλή επικινδυνότητα. Από την άλλη πλευρά, η Γερμανία αν και είχε αρκετά μεγάλο πλήθος ατυχημάτων είχε τη χαμηλότερη επικινδυνότητα σε σχέση με όλες τις υπό εξέταση χώρες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Marhavilas, P.K. (2009) Risk Estimation in the Greek Constructions' Worksites by using a Quantitative Assessment Technique and Statistical Information of Occupational Accidents. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 2 (1) 51–55.
- Marhavilas P.K., D.E. Koulouriotis, "A risk estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents' data: application in an aluminum extrusion industry", doi:10.1016/j.jlp.2008.04.009, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, vol. 21, issue 6, p.p. 596-603, 2008.
- Marhavilas P.K., D.E. Koulouriotis and V. Gemeni, "Risk Analysis and Assessment Methodologies in the Work Sites: On a Review, Classification and Comparative Study of the Scientific Literature of the Period 2000-2009", DOI: 10.1016/j.jlp.2011.03.004, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, ISSN 0950-4230, vol 24, issue 5, pp. 477-523, 2011.
- Marhavilas P.K., Koulouriotis D.E. (2012) A combined usage of stochastic and quantitative risk assessment methods in the worksites: Application on an electric power provider. *Reliability Engineering and System Safety* 97 36–46.
- Marhavilas P.K., Koulouriotis D.E., Spartalis S.H. (2013) Harmonic analysis of occupational-accident time-series as a part of the quantified risk evaluation in worksites: Application on electric power industry and construction sector. *Reliability Engineering and System Safety* 112 8–25.
- Zheng X, Liu M. (2009) An overview of accident forecasting methodologies. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 22 484–491.