

# Σπουδή του διαγράμματος κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων σε σχέση με την οδική ασφάλεια

Αλέξανδρος Κοκκάλης<sup>1</sup>, Γεώργιος Μίντσης<sup>2</sup>,  
Χρίστος Ταξιλάρης<sup>2</sup>, Σωκράτης Μπάσμπας<sup>2</sup>,  
Ιωάννης Δημητρόπουλος<sup>3</sup>

1 Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ.

2 Καθηγητής, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ.,

3 Πολιτικός Μηχανικός, Μορέας Α.Ε.

**Περίληψη:** Στην εργασία παρουσιάζονται και σχολιάζονται μετρήσεις λειτουργικών ταχυτήτων που έχουν διεξαχθεί σε επιλεγμένα τμήματα αυτοκινητοδρόμων και εθνικών οδών. Καταβάλλεται προσπάθεια σύνδεσης της μορφής του διαγράμματος κατανομής ταχυτήτων με τη γεωμετρία του τμήματος, με τον τύπο της οδού, με την σύνθεση της κυκλοφορίας, με τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού και με τυχόν υφιστάμενα όρια ταχύτητας. Έχει παρατηρηθεί ότι παρεκκλίσεις της τυπικής 'S' κατανομής στην περιοχή των υψηλών ταχυτήτων μπορεί να συνδέονται με αύξηση των τροχαίων συμβάντων. Προτείνεται σχετικός δείκτης διασποράς της κατανομής που αναδεικνύει μια τέτοια πιθανότητα.

## 1. Εισαγωγή

Το παρόν άρθρο βασίζεται σε ικανό αριθμό μετρήσεων λειτουργικών ταχυτήτων οχημάτων με χρήση ραντάρ σε οδικά τμήματα των αυτοκινητοδρόμων Εγνατία και Μορέας, ως και σε οδικά τμήματα εθνικών οδών του Νομού Ξάνθης. Η επιλογή των οδικών τμημάτων έγινε ώστε να αντιπροσωπεύουν διαφορετικές γεωμετρικές και λοιπές συνθήκες, και συγκεκριμένα:

- Στο πέρας μεγάλων ευθυγραμμιών
- Στο πέρας μεγάλων μηκοτομικών κλίσεων
- Στην κεντρική περιοχή απότομων καμπυλών οριζοντιογραφίας
- Σε συνθήκες νύχτας
- Σε συνθήκες υγρού οδοστρώματος
- Σε ύπαρξη ή μη περιοριστικής οδικής σήμανσης

Ως μεγάλες ευθυγραμμίες ορίζονται αυτές των οποίων το μήκος ξεπερνά την τιμή 20 Ve (όπου Ve η ταχύτητα μελέτης). Ως μεγάλες μηκοτομικές κλίσεις ορίζονται αυτές που αντιστοιχούν στη μέγιστη αποδεκτή τιμή για την χρησιμοποιηθείσα Ve. Ως απότομες καμπύλες οριζοντιογραφίας, ορίζονται, επίσης, οι έχουσες οριακές τιμές κατά την Ve του οδικού τμήματος. Οι συνθήκες νύχτας υπονοούν και την

έλλειψη ηλεκτροφωτισμού του οδικού τμήματος. Τέλος, όλες οι μετρήσεις έγιναν σε συνθήκες ανεμπόδιστης ροής, κάποια όμως οδικά τμήματα είχαν ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό φορτηγών. Έχουν ληφθεί 150 μετρήσεις για την κάθε περίπτωση σε οδικά τμήματα αυτοκινητοδρόμου και εθνικών οδών αντίστοιχα.

Κατά την παρούσα εργασία, προέκυψαν συνολικά 50 περίπου διαφορετικά διαγράμματα κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων τα οποία έδωσαν ευκαιρία σπουδής τους και εξαγωγής αντίστοιχων συμπερασμάτων. Πέραν της τυπικής μορφής του διαγράμματος κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων (S-καμπύλη), από το σύνολο των διαγραμμάτων παρουσιάζονται παρακάτω τα πιο χαρακτηριστικά, εκείνα, δηλαδή, για τα οποία έγινε κατορθωτό να εντοπισθούν αναγνωρίσιμες διαφοροποιήσεις και γίνεται προσπάθεια ερμηνείας τους με βάση την γεωμετρία ή άλλες ιδιαιτερότητες του τμήματος.

## 2. Φυσιολογία μετρήσεων ταχυτήτων

Μείζον ζήτημα σε μετρήσεις ταχυτήτων, όπως και σε κάθε δειγματοληψία, αποτελεί η αντιπροσώπευση του πληθυσμού. Δεν πρέπει οι οδηγοί να αντιληφθούν ότι μετρούνται οι ταχύτητές τους με ραντάρ, διότι αυτό θα ενεργοποιήσει αντανάκλαστικά φρεναρίσματα. Οι ταχύτητες, συνεπώς, μετρούνταν μόλις τα οχήματα διέρχονταν από το σημείο μέτρησης, εμφανίζοντας τότε το ραντάρ και στοχεύοντας την 'πλάτη' των οχημάτων. Οι οδηγοί που ακολουθούσαν, μπορεί, ωστόσο, να επισήμαναν την ενέργεια και να μείωναν ταχύτητα. Η Ομάδα που διενεργούσε τις μετρήσεις προσπαθούσε να είναι κρυμμένη από την ανάντι κυκλοφορία. Στις λίγες περιπτώσεις που κάποιοι οδηγοί αντιλήφθηκαν το γεγονός (φώτα στόπ πριν γίνει η μέτρηση από παρατηρητή που στεκόταν 100m ανάντι), οι ταχύτητες των οχημάτων τους δεν λήφθηκαν υπόψη.

Έτερο μείζον ζήτημα αποτελεί η ασφαλής διεξαγωγή των μετρήσεων. Αυτή η απαίτηση μπορεί να θέσει σημαντικούς περιορισμούς. Πέραν της ύψιστης απαίτησης ασφάλειας της Ομάδας, η θέση μέτρησης δεν θα έπρεπε να επηρεάζει την κίνηση των άλλων οχημάτων, τα οποία τυχόν θα φρέναραν γιατί η στάση του οχήματος μέτρησης θα προκαλούσε στένωμα στο οδόστρωμα ή και εν δυνάμει κίνδυνο ατυχήματος (πχ. άνοιγμα θύρας). Ως πρακτική αναφέρεται ότι το όχημα σταματούσε συστηματικά στην εγγύτερη θέση parking, (στις λίγες περιπτώσεις που υπήρχε) ή ελλείπει του, τουλάχιστον δύο μέτρα πέραν της οριογραμμής του δρόμου.

Σημειώνεται ακόμα ότι, η βασικότερη ενότητα μετρήσεων έγινε σε καμπύλες οριζοντιογραφίας. Είναι λογικό ότι η ελάχιστη λειτουργική ταχύτητα κίνησης των οχημάτων παρατηρείται στη μέση κάθε οριζοντιογραφικής καμπύλης. Αυτό, υποστηρίζεται από σχετικές έρευνες (Τουλιάτος κ.α., 2009, Κοκκάλης κ.α., 2012) και οφείλεται στην ίδια την φυσιολογία της οδήγησης, κατά την οποία ο οδηγός ελαττώνει ταχύτητα εισερχόμενος σε καμπύλη και, όταν εκτιμήσει ότι κινείται με α-

σφάλεια, αντιστρέφει την ενέργεια και επιταχύνει βγαίνοντας από αυτήν. Το γεγονός ότι η ελάχιστη ταχύτητα συναντάται πράγματι στην κορυφή κάθε απότομης στροφής επιβεβαιώθηκε και στις παρούσες μετρήσεις και θεωρείται πλέον δεδομένο, ότι οι μετρήσεις σε στροφές αρκεί να λαμβάνονται μόνο περίπου στις κορυφές των καμπυλών.

### 3. Σπουδή τυπικού διαγράμματος ταχυτήτων

Το πρώτο σχετικό ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι αν η κατανομή λειτουργικών ταχυτήτων προσομοιάζεται από την κανονική, ή άλλη τυποποιημένη κατανομή. Για τον έλεγχο του αν η κατανομή των ταχυτήτων ακολουθεί την κανονική κατανομή χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι Kolmogorov – Smirnov και  $X^2$  (Chatfield, 1993, Yi Hou et al, 2012).

Η μέθοδος Kolmogorov – Smirnov βασίζεται στον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης του εάν ένα δείγμα ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή. Η βασική διαδικασία περιέχει τη σύγκριση της πειραματικής αθροιστικής συχνότητας με μια υποθετική θεωρητική συνάρτηση κατανομής. Για πλήθος μετρήσεων  $n=150$  η κρίσιμη τιμή της παραμέτρου  $D_a^n$  για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$  προκύπτει από τη σχέση  $1,36/\sqrt{n}$ , ήτοι  $D_a^n = 0,111$ . Το πλέον αντίξοο αποτέλεσμα έδωσε ο συνδυασμός: ‘εθνικό οδικό δίκτυο, άνετη στροφή’ με τιμή:

$$D_n = \max |F(x) - S_n(x)| = 0,106 < D_a^n = 0,111 \quad (1)$$

οπότε επαληθεύεται (οριακά για το εν λόγω επίπεδο σημαντικότητας) η υπόθεση της κανονικής κατανομής.

Με τον έλεγχο  $X^2$  συγκρίνονται οι συχνότητες  $n_1, n_2, \dots, n_k$  για  $k$  συγκεκριμένα διαστήματα όπως προκύπτουν από τις παρατηρήσεις μας της τυχαίας μεταβλητής, με τις αντίστοιχες συχνότητες  $e_1, e_2, \dots, e_k$  μιας υποθετικής θεωρητικής κατανομής.

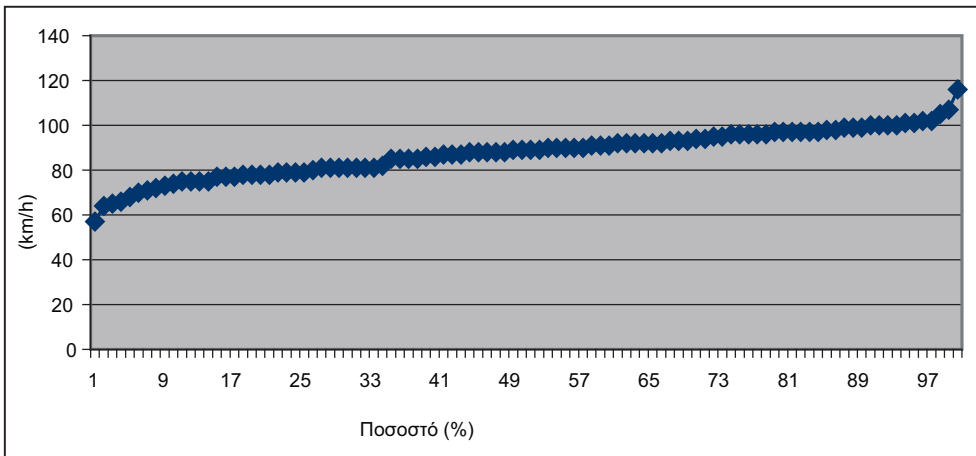
Αν για μια υποθετική κατανομή ισχύει η σχέση:

$$\sum_{i=1}^k \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} < c_{1-\alpha, f} \quad (2)$$

όπου  $c_{1-\alpha, f}$  είναι η τιμή της κατάλληλης κατανομής  $X_f^2$  που αντιστοιχεί στην αθροιστική πιθανότητα  $(1-\alpha)$ , τότε η υποθετική θεωρητική κατανομή είναι ένα αποδεκτό μοντέλο σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha$ . Αν η σχέση δεν ισχύει, τότε τα δεδομένα των παρατηρήσεων δεν επαληθεύουν (σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha$ ) την θεωρητική κατανομή. Υπολογίστηκαν οι παράμετροι της κανονικής κατανομής από τη δειγματική μέση τιμή και τη δειγματική διασπορά για επίπεδο σημαντικό-

τητας 5%, υπολογίζεται η τιμή  $c_{0,95,f}$  και συγκρίνεται με την τιμή  $\sum(n_i - e_i)^2 / e_i$ . Και με αυτόν τον έλεγχο επαληθεύτηκε η υπόθεση της κανονικής κατανομής.

Έχοντας ολοκληρωθεί οι παραπάνω αρχικοί έλεγχοι, παρουσιάζεται αρχικά μια τυπική S-καμπύλη κατανομής των λειτουργικών ταχυτήτων (Σχήμα 1). Ως  $V_x$  ορίζεται η λειτουργική εκείνη ταχύτητα από την οποία κινείται βραδύτερα το x% των οχημάτων. Στο συγκεκριμένο τυπικό 1<sup>ο</sup> διάγραμμα, η  $V_{50}$  έχει προκύψει 88 km/h και η  $V_{85}$  98 km/h. Η ταχύτητα μελέτης του συγκεκριμένου ορεινού τμήματος αυτοκινητόδρομου ήταν 80km/h, οπότε  $V_{85} \sim (V_e + 20)$  km/h (ενώ κατά Ο-MOE-X προτείνεται  $\sim (V_e + 30)$  km/h).

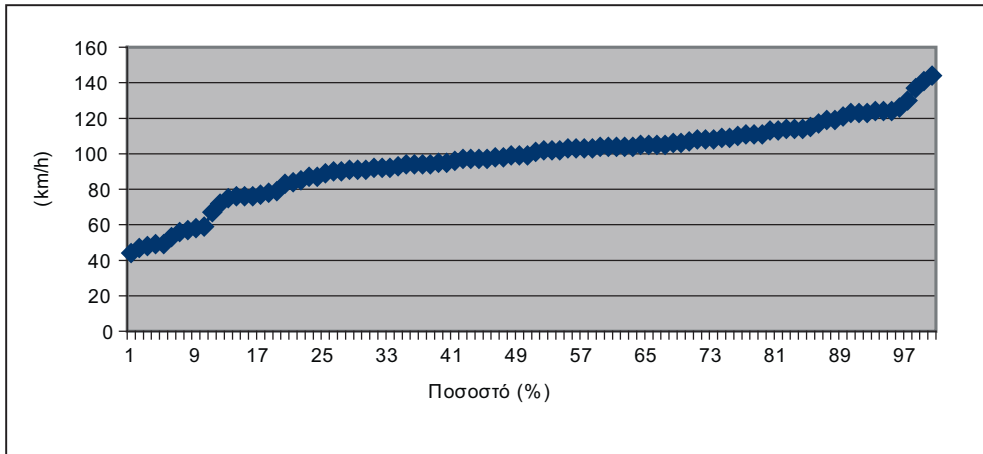


**Σχήμα 1.** Τυπική S-καμπύλη κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων

Η μορφή μιας τυπικής S-καμπύλης ταχυτήτων περιγράφεται και από τους δείκτες διασποράς της. Ως τυπικός δείκτης διασποράς έχει επιλεγεί η τιμή  $(V_{95} - V_5) / V_{50}$ . Η παραπάνω τυπική S-καμπύλη κατανομής των λειτουργικών ταχυτήτων έχει τιμή του συγκεκριμένου δείκτη διασποράς  $\sim 0,5$ . Μικρές τιμές των δεικτών διασποράς (π.χ.  $< 0,6$  για τον συγκεκριμένο ορισμό), καταδεικνύουν ασφαλέστερες κυκλοφοριακές συνθήκες. Αυτό διότι βασικό αίτιο πρόκλησης τροχαίων ατυχημάτων (ακόμα και σε αυτοκινητόδρομο, λόγω της ενέργειας αλλαγής λωρίδας κυκλοφορίας) είναι η διαφορά ταχυτήτων των ομόρροπα κινούμενων οχημάτων: τα ταχέως κινούμενα οχήματα θα πρέπει να προσπεράσουν τα βραδέως κινούμενα και η παρόρμηση αυτή αυξάνει εκθετικά με την διαφορά ταχυτήτων ( $\Delta V$ ). Ο προτεινόμενος παραπάνω δείκτης διασποράς θεωρείται ότι ανταποκρίνεται στην ανάγκη αυτή προσπέρασης των ιδιαίτερα αργών (εκείνα από τα οποία μόνο το 5% κινείται πιο αργά:  $V_5$ ) οχημάτων από τα πλέον γρήγορα (εκείνα από τα οποία μόνο το 5% κινείται πιο γρήγορα:  $V_{95}$ ) και προτείνεται ως τυπικός.

Κλασικό παράδειγμα κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων με υψηλή τιμή του συγκεκριμένου δείκτη διασποράς ( $\sim 0,9$ ) δίνεται στο αμέσως παρακάτω Σχήμα 2. Έχει

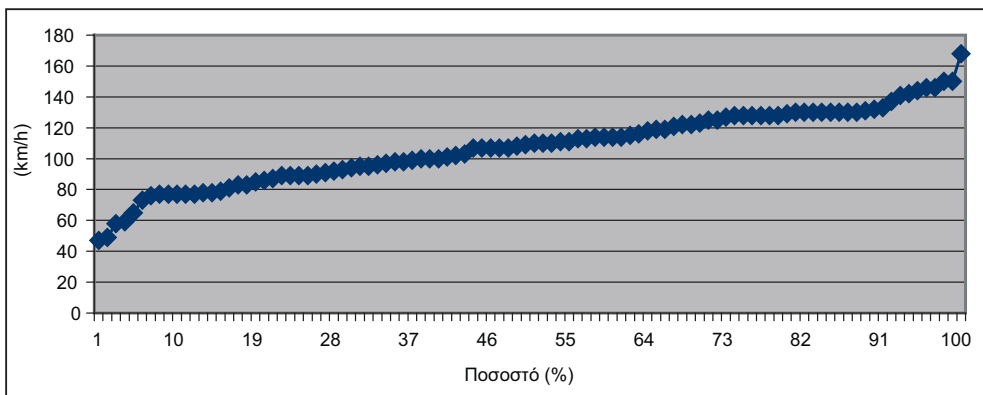
τεκμηριωθεί ότι τιμές διασποράς μεγαλύτερες του 0,8 σημαίνουν αύξηση της οδικής επικινδυνότητας και συνήθως αυτό απαιτεί αντισταθμιστικά μέτρα (π.χ. περιοριστική σήμανση ορίου ταχύτητας η οποία αντί να ορίζεται στο V85, (τ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γ.Γ.Δ.Ε., Δ.Μ.Ε.Ο., 2006), περιορίζεται στο V<sub>75</sub>, (Κοκκάλης κ.α., 2012)).



**Σχήμα 2.** Καμπύλη κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων με υψηλές τιμές διασποράς

#### 4. Σπουδή μη τυπικών διαγραμμάτων ταχυτήτων

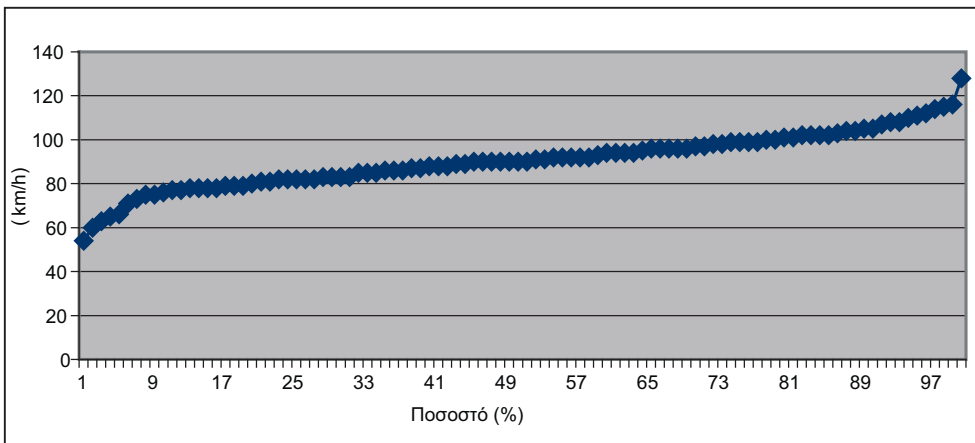
Όταν η μηκοτομική κλίση είναι μεγάλη (>5% για αυτοκινητόδρομους), εμφανίζονται ιδιαίτερα αργά κινούμενα οχήματα (Σχήμα 3). Επιπρόσθετα, η μορφή της S-καμπύλης ταχυτήτων στο κεντρικό τμήμα της παρουσιάζει μεγαλύτερη κλίση, στοιχείο το οποίο, επίσης, αποτελεί δυσμενή διαφοροποίηση του διαγράμματος



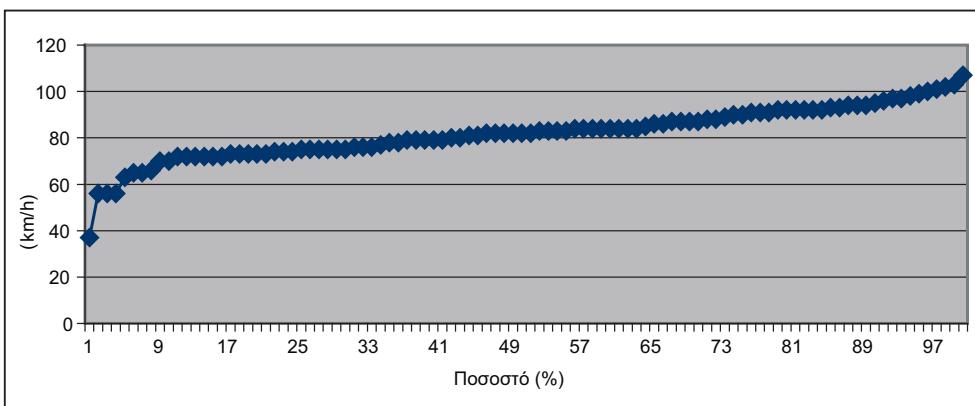
**Σχήμα 3.** Τοπική καμπύλη κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων σε τμήματα μεγάλης μηκοτομικής κλίσης

κατανομής ταχυτήτων σε σχέση με το τυπικό (Σχήμα 1). Σημειώνεται ότι, οι μεγαλύτερες τιμές του προτεινόμενου δείκτη διασποράς μπορεί να οφείλονται είτε στην ύπαρξη ‘ουρών’ στην S-καμπύλη, είτε στην μεγαλύτερη συνολική κλίση είτε σε συνδυασμό τους. Η ύπαρξη ‘ουρών’ αποτελεί την δυσμενέστερη συνθήκη, όσον αφορά στην οδική ασφάλεια. Παρόμοια διαγράμματα έχουν προκύψει και σε αντίστοιχα μεγάλες μηκοτομικές κλίσεις ( $\geq 8\%$ ) σε εθνικές οδούς. Ως αναφέρθηκε, η αυξημένη επικινδυνότητα θα μπορούσε να αντισταθμιστεί με αυστηρότερη θέσπιση ορίου ταχύτητας προς συντηρητικότερες τιμές της τάξης  $\sim V_{75}$ , εφόσον υφίσταται ορθολογική σήμανση, οδηγική παιδεία και αστυνόμευση ικανή να πείθει τους οδηγούς ώστε να σέβονται την οδική σήμανση.

Τα παρακάτω Σχήματα 4 & 5 δείχνουν περιπτώσεις καταγραφής οχημάτων κινούμενων με ακραίες ταχύτητες, είτε ιδιαίτερα γρήγορα, είτε ιδιαίτερα αργά.

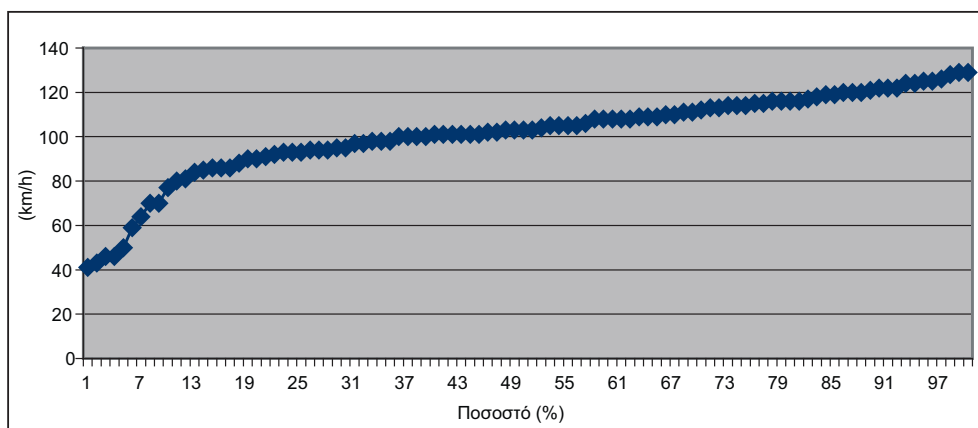


**Σχήμα 4.** Καμπύλη κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων με καταγραφή ιδιαίτερα γρήγορων ή ιδιαίτερα αργών μεμονωμένων οχημάτων σε εθνική οδό



**Σχήμα 5.** Καμπύλη κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων με καταγραφή ιδιαίτερα γρήγορων ή ιδιαίτερα αργών μεμονωμένων οχημάτων σε εθνική οδό

Ακραία κινούμενα οχήματα οφείλονται για τις τυχόν αποκλίσεις της κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων από την κανονική κατανομή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προς τις χαμηλές ταχύτητες αποτελούν τα τρακτέρ. Εάν, ωστόσο, όλα τα φορτωμένα φορτηγά κινούνταν με διακριτά χαμηλότερες ταχύτητες του λοιπού όγκου των οχημάτων, αυτό θα μπορούσε να τεκμηριώσει (επικουρικά της οικονομικής ανάλυσης), την ανάγκη εισαγωγής πρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παρακάτω κατανομή ταχυτήτων (Σχήμα 6). Παρατηρούμε ότι η S-καμπύλη της κατανομής ταχυτήτων εμφανίζει ετερο-λοξότητα (skew) προς τις χαμηλές ταχύτητες. Αυτό οφείλεται στην ιδιαίτερη μείωση των ταχυτήτων των φορτηγών, λόγω του ότι η μέτρηση έγινε στο πέρας επιμήκους ανηφορικού τμήματος. Το ποσοστό των φορτηγών μετρήθηκε στο 13%, η δε  $V_{13}$  αντιστοιχεί ακριβώς στο όριο της ‘ασυμμετρίας’ του διαγράμματος. Πρόκειται για την κορυφή της ανηφόρας του Δερβενίου (Εγνατία οδός, Θεσσαλονίκη). Το εν λόγω διάγραμμα θα μπορούσε κάλλιστα να τεκμηριώσει την ανάγκη κατασκευής πρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας (crawling lane) την οποία αποκλειστικά θα καταλάμβαναν τα εν λόγω βραδυπορούντα, εξαιτίας της ανηφόρας, οχήματα. Σημειώνεται ότι το 13% αναφέρεται μόνο στα φορτωμένα φορτηγά και πρόκειται για ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό.

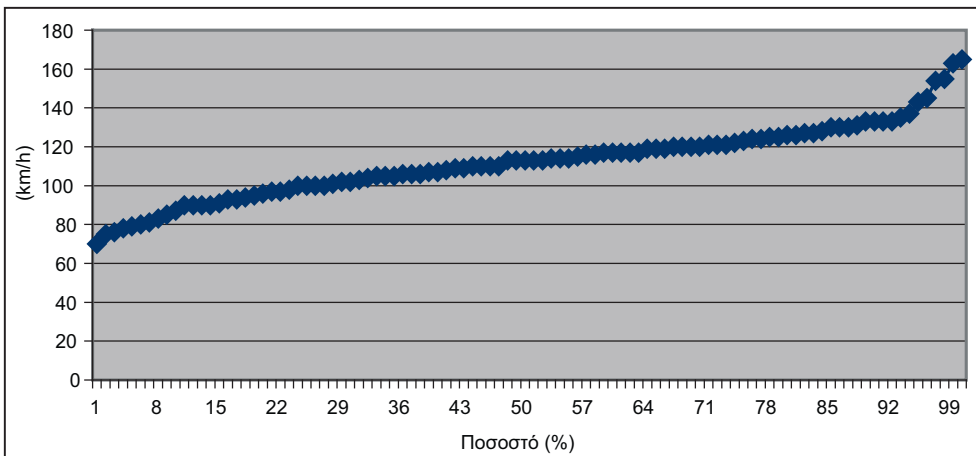


**Σχήμα 6.** Καμπύλη κατανομής ταχυτήτων στο πέρας μεγάλης ανηφόρας, με καταγραφή διαφοροποίησης προς χαμηλότερες ταχύτητες όλων των φορτωμένων φορτηγών

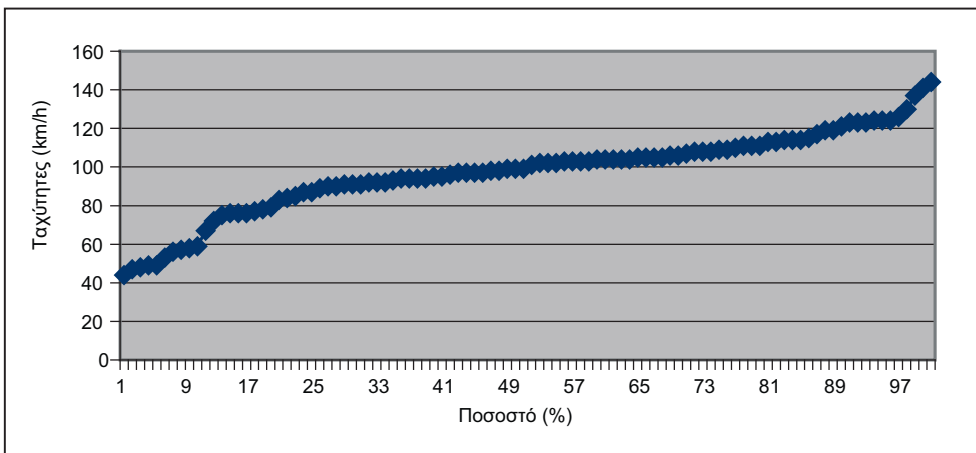
Χαρακτηριστικός είναι και ο παρακάτω τύπος διαγράμματος (Σχήμα 7), ο οποίος απεικονίζει οδικό τμήμα επιρρεπές στην ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων από μικρή ομάδα οδηγών ΙΧ. Αυτό αποτελεί σχεδόν τυπική παρατήρηση σε ομαλές μεμονωμένες καμπύλες, όπου δεν συναντώνται αξιόλογες μηκοτομικές κλίσεις. Το διάγραμμα αντιστοιχεί σε τμήματα αυτοκινητόδρομου, αλλά πανομοιότυπης δομής είναι και τα διαγράμματα που αναφέρονται σε τμήματα εθνικών οδών. Αντίστοιχης μεγάλης διασποράς διαγράμματα προς τις υψηλές ταχύτητες έχουν μετρηθεί και σε

ευθυγραμμίες. Η τεκμηριωμένη συνολική σήμανση του οδικού τμήματος και η υπενθύμιση του μέγιστου ορίου ταχύτητας για ΙΧ, των 130 km/h, (Υ.Μ.Ε., 2007) θα μπορούσε να μειώσει τις υπερβολικά μεγάλες ταχύτητες προς όφελος της οδικής ασφάλειας (Σαρίδου κ.α., 2002, Κοκκάλης κ.α., 2005). Η συνήθης πυκνή και υπερ-συντηρητική οδική σήμανση απαξιώνει την επιρροή της συνολικά, με αποτέλεσμα οι οδηγοί να τηρούν αδιάφορη έως αρνητική στάση απέναντί της.

Διερευνήθηκε, κατόπιν, η επιρροή της νύχτας, ως και της βροχής στο διάγραμμα κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων. Η επιρροή αμφοτέρων των παραμέτρων ήταν η μείωση όλων των τιμών κατά (εντυπωσιακά) σταθερό ποσοστό. Συγκεκριμένα, στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η κατανομή λειτουργικών ταχυτήτων σε συνθήκες



**Σχήμα 7.** Καμπύλη κατανομής ταχυτήτων σε ομαλές μεμονωμένες καμπύλες, όπου καταγράφονται οι οδηγοί ΙΧ που δεν απομειώνουν ταχύτητα λόγω της στροφής



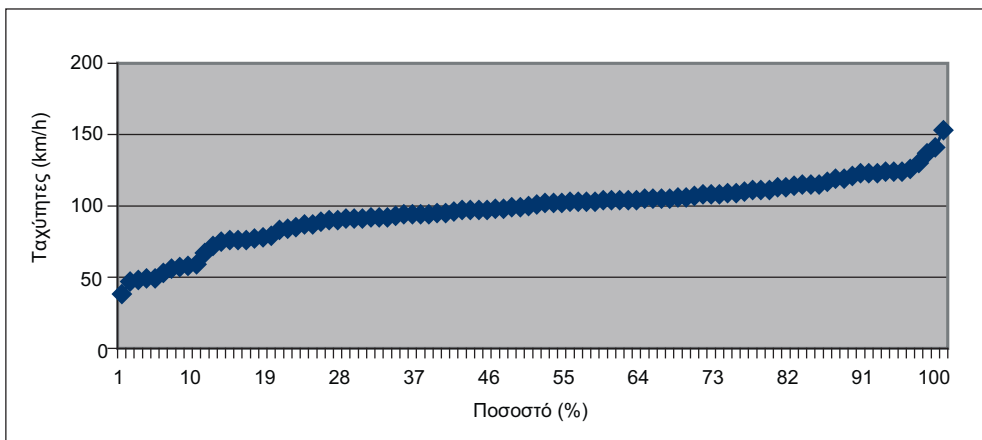
**Σχήμα 8.** Καμπύλη κατανομής ταχυτήτων στην κορυφή ανηφορικού τμήματος σε συνθήκες βροχής



βρεγμένου οδοστρώματος σε οδικό τμήμα εθνικής οδού. Υπό τέτοιες συνθήκες, η πλειοψηφία των οδηγών οδηγούν συντηρητικότερα, διότι αντιλαμβάνονται ότι η διαθέσιμη πρόσφυση είναι μικρότερη. Η μέση απομείωση της ταχύτητας εκτιμήθηκε σε 8km/h. Σημειώνεται ότι, η βροχή δεν ήταν τόσο ραγδαία, ώστε να επηρεάζει σοβαρά την ορατότητα.

Η συνολική διαθέσιμη πρόσφυση, δηλαδή η συνισταμένη μέγιστη οριζόντια δύναμη που μπορεί να αναπτυχθεί στις διεπιφάνειες επαφής των τροχών ενός οχήματος με το οδόστρωμα, αποτελεί έναν βασικό δείκτη της οδικής ασφάλειας. Υψηλή πρόσφυση σημαίνει ότι το όχημα μπορεί να στρίψει με ασφάλεια σε απότομες στροφές, διότι η όποια φυγόκεντρος θα ισοσκελισθεί και μπορεί, επίσης, να φρενάρει προς αποτροπή του κινδύνου και να σταματήσει έγκαιρα και σε μικρό μήκος. Αντίθετα, μικρή διαθέσιμη τριβή σημαίνει ότι το μήκος φρεναρίσματος μεγαλώνει, η πλαγιολίσθηση στις στροφές είναι πιθανότερη, αν ο οδηγός δεν κόψει ταχύτητα και, γενικά, το περιθώριο ασφαλείας περιορίζεται. Αυτό το αντιλαμβάνονται οι οδηγοί με αποτέλεσμα να μειώνουν την ταχύτητά τους. Έχει, ωστόσο, καταγραφεί και εδώ το κλασικό μικρό ποσοστό (~3-6%) ‘υπερ-ταχέων’ οδηγών, οι οποίοι αγνοούν τις αντικειμενικές συνθήκες του οδικού τμήματος και των καιρικών συνθηκών και κινούνται ιδιαίτερα γρήγορα (140 km/h σε συνθήκες βρεγμένου οδοστρώματος σε εθνική οδό!). Παρατηρήθηκε ότι όλοι οι εν λόγω οδηγοί ήταν νεαροί άντρες, αλλά αυτή η παρατήρηση θα πρέπει να διερευνηθεί συστηματικότερα. Πρόκειται για το υποσύνολο εκείνο των οδηγών, που μαζί με τυχόν ύπαρξη τρακτέρ, απομακρύνουν την κατανομή ταχυτήτων από την τυπική κανονική.

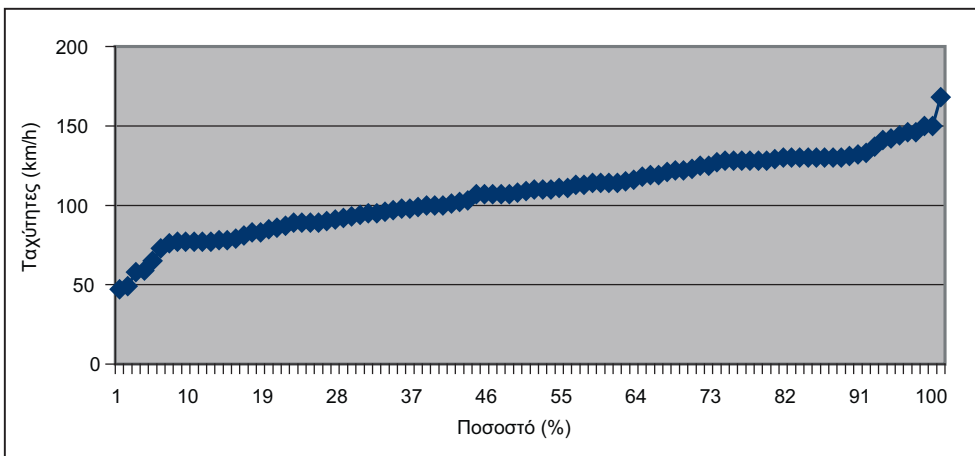
Στο παρακάτω Σχήμα 9 δίνονται τυπικές μετρήσεις για το ίδιο οδικό τμήμα, αλλά τη νύχτα (και σε στεγνό οδόστρωμα). Παρότι οι συνθήκες πρόσφυσης δεν επηρεάζονται, οι οδηγοί αντιδρούν κατά αντίστοιχο τρόπο, δηλαδή μειώνοντάς πάλι τις ταχύτητές τους. Αυτό οφείλεται στο ότι οι χρόνοι αντίδρασης αυξάνουν και η εμβέλεια αντίληψης πιθανών κινδύνων μειώνεται. Οι οδηγοί για να αντισταθμίσουν



**Σχήμα 9.** Καμπύλη κατανομής ταχυτήτων στην κορυφή ανηφορικού τμήματος τη νύχτα

το πλέον απροσδιόριστο περιβάλλον μειώνουν (ισοβαρικά ως φαίνεται, αν και απαιτείται περεταίρω διερεύνηση) τις ταχύτητές τους κι έτσι, τελικά, θεωρούν ότι εκτίθενται στον ίδιο βαθμό κινδύνου, όπως οι ίδιοι το αντιλαμβάνονται. Και στο Σχήμα 9 παρατηρούνται οι προαναφερθείσες ακραίες οδηγικές συμπεριφορές σε ανάλογο ποσοστό.

Τέλος, κρίνεται ενδιαφέρον να παρουσιασθεί και το παρακάτω Σχήμα 10, όπου παρουσιάζεται η κατανομή λειτουργικών ταχυτήτων στο κατώτατο τμήμα μεγάλης κατηφόρας (πάλι Εγνατία οδός, Δερβένι Θεσσαλονίκης) και μάλιστα κατά το σούρουπο. Οι μετρήσεις ταχυτήτων κατά το σούρουπο έχουν μια ιδιαίτερη σημασία, διότι τότε παρουσιάζεται η μετάβαση προς μειωμένη ορατότητα και αντίληψη του περιβάλλοντος σε αρκετούς οδηγούς, ίσως και λόγω ατομικής δυσκολίας προσαρμογής. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι, σε αντίθεση με την αντίστοιχη ανηφόρα, οι λειτουργικές ταχύτητες είναι εμφανώς μεγαλύτερες. Αυτό εκτιμάται πως οφείλεται στο ότι μόνο οι οδηγοί των βαρέων οχημάτων και ίσως μόνο όσοι εξ αυτών οδηγούν φορτωμένα οχήματα μειώνουν την ταχύτητα φρενάροντας συστηματικά. Οι λοιποί οδηγοί απλά εκμεταλλεύονται την κατηφόρα για να κινηθούν με μειωμένη κατανάλωση βενζίνης. Αποτέλεσμα είναι στις περιπτώσεις αυτές να παρατηρούνται οι υψηλότεροι δείκτες διασποράς και, θεωρητικά, να προκύπτουν τα πλέον επικίνδυνα οδικά τμήματα.



**Σχήμα 10.** Καμπύλη κατανομής ταχυτήτων στον πόδα κατηφορικού τμήματος σε συνθήκες έλευσης σκοταδιού

## 5. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία προέκυψε ικανός αριθμός διαγραμμάτων κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων, τα οποία έδωσαν την ευκαιρία σπουδής τους και εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων. Ένα από τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψε είναι

η μεγάλη διακύμανση των χαρακτηριστικών λειτουργικών ταχυτήτων κατά μήκος της ίδιας οδού, όπως επιβεβαιώνεται και από την βιβλιογραφία (Ψαριανός κ.α., 2012) το οποίο εξακριβώθηκε ιδιαίτερα σε εθνικές οδούς. Στους αυτοκινητόδρομους οι λειτουργικές ταχύτητες παρατηρήθηκαν, γενικά, πιο συνεκτικές. Ως τυπικός δείκτης διασποράς του διαγράμματος ταχυτήτων, έχει επιλεγεί η τιμή  $(V_{95} - V_5)/V_{50}$ . Ο εν λόγω δείκτης θεωρείται ότι αποτελεί έκφραση της οδικής επικινδυνότητας του οδικού τμήματος. Μεγάλες τιμές του καταδεικνύουν μη ασφαλείς κυκλοφοριακές συνθήκες. Περεταίρω, πέραν της παρουσίας και της απόπειρας εξήγησης κάποιων ιδιαιτεροτήτων των διαγραμμάτων κατανομής λειτουργικών ταχυτήτων σε συγκεκριμένες συνθήκες, παρατηρήθηκε και η συστηματική ύπαρξη ενός μικρού ποσοστού υπερταχέων οδηγών, οι οποίοι φαίνεται πως είναι νεαροί άντρες και οι οποίοι κινούνται με ανασφαλώς μεγάλες ταχύτητες, ακόμα και όταν υφίστανται αντικειμενικές συνθήκες (βροχή, σκοτάδι) περιορισμού των ταχυτήτων. Το συμπέρασμα το οποίο προτείνεται είναι ότι, όταν έχουμε υψηλούς δείκτες διασποράς κατανομής ταχυτήτων, το σήμα P-32 του ΚΟΚ θα πρέπει να τίθεται σε τιμές  $V_{75}$  αντί των  $V_{85}$  με την προσδοκία ότι ο περιορισμός αυτός θα αποθαρρύνει ακραία υψηλές ταχύτητες και θα μειώσει τελικά την διασπορά των ταχυτήτων.

Ένα μείζον παράλληλο ζήτημα που αναδεικνύεται είναι η απαξίωση που δείχνουν οι Έλληνες οδηγοί για τις σημάνσεις των Ελληνικών οδών, γενικότερα, και των ορίων ταχύτητας ειδικότερα. Τα αίτια της συμπεριφοράς αυτής είναι η συχνή αναξιοπιστία των ορίων (τοποθετούνται υπερ-συντηρητικά όρια ταχύτητας), αλλά και η ιδιαίτερα συχνή χρήση ρυθμιστικών πινακίδων, ως και πινακίδων αναγγελίας κινδύνου. Αυτό οφείλεται στο ότι η σήμανση των οδικών τμημάτων δεν αποτελεί, συνήθως, αποτέλεσμα σχετικής τεκμηρίωσης και μελέτης, αλλά υπηρεσιακής εκτίμησης, η οποία, θεωρείται δημοσιο-υπαλληλικά ασφαλέστερο να είναι συντηρητική. Το ζήτημα θα πρέπει να αντιμετωπισθεί με βασικό στόχο να καθιερωθεί στους οδηγούς η συνείδηση ότι η σήμανση περί των ορίων ταχύτητας, αρχίζοντας από τους αυτοκινητόδρομους, δεν θα είναι υπερ-συντηρητική, αλλά ρεαλιστική, δηλαδή:

- Σχετικά με το πρόβλημα της υπερσήμανσης, όρια ταχύτητας θα τοποθετούνται μόνο όπου προκύπτει με δόκιμες μεθόδους (τ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γ.Γ.Δ.Ε., Δ.Μ.Ε.Ο., 2006) ότι απαιτούνται και πουθενά αλλού.
- Σχετικά με το πρόβλημα του να μεταφερθεί το μήνυμα στους οδηγούς ότι το όριο δεν έχει προκύψει αυθαίρετα, στον ίδιο ιστό που τοποθετείται το P-32 θα τοποθετείται από κάτω του και το αίτιο της οδικής υποδομής που επιβάλλει τον περιορισμό της ταχύτητας και το οποίο θα είναι, κατά κανόνα, κάποια πινακίδα αναγγελίας κινδύνου, (K-1/2).

## Βιβλιογραφία

- Chatfield, C., 1993. *Statistics for Technology*. Charman & Hall, ISBN: 0-412-254402.
- Κοκκάλης, Α., Κ. Τσαβαλά, Σ. Μπάσμπας, Π. Παπαϊωάννου και Κ. Λακάκης, 2005. *Η Θεώρηση της Οδικής Ασφάλειας στα Έργα Οδοποιίας της Εγνατίας Οδού*, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Πάτρα.
- Κοκκάλης, Α., Γ. Μίντσης, Χ. Ταξιλάρης, Σ. Μπάσμπας και Ι. Δημητρόπουλος, 2012. *Συμπεράσματα από Μετρήσεις Λειτουργικών Ταχυτήτων για επιβολή ορίων ταχύτητας σε τμήματα αυτοκινητοδρόμων*, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, 9-10 Φεβρουαρίου, Αθήνα.
- Σαρίδου, Ε., Κ. Τσαβαλά, Α. Κοκκάλης, Κ. Λακάκης, 2005. *Συμπεράσματα από την Επισκόπηση των Μελετών Οδοποιίας της Εγνατίας Οδού*, 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Βόλος, 18-20/5.
- Τουλιάτος, Π., Ευαγγελίδης, Δ., Λυμπερόπουλος, Γ., Βανιώτου, Μ. και Αναγνωστοπούλου, Α., 2009. *Ανάλυση Μετρήσεων Ταχύτητα και Αξιοποίηση Συμπερασμάτων στον Καθορισμό Ορίων Ταχύτητας*, 4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Αθήνα, Νοέμβριος 2009.
- τ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γ.Γ.Δ.Ε., Δ.Μ.Ε.Ο., 2002. *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (Ο.Μ.Ο.Ε.), Χ.: Χαράξεις, Κ.Σ.Α.: Κατακόρυφη Σήμανση Αυτοκινητοδρόμων*, Αθήνα.
- τ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γ.Γ.Δ.Ε., Δ.Μ.Ε.Ο., 2006. *Ανάπτυξη Πλαισίου Διαμόρφωσης Συστήματος Ταχυτήτων στο Εθνικό Οδικό Δίκτυο*, Τεχνική Οδηγία, Αθήνα.
- Υ.Μ.Ε., 2007. *Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας*, I.S.B.N. 978-960-337-071-0, Αθήνα.
- Ψαριανός, Β. και Κ. Αντωνίου, 2012. *Ο Ρόλος της Λειτουργικής Ταχύτητας στην Σύγχρονη Οδοποιία και οι Προοπτικές της*, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, 9-10 Φεβρουαρίου, Αθήνα, (CD-Rom).
- Yi Hou, C. Sun and P. Edara, 2012. *A Statistical Test for 85<sup>th</sup> Percentile Speeds Using the Asymptotic Distribution of Sample Quantiles*, TRB, annual Meeting, 2012.