

Συμβολή στη διερεύνηση της συμπεριφοράς οδηγών, υπό συνθήκες σωματικής κόπωσης, με χρήση καινοτόμων τεχνολογιών.

Μητρίδης Ιωάννης, Διπλ. Τοπογρ. Μηχανικός ΑΠΘ, MSc Συγκοινωνιολόγος ΑΠΘ
Ηλιού Νικόλαος, Αναπλ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Κεχαγιά Φωτεινή, Λέκτορας, Αριστοτ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολ. Μηχανικών
Βαρδάκη Σοφία, Δρ. Συγκοινωνιολόγος, Επιστημ. Συνεργάτης ΕΜΠ, Σχολή Πολ. Μηχανικών

Διεύθυνση Επικοινωνίας : Ηλιού Νικόλαος, Αναπλ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πεδίο Άρεως, 38334 Βόλος, Τηλ. 24210-74150 fax 24210-74119 e-mail. neliou@civ.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια, στη χώρα μας αλλά και στην Ευρώπη, να μειωθούν τα οδικά ατυχήματα, καθώς σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας είναι ιδιαίτερα οξύμενο. Η οδική ασφάλεια είναι ένα πρόβλημα που επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που καταδεικνύει την αναγκαιότητα προσέγγισής του με μία συγκροτημένη και ορθολογική πολιτική.

Ένας παράγοντας, ο οποίος δεν αξιολογείται με ιδιαίτερη έμφαση, ενώ επηρεάζει σημαντικότερα την οδική ασφάλεια, είναι η κόπωση του οδηγού. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι υπάρχουν εν γένει δυσκολίες στο να εντοπισθεί ως αιτία ατυχήματος και δευτερευόντως στο ότι θεωρείται μικρό το ποσοστό ατυχημάτων αυτής της κατηγορίας (με εξαίρεση τους οδηγούς φορτηγών μεγάλων αποστάσεων).

Στόχος της εργασίας είναι ο προσδιορισμός των αλλαγών στην συμπεριφορά του οδηγού λόγω της σωματικής κόπωσης, εγχείρημα δύσκολο λόγω του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων που την επηρεάζουν, ειδικότερα σε ένα περιβάλλον που δεν είναι αυστηρά ελεγχόμενο. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, στις οποίες συμμετείχαν οδηγοί με διαφορετική οδηγική εμπειρία (έγινε η παραδοχή να θεωρούνται ως έμπειροι με περισσότερα από 50.000χλμ. στο ενεργητικό τους και μη έμπειροι με λιγότερα από 30.000χλμ.), καταγράφοντας την πορεία κίνησης, την ταχύτητα και τη συμπεριφορά του οδηγού (μέσα από την καταγραφή των χαρακτηριστικών της δυναμικής της κίνησης του οχήματος) σε καθορισμένο οδικό τμήμα, με χρήση ειδικού επιστημονικού εξοπλισμού (σύστημα Video-Vbox (GPS based & IMU) της εταιρίας Racelogic UK).

Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε μία φορά όταν ο οδηγός ήταν κουρασμένος (προϋπόθεση θεώρησης της σωματικής κόπωσης ήταν η οχτάωρη εργασιακή απασχόληση) και μία φορά όταν ήταν ξεκούραστος. Στη συνέχεια, αξιολογήθηκε η συμπεριφορά των οδηγών, με δεδομένα την πορεία κίνησης (τροχιά), την ταχύτητα και την επιτάχυνση και προέκυψαν ενδιαφέρουσες επισημάνσεις και συμπεράσματα.

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες αξιόλογες επισημάνσεις:

- Ο αριθμός των πλέξεων κατά την πορεία κίνησης του οχήματος μεταξύ δύο διελεύσεων επιστροφής ή μετάβασης ήταν μεγαλύτερος υπό συνθήκες κόπωσης λόγω πιθανής μειωμένης συγκέντρωσης των οδηγών.
- Οι οδηγοί στο σύνολό τους κινήθηκαν με μικρότερη ταχύτητα όταν ήταν κουρασμένοι, θεωρώντας πιθανότατα ότι με αυτό τον τρόπο κινούνται με μεγαλύτερη ασφάλεια, εφόσον δεν βρίσκονται στο κατάλληλο επίπεδο εγρήγορσης.
- Διαπιστώθηκαν εντονότερες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις των οδηγών υπό συνθήκες κόπωσης λόγω μειωμένης αντίληψης και νευρικότητας αντιδράσεων.
- Οι λιγότερο έμπειροι οδηγοί ανέπτυσαν μικρότερες ταχύτητες και παρουσίασαν ομαλότερες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις απόρροια της μεγαλύτερης επιφυλακτικότητάς τους.
- Γενικότερη αίσθηση από την ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας είναι η αναγκαιότητα αυστηρότερης θεώρησης της σωματικής κόπωσης με ενιαία χαρακτηριστικά.

Η εργασία αυτή αποτελεί μία πρώτη προσέγγιση της διερεύνησης της συμπεριφοράς των οδηγών υπό συνθήκες σωματικής κόπωσης χρησιμοποιώντας καινοτόμες μεθόδους καταγραφής της οδηγικής συμπεριφοράς, με φιλοδοξία να συμβάλλει στην ανάδειξη του προβλήματος και να βοηθήσει σε μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι κοινός τόπος ότι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλείται να επιλύσει η σύγχρονη κοινωνία είναι αυτό της οδικής ασφάλειας. Πολλές προσπάθειες σε βάθος χρόνου, είτε αποσπασματικές είτε υπό το πρίσμα μίας ενιαίας πολιτικής, έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων [1,2]. Μία από τις παραμέτρους της οδικής ασφάλειας, στην οποία τα τελευταία χρόνια αρχίζει να δίνεται η απαραίτητη έμφαση, αποτέλεσμα των υψηλών απαιτήσεων της κοινωνίας και των έντονων ρυθμών ζωής, είναι η κόπωση [5]. Τα αίτια της κόπωσης είναι ποικίλα, (εργασία, αναψυχή, πολύωρη οδήγηση κλπ), αλλά οι επιπτώσεις τους στην οδήγηση θεωρούνται ταυτόσημες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ορισμοί σε σχέση με την κόπωση στην οδήγηση, ενώ πολλές φορές παρερμηνεύεται με την υπνηλία. Η υπνηλία, είναι αποτέλεσμα, πέραν της παραβίασης του βιολογικού ωρολογίου και της κόπωσης, γεγονός που είναι εύκολο να διαπιστωθεί. Εάν θα επιχειρούσαμε να δώσουμε έναν ορισμό θα μπορούσαμε να πούμε ότι κόπωση είναι η μείωση της γενικής δραστηριότητας του οργανισμού και κατ' επέκταση της απόδοσης του, ενώ αποτελεί μεταβατική περίοδο μεταξύ της πλήρους εγρήγορσης και του ύπνου[6,7,8,9]. Η κούραση χωρίζεται σε ψυχολογική και σε σωματική κόπωση, έχοντας ως αποτέλεσμα ψυχολογικές αλλά και παθοφυσιολογικές αλλαγές στον ανθρώπινο οργανισμό.

Ως αιτίες κόπωσης χαρακτηρίζονται **η διάρκεια και ποιότητα ύπνου, η μονοτονία διαδρομής, η εργασία και κάποια ειδικά χαρακτηριστικά.**

Η κούραση έχει επιπτώσεις στην οδήγηση και ειδικότερα στη συμπεριφορά του οδηγού, στην επιλογή ταχύτητας, στη συμπεριφορά του οδηγού σε σχέση με το προπορευόμενο

όχημα. [10,...14] Ακόμη η οδήγηση μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς την απαιτούμενη προσοχή, ενώ μπορεί να παρουσιαστούν διαφορετικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια αυτής οδήγησης απόρροια της κόπωσης.

Σύμφωνα με στοιχεία που έχουν προκύψει από διάφορες έρευνες, υπάρχουν κάποιες ομάδες ανθρώπων οι οποίες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατυχήματα τα οποία έχουν ως αιτία την κόπωση του οδηγού. Στις ομάδες αυτές ανήκουν οι νέοι οδηγοί, οι επαγγελματίες οδηγοί, οι εργαζόμενοι σε βάρδιες καθώς και οι οδηγοί με προβλήματα ύπνου [14, 20].

Μελετώντας την κούραση και τα οδικά ατυχήματα, σε πρώτη φάση θα πρέπει να εντοπισθεί ποια ατυχήματα έχουν ως αιτία την κούραση, εγχείρημα το οποίο είναι ιδιαιτέρως δύσκολο. Στην κατεύθυνση αυτή θα πρέπει να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων που συσχετίζονται με την κόπωση. Το επόμενο βήμα είναι να εφαρμοστούν αυτές οι κατευθύνσεις στις βάσεις δεδομένων που υπάρχουν ώστε να υπολογιστεί η συχνότητα των ατυχημάτων τέτοιου τύπου. Έρευνες που έχουν γίνει στο παρελθόν δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά έως τώρα ότι η κούραση αυξάνει τον κίνδυνο ατυχήματος. Στόχος είναι να ποσοτικοποιηθεί η σχέση μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων. Για να οδηγήσει σε αποτελέσματα η έρευνα θα πρέπει να ρυθμιστούν διάφοροι παράγοντες όπως είναι αυτός των χιλιομέτρων που θα διανύσουν οι οδηγοί.

Τα ατυχήματα που έχουν σχέση με την κατανάλωση αλκοόλ είναι εύκολο να ανιχνευτούν λόγω των εξετάσεων που μπορούν να γίνουν στο αίμα ή από ειδικά μηχανήματα με τη διαδικασία της αναπνοής, Αντιθέτως, στα ατυχήματα τα οποία οφείλονται στην κούραση δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα. [12, 13]

Ως προς τις μεθόδους καταγραφής των ατυχημάτων λόγω κόπωσης, σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία, αυτές διακρίνονται σε αυτές της καταγραφής από την αστυνομία, στα ερωτηματολόγια και στη φυσική παρατήρηση. Σύμφωνα με τις μεθόδους καταγραφής έχουν προκύψει στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων τα οποία και αναλύονται ενώ αναφέρονται και ενδεικτικά συμπεριφορές καταπολέμησης της κόπωσης. [19,23, 24, 30, 31]

Στην κατεύθυνση της μείωσης των ατυχημάτων που ως λόγος αναφέρεται η κούραση των οδηγών περιγράφονται μέτρα αντιμετώπισης, όπως είναι η εκπαίδευση των οδηγών, στην οποία αναφέρονται τα συμπτώματα της κόπωσης και των κινδύνων που ελλοχεύουν. Επίσης ένα από τα μέτρα είναι οι εκστρατείες ενημέρωσης, μέτρο που μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτικό λόγω της δύναμης που έχουν τα μέσα ενημέρωσης και της αμεσότητας τους [33]. Ενώ τέλος, μέθοδος αποτελεί η χρήση τεχνολογικών μέτρων υποβοήθησης της οδήγησης, μέτρο το οποίο συνεχώς κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών. [34, 35]

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.

Σχεδιασμός του πειράματος

Για την υλοποίηση του σκέλους της έρευνας που αφορά τη διεξαγωγή των μετρήσεων προηγήθηκε λεπτομερής σχεδιασμός. Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού επιλέχθηκε ο χώρος που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις. Κριτήρια για την επιλογή της οδού ήταν η θέση, ο χαρακτήρας της, οι κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν και ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, προτιμήθηκε οδός η οποία είχε χαρακτήρα επαρχιακής οδού, απομακρυσμένη από αστικό περιβάλλον, με χαμηλούς

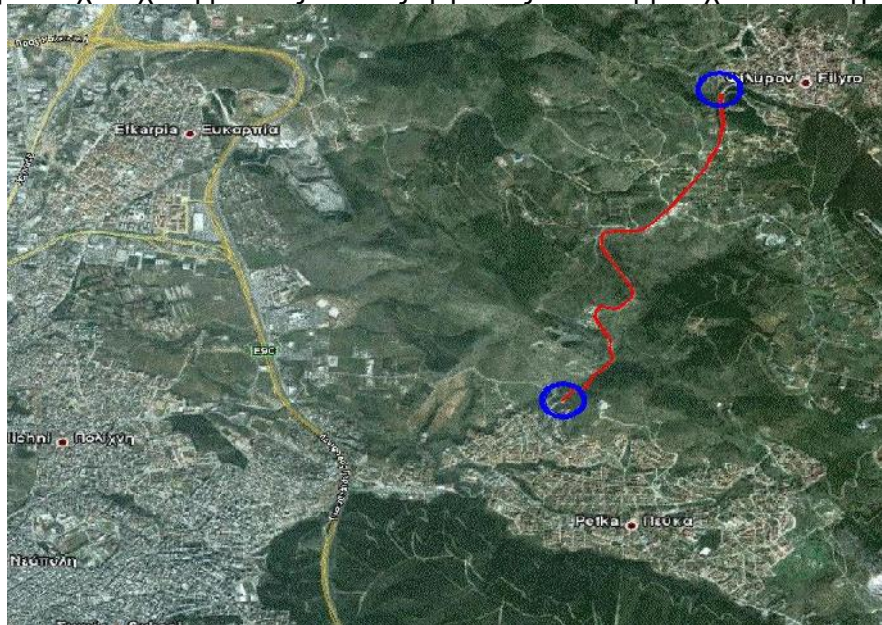
ημερήσιους κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ επιθυμητή ήταν η παρουσία κατά μήκος κλίσεων, επαρκές πλάτος οδού και υψηλός αριθμός στρωφών. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια επιλέχθηκε η οδός μεταξύ του οικισμού Φιλύρου και του οικισμού των Πεύκων στο νομό Θεσσαλονίκης.

Στη συνέχεια επελέγη η κατάλληλη μέθοδος μέτρησης των παραπάνω μεγεθών καθώς και ο απαραίτητος εξοπλισμός. Αναλυτικότερα, αποφασίσθηκε η διερεύνηση της συμπεριφοράς του οδηγού όταν παρατηρούνται συμπτώματα κόπωσης, συγκρίνοντας τη με τη περίπτωση που ο οδηγός είναι ξεκούραστος, επαναλαμβάνοντας μία συγκεκριμένη διαδρομή προεπιλεγμένο αριθμό επαναλήψεων. Ο εξοπλισμός που προτιμήθηκε ήταν το σύστημα VIDEO VBOX καταγράφοντας την οριογραμμή της διαδρομής, την ταχύτητα και την επιτάχυνση του οχήματος με τη βοήθεια δέκτη GPS, καθώς επίσης και τις αντιδράσεις του οδηγού με κατάλληλες κάμερες. [37]

Τέλος, προσδιορίσθηκαν τα χαρακτηριστικά επιλογής των οδηγών, ο αριθμός των συμμετεχόντων, αλλά και οι προϋποθέσεις θεώρησης ενός οδηγού ως κουρασμένο. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η συμμετοχή έξι οδηγών, τρεις εκ των οποίων έμπειροι και τρεις άπειροι. Η θεώρηση-παραδοχή ενός οδηγού ως έμπειρου, προϋποθέτει τη συμπλήρωση τουλάχιστον πέντε ετών από την ημερομηνία λήψης του διπλώματος οδήγησης και τη διάνυση 50000 χιλιομέτρων, ενώ άπειρος οδηγός θεωρείται (παραδοχή) όταν έχει συμπληρώσει τρία χρόνια οδήγησης και έχει διανύσει 30000 χιλιόμετρα. Η ηλικία και το φύλο δεν αποτέλεσε κριτήριο επιλογής, ενώ ως κουρασμένος θεωρήθηκε ο οδηγός όταν είχε συμπληρώσει οχτάωρη εργασιακή απασχόληση.

Διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η διεξαγωγή των μετρήσεων έλαβε χώρα στο οδικό τμήμα μεταξύ των οικισμών Φιλύρου και Πεύκων, οδός με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, συνολικού μήκους 3.5χλμ. Πρόκειται για επαρχιακή οδό, με μέγιστη ταχύτητα κίνησης τα εβδομήντα χιλιόμετρα ανά ώρα, με έντονο ελκτικό, σημαντικές κατά μήκος κλίσεις και ικανοποιητικό πλάτος οδοστρώματος (7-10μ.). Η επιλεγθείσα διαδρομή δεν έχει σχέση με τους τόπους εργασίας των συμμετεχόντων οδηγών.



Χάρτης 1. Επιλεγείσα διαδρομή εκτέλεσης μετρήσεων.

Σύμφωνα με το σχεδιασμό των μετρήσεων αποφασίσθηκε ότι ο κάθε οδηγός θα πρέπει να διασχίσει την επιλεγθείσα διαδρομή μία φορά ξεκούραστος και μία φορά κουρασμένος, σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε παραπάνω. Για τη κάθε περίπτωση, ο συμμετέχων πραγματοποίησε δύο διελεύσεις, θεωρώντας ως μία διέλευση τη μετάβαση και επιστροφή από το σημείο εκκίνησης στο σημείο προορισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι στη διαδικασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε κοινό όχημα (Ford Fiesta 1.25, 2003) έτσι ώστε να αποφευχθούν διαφορετικότητες συμπεριφοράς οδήγησης λόγω των χαρακτηριστικών και των δυνατοτήτων του οχήματος.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων ο εξοπλισμός VIDEO VBOX τοποθετούταν στο όχημα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Αναλυτικότερα, ο δέκτης GPS τοποθετούνταν στην οροφή του οχήματος, έτσι ώστε να είναι εφικτή η οπτική επικοινωνία με τους δορυφόρους, ενώ οι δύο κάμερες τοποθετούνταν στον ανεμοθώρακα (παρμπρίζ). Η πρώτη κάμερα εστίαζε στην οδό, με σκοπό την καταγραφή του οπτικού περιβάλλοντος γύρω από το αυτοκίνητο και συγκεκριμένα αν υπάρχει προπορευόμενο όχημα ή τυχόν αστάθμητοι παράγοντες που παρενόχλησαν την πορεία του. Η δεύτερη κάμερα εστίαζε στον οδηγό έτσι ώστε να καταγράφονται κυρίως αντιδράσεις του οδηγού, ενδείξεις κόπωσης του και καταστάσεις μικρο-ύπνου. Οι περιγραφόμενες συσκευές συνδέονταν με το κύριο μέρος του εξοπλισμού (data logger) όπου γίνεται η αποθήκευση των καταγεγραμμένων σε μία κάρτας SD.

Όσον αφορά τη διαδικασία της μέτρησης, τέθηκε εξ' αρχής ένα συγκεκριμένο σημείο αφετηρίας και ένα σημείο τερματισμού της διαδρομής, με την αυστηρή έννοια του όρου. Η αυστηρότητα του ορισμού των δύο σημείων και ειδικότερα της αφετηρίας έγκειται στην αναγκαιότητα επεξεργασίας και σύγκρισης όσο το δυνατόν όμοιων διαδρομών. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τον οδηγό να πραγματοποιήσει τη συγκεκριμένη διαδρομή με φυσικό τρόπο, μειώνοντας στο ελάχιστο αλλαγές στη συμπεριφορά του λόγω της παρουσίας του τεχνολογικού εξοπλισμού, καθώς και του συνοδηγού. Μετά το πέρας των μετρήσεων με τον οδηγό, τα στοιχεία που καταγράφηκαν στη κάρτα SD μεταφερόταν σε φορητό υπολογιστή.

Τέλος, ως προς τους συμμετέχοντες θα πρέπει να αναφερθεί ότι επιλέχθηκαν τρεις έμπειροι οδηγοί και τρεις άπειροι. Ο κάθε οδηγός προσήλθε δύο φορές για τις ανάγκες της διαδικασίας, μία φορά ξεκούραστος και μία φορά κουρασμένος μετά από πολύωρη εργασία (>10 ώρες χωρίς ενδιάμεση ανάπαυση). Οι μετρήσεις διήρκεσαν τέσσερις ημέρες, από τι 2 έως τις 5 Σεπτεμβρίου 2010, κυρίως απογευματινές ώρες, ενώ οι καιρικές συνθήκες ήταν αίθριες.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ - ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

Προκαταρκτική επεξεργασία

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν. Σε πρώτο στάδιο, ελήφθησαν τα στοιχεία που αποθηκεύθηκαν στη κάρτα SD. Κατόπιν, εισήχθησαν σε λογιστικό φύλλο Excel με σκοπό να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες επεξεργασίες και η δημιουργία των απαιτούμενων γραφημάτων. Να σημειωθεί ότι η επιτάχυνση προέκυψε από την ταχύτητα με τη βοήθεια κατάλληλου τύπου. Στη συνέχεια με χρήση κατάλληλου λογισμικού πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των δεδομένων σε αρχείο dxf με σκοπό την αποτύπωση της πορείας των οχημάτων, σε περιβάλλον Autocad.

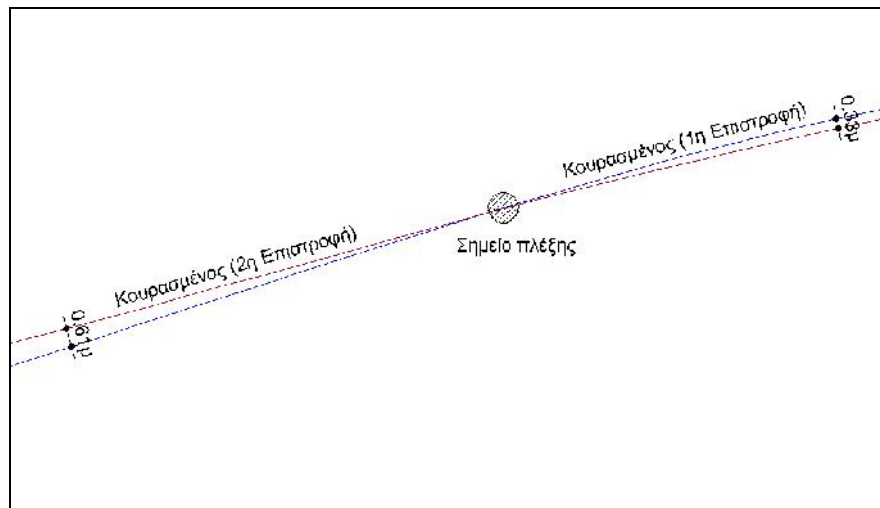
Επεξεργασία των δεδομένων

1. Πορεία οχήματος

Στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας, κρίθηκε δυνατή η σύγκριση της συμπεριφοράς του οδηγού σε σχέση με την κόπωση, χρησιμοποιώντας την πορεία κίνησης του σε κάθε περίπτωση. Λόγω της ακρίβειας των μετρήσεων υπήρχε δυνατότητα σύγκριση δεδομένων που μετρήθηκαν με μικρή χρονική διαφορά μεταξύ τους, απόρροια της επίλυσης των δορυφόρων που πραγματοποιούσε ο δέκτης GPS. Σύμφωνα με το γεγονός αυτό, κριτήριο σύγκρισης αποτέλεσαν οι δύο διαδοχικές επιστροφές και μεταβάσεις αντίστοιχα στην κάθε περίπτωση (ξεκούραστος / κουρασμένος).

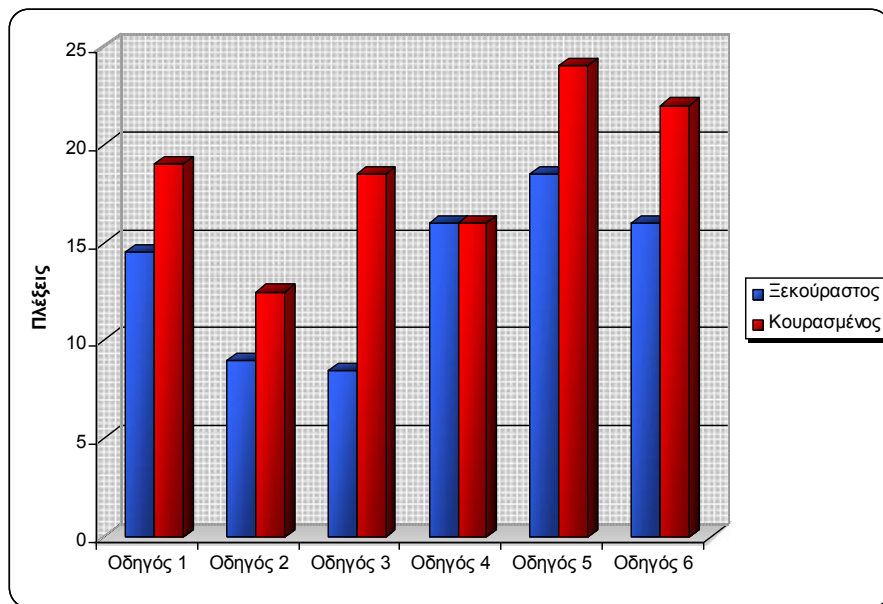
Ο τρόπος ο οποίος κρίθηκε ως ο ενδεδειγμένος, για την εκτίμηση ασφαλών συμπερασμάτων, ήταν η εύρεση του αριθμού των πλέξεων της πορείας του οχήματος. Αναλυτικότερα, βρέθηκε ο αριθμός των σημείων τομής δύο διαδοχικών διαδρομών, είτε είναι επιστροφή είτε μετάβαση, υποδηλώνοντας διαφορετικότητα μετακίνησης μεταξύ τους. Να σημειωθεί ότι ως πλέξεις θεωρήθηκαν σημεία στα οποία φαίνεται χαρακτηριστική διαφορά στη μετακίνηση, όπως εκφράζεται από τη γωνία τομής μεταξύ των δύο ευθειών. (Σχήμα 1)

Σύμφωνα με τα παραπάνω έγινε διερεύνηση για κάθε οδηγό ως προς τον αριθμό πλέξεων. Έγινε έλεγχος χωριστά στη μετάβαση και επιστροφή της συγκεκριμένης διαδρομής, αλλά και συναρτήσει της κούρασης. Επίσης, έγινε και διαχωρισμός μεταξύ άπειρων και έμπειρων οδηγών.



Σχήμα 1. Πλέξεις στην πορεία του οχήματος.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν εμφανίζεται μία τάση αύξησης του αριθμού των πλέξεων όταν ο οδηγός είναι κουρασμένος. Με άλλα λόγια ο οδηγός φαίνεται να έχει λιγότερη σταθερότητα στο τρόπο οδήγησης, προφανώς αποτέλεσμα της κούρασης του. Αν θα ήταν δόκιμη η σύγκριση του αριθμού των πλέξεων σε σχέση με τις δύο καταστάσεις εκφρασμένη από το μέσο όρο όλων των οδηγών, προκύπτει ότι υπάρχει αύξηση 25%.

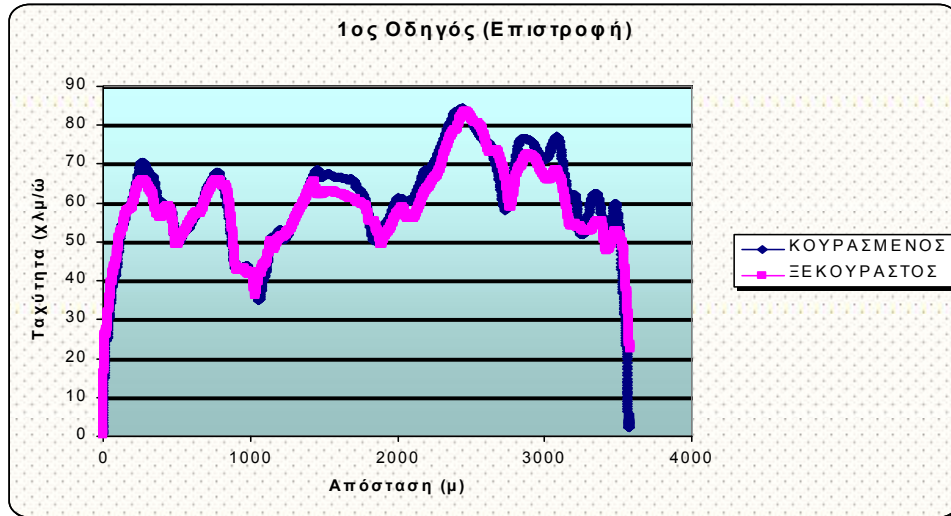


Σχήμα 2. Διάγραμμα μεταβολής του αριθμού των πλέξεων συναρτήσει της κόπωσης των οδηγών.

2. Ταχύτητα

Μία άλλη παράμετρος η οποία θεωρήθηκε σκόπιμο να μελετηθεί είναι αυτή της ταχύτητας με την οποία κινήθηκαν οι οδηγοί και οι τυχόν διακυμάνσεις που υπήρξαν σε σχέση με την κόπωση. Στη κατεύθυνση εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων όλων των οδηγών ξεχωριστά αλλά και σε ομάδες. Συγκεκριμένα, αναλύθηκε η συμπεριφορά του κάθε οδηγού, όπως αυτή εκφράζεται από την ταχύτητα, κατά τη μετάβαση και επιστροφή του συγκρίνοντας τις καταγεγραμμένες τιμές, όταν ήταν κουρασμένος και αντίστοιχα όταν ήταν ξεκούραστος. Πραγματοποιήθηκε επίσης, περαιτέρω έλεγχος των τιμών στις στροφές αλλά και στις ευθείες, ενώ τέλος διαχωρίζοντας τους οδηγούς σε άπειρους και έμπειρους, αλλά και σε ένα γενικότερο σύνολο που περιελάμβανε όλους τους οδηγούς έγινε προσπάθεια καταγραφής γενικότερων συμπερασμάτων.

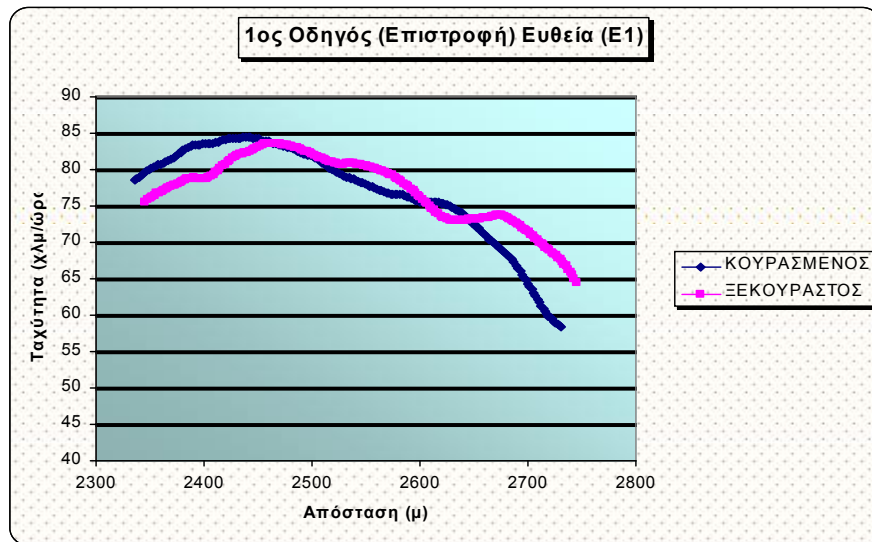
Κατά το σκέλος της επεξεργασίας επιλέχθηκαν οι βέλτιστες διαδρομές του κάθε οδηγού. Η επιλογή αυτή επετεύχθη βάση των βίντεο που είχαν καταγραφεί, αλλά και από τις καμπύλες της ταχύτητας. Κατά αυτό τον τρόπο υπήρχαν τέσσερις βέλτιστες διελεύσεις στον καθένα, δύο επιστροφές και δύο μεταβάσεις, με την επίδραση ή όχι του παράγοντα της κόπωσης. Τέλος, χρήζει αναφοράς το γεγονός ότι σε περίπτωση που σε μία κατάσταση ήταν και οι δύο ομοειδείς μεταβάσεις (π.χ. 1^η και 2^η επιστροφή κουρασμένος) επηρεασμένες από την κίνηση άλλου οχήματος τότε επιλεγόταν αυτή με την ελάχιστη επίδραση.



Σχήμα 3: Η μεταβολή της ταχύτητας στην επιστροφή του πρώτου οδηγού.

Κατόπιν, με σκοπό να πραγματοποιηθεί μία πιο επισταμένη ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού επιλέχθηκε η επιμέρους μελέτη δύο χαρακτηριστικών τμημάτων της οδού. Συγκεκριμένα, το τμήμα E1 που αποτελεί τη μεγαλύτερη ευθεία της διαδρομής και μία αλληλουχία στροφών Σ1 στις οποίες παρατηρείται μεγάλη κατά μήκος κλίση.

Σύμφωνα με τον παραπάνω διαχωρισμό, εξετάζοντας την ευθεία E1 φαίνεται στη μετάβαση να παρουσιάζεται εντονότερα η διαφορά ταχύτητας, πάντα με μεγαλύτερες τιμές στην περίπτωση που ο οδηγός είναι κουρασμένος, επαληθεύοντας τη συμπεριφορά του οδηγού στο σύνολο της διαδρομής. Να σημειωθεί ότι η διαφορά αυτή ξεπερνά κατά διαστήματα και τα 10 χλμ/ώρα.



Σχήμα 4: Μεταβολή της ταχύτητας του πρώτου οδηγού στην ευθεία E1, κατά την επιστροφή.

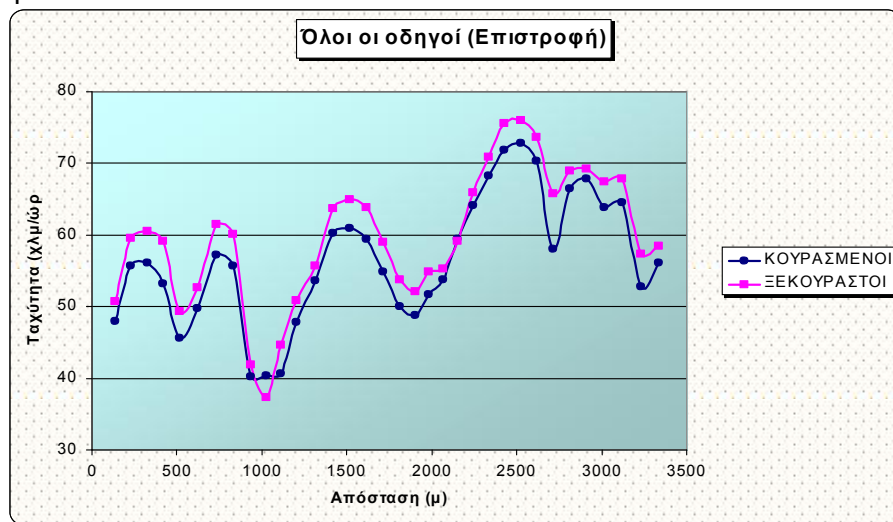
Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι υπάρχει διαφορά στον τρόπο αντίδρασης του οδηγού από άτομο σε άτομο, συναρτήσει της κόπωσης. Το γεγονός αυτό

επιβεβαιώνει και τη θεώρηση που υπάρχει ως προς τη διαφορετικότητα της συμπεριφοράς, όπως περιγράφηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Συνυπολογίζοντας τα στοιχεία που προέκυψαν, γίνεται σαφές ότι οι οδηγοί είχαν διαφορετικό τρόπο αντίδρασης στην κόπωση. Ερμηνεύοντας τα δεδομένα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι καταγράφονται μεγαλύτερες ταχύτητες όταν οδηγός είναι ξεκούραστος. Αν και το δείγμα δεν είναι μεγάλο, παρόλα αυτά διαφαίνεται ότι υπάρχει η συγκεκριμένη τάση, μάλιστα με τον ίδιο τρόπο τόσο στους έμπειρους όσο και στους άπειρους οδηγούς.

Θεωρώντας ότι η ποιοτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, όπως εκφράζεται από τον αριθμό των οδηγών που κινήθηκαν ταχύτερα κουρασμένοι ή ξεκούραστοι δεν αρκεί για την εξαγωγή αντικειμενικών συμπερασμάτων, έγινε προσπάθεια επί μέρους ανάλυση των δεδομένων. Στα πλαίσια αυτά, εξετάσθηκαν οι τιμές των ταχυτήτων όλων των οδηγών σε επιλεγμένες διατομές της οδού. Η επιλεγθείσα απόσταση ήταν περίπου εκατό μέτρα, έτσι ώστε να υπάρχει η απαραίτητη πληροφορία για όλα τα χαρακτηριστικά σημεία του οδικού τμήματος, όπως είναι οι ευθείες, τα σημεία εισόδου και εξόδου των καμπύλων τμημάτων, καθώς και ενδιάμεσα. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι τριάντα τέσσερις διατομές δίνοντας μια εποπτική εικόνα.

Ως προς τον τρόπο εργασίας θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατόπιν της επιλογής της θέσης των διατομών, ακολούθησε η εύρεση των σημείων στα οποία υπήρχε καταγεγραμμένη τιμή ταχύτητας πλησίον της διατομής. Η περιγραφόμενη διαδικασία ακολουθήθηκε για όλους τους οδηγούς, στην επιστροφή και μετάβαση τους, καθώς και σε συνάρτηση με το παράγοντα της κόπωσης. Στη συνέχεια, αφού τοποθετήθηκαν οι τιμές σε λογιστικό φύλλο Excel, πραγματοποιήθηκε η κατάλληλη επεξεργασία με βάση το μέσο όρο.



Σχήμα 5: Η μεταβολή της ταχύτητας των οδηγών στο σύνολο τους, κατά την επιστροφή. (Σύνολο διαδρομής)

Με γνώμονα την περιγραφόμενη διαδικασία, ελέγχθηκε η μεταβολή της ταχύτητας των οδηγών στο σύνολο τους, σε σχέση με την κόπωση. Όπως προέκυψε, επιβεβαιώνεται η διαπίστωση που έγινε παραπάνω, σύμφωνα με την οποία υψηλότερες τιμές ταχύτητας παρουσιάζονται όταν οι οδηγοί είναι ξεκούραστοι και στις δύο κατευθύνσεις.

Κατόπιν, διαχωρίζοντας τους οδηγούς σε έμπειρους και άπειρους όπως αυτό θεωρήθηκε, πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη διαδικασία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι έμπειροι οδηγοί, όπως ήταν αναμενόμενο, ανέπτυξαν υψηλότερες ταχύτητες σε όλο το μήκος της διαδρομής, με διαφορές των 5 χλμ/ώρα και άνω στις περισσότερες των περιπτώσεων.

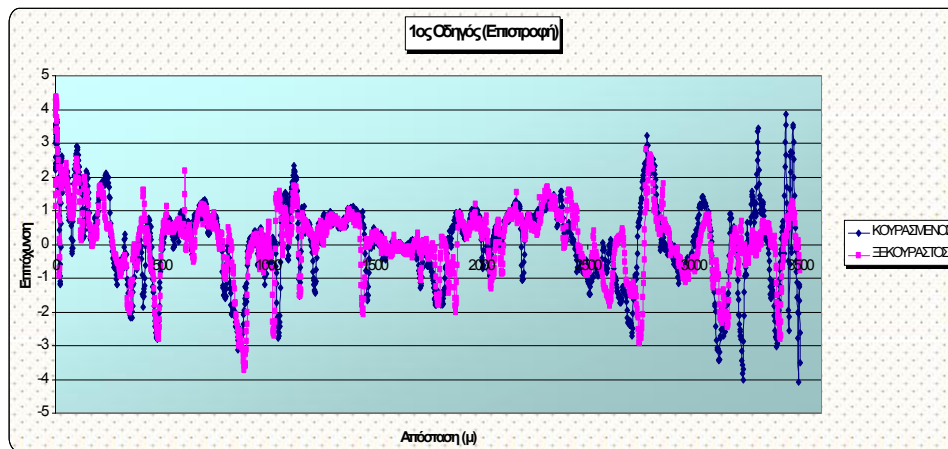
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η διερεύνηση της μέγιστης ταχύτητας που ανέπτυξαν οι οδηγοί και οι διακυμάνσεις σε σχέση με την κούραση. Σύμφωνα με τα δεδομένα των μετρήσεων, βρέθηκε για κάθε οδηγό ποια ήταν η μέγιστη ταχύτητα σε κάθε περίπτωση. Η μέγιστη ταχύτητα στην επιστροφή και μετάβαση προέκυψε ως ο μέσος όρος των δύο διελεύσεων.

Απεικονίζοντας τις τιμές που προέκυψαν σε γραφήματα γίνεται αντιληπτό ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων η μέγιστη τιμή εμφανίζεται όταν ο οδηγός είναι ξεκούραστος τόσο στην επιστροφή, όσο και στη μετάβαση. Πιθανή εξήγηση του γεγονότος είναι ότι θεωρώντας ο οδηγός ότι δεν βρίσκεται στο κατάλληλο επίπεδο ετοιμότητας, έχοντας μειωμένα αντανakλαστικά είναι προτιμότερο να κινηθεί με μικρότερη ταχύτητα, αντιμετωπίζοντας αποτελεσματικότερα τυχόν επικίνδυνες καταστάσεις.

Εν κατακλείδι, συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι ξεκούραστοι οδηγοί καταγράφουν υψηλότερες τιμές ταχύτητας εν γένει, ενώ αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν και για τους έμπειρους οδηγούς εν συγκρίσει με τους άπειρους.

3. Επιτάχυνση.

Τέλος, η παράμετρος που εξετάσθηκε ήταν αυτή της επιτάχυνσης. Σύμφωνα με τη διακύμανση των τιμών της συμπεραίνουμε κατά πόσο ομαλά κινήθηκε ο οδηγός στη διάρκεια της μετακίνησης του. Καταυτό τον τρόπο ελέγχθηκε για κάθε οδηγό η συμπεριφορά του σχετιζόμενη με τον παράγοντα της κόπωσης. Αντίστοιχα συγκρίθηκαν οι καμπύλες της επιτάχυνσης στην επιστροφή και μετάβαση, αλλά και σύμφωνα με την ομαδοποίηση που έγινε για τους έμπειρους και άπειρους οδηγούς.



Σχήμα 6: Μεταβολή της επιτάχυνσης του πρώτου οδηγού, κατά την επιστροφή. (Σύνολο διαδρομής)

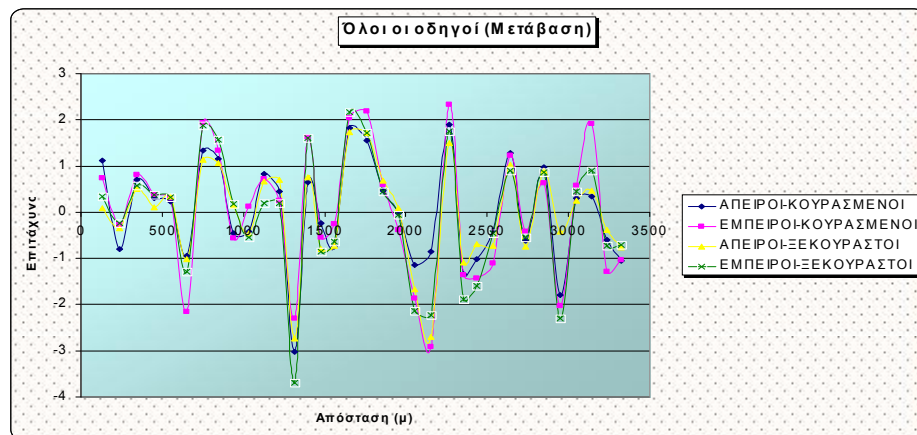
Να σημειωθεί ότι οι θετικές τιμές των διαγραμμάτων απεικονίζουν την επιτάχυνση του οχήματος, ενώ οι αρνητικές τιμές την επιβράδυνση. Επιπλέον, ως προς τα χαρακτηριστικά τμήματα που αναλύθηκαν στη ταχύτητα στη περίπτωση της επιτάχυνσης πρόέκυψαν συμπεράσματα μόνο στις στροφές Σ1, λόγω του γεγονότος ότι στις ευθείες, οι καμπύλες επιτάχυνσης δεν ήταν συγκρίσιμες. Έτσι λοιπόν, στην αλληλουχία στροφών και πάλι ο πρώτος οδηγός, επιβραδύνει και επιταχύνει λιγότερο απότομα.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία και για όλους τους συμμετέχοντες προκύπτει ότι οι οδηγοί είχαν ομαλότερες καμπύλες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης όταν ήταν ξεκούραστοι. Σε αυτό το σημείο χρήζει αναφοράς το γεγονός ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πρώτα όταν ο οδηγός ήταν κουρασμένος και μετά όταν ήταν ξεκούραστος. Κατά αυτό τον τρόπο υπήρχε μεγαλύτερη εξοικείωση με την οδό τη δεύτερη φορά, στοιχείο που επιδρά στη συμπεριφορά του ατόμου.

Στη συνέχεια, μελετώντας την παράμετρο της επιτάχυνσης, με τη βοήθεια των διατομών, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην εξέταση της ταχύτητας, προκύπτουν αποτελέσματα ανάλογα με αυτά που επισημάνθηκαν και παραπάνω.

Επιπροσθέτως, ομαδοποιώντας του οδηγούς σε άπειρους και έμπειρους έγινε η αντίστοιχη προσέγγιση. Συγκεκριμένα, οι έμπειροι οδηγοί, παρουσίασαν εντονότερες καμπύλες επιτάχυνσης, ανεξαρτήτως της κούρασης με μεγαλύτερη διακύμανση να εμφανίζεται στη περίπτωση που ήταν ξεκούραστοι οι συμμετέχοντες. Πιθανή ερμηνεία του αποτελέσματος αυτού είναι το γεγονός ότι λόγω της έλλειψης εμπειρίας ο οδηγός κινείται πιο προσεκτικά, με χαμηλές τιμές ταχύτητας, χωρίς έντονες αυξομειώσεις και ειδικά σε περιβάλλον που δεν του είναι οικείο.

Τέλος, παρατίθεται διάγραμμα συνδυάζοντας τον παράγων κόπωση στην οδήγηση, με αυτό της εμπειρίας, αναδεικνύοντας ότι μεγαλύτερες μεταβολές στην επιτάχυνση έχουν οι έμπειροι όταν είναι κουρασμένοι, κατόπιν οι έμπειροι ξεκούραστοι, στη συνέχεια οι άπειροι κουρασμένοι και τέλος οι άπειροι ξεκούραστοι.



Σχήμα 7: Μεταβολή της επιτάχυνσης των άπειρων οδηγών συναρτήσει της κόπωσης στη μετάβαση. (Σύνολο διαδρομής)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού υπό καθεστώς κόπωση είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, από το στάδιο του ορισμού των προϋποθέσεων θεώρησης της κόπωσης του οδηγού έως το στάδιο των μετρήσεων και επεξεργασίας.
- Στην κατεύθυνση μιας πιο ολοκληρωμένης έρευνας, η χρήση κλειστής διαδρομής, απαλλαγμένη από την κυκλοφορία άλλων οχημάτων, η αύξηση του αριθμού των οδηγών, αλλά και η χρησιμοποίηση τεχνολογικού εξοπλισμού μεγαλύτερης ακρίβειας θα οδηγούσε σε πιο ασφαλή αποτελέσματα
- Παρόλα αυτά, από την ανάλυση των δεδομένων, ιδιαίτερα των τροχιών των διαφόρων διαδρομών, προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την πορεία που διαγράφει το όχημα στην οδό εμφανίζεται αυξημένος αριθμός ελιγμών στην πλειονότητα των οδηγών όταν είναι κουρασμένοι, απόρροια της μειωμένης σταθερότητας στην οδήγηση.
- Επίσης, ερμηνεύοντας τη συμπεριφορά των οδηγών μελετώντας την ταχύτητα κίνησης, αναπτύσσονται υψηλότερες τιμές στην περίπτωση που είναι ξεκούραστοι. Επιπροσθέτως, στο ίδιο συμπέρασμα συγκλίνουν και οι καταγραφείσες μέγιστες ταχύτητες των συμμετεχόντων. Να σημειωθεί ότι διαχωρίζοντας τους οδηγούς σύμφωνα με την εμπειρία οδήγησης, παρατηρήθηκε ότι οι τελευταίοι κινήθηκαν ταχύτερα σε κάθε περίπτωση.
- Τέλος, σύμφωνα με την ανάλυση της επιτάχυνσης οι οδηγοί φαίνεται να επηρεάζονται από την κόπωση, επιταχύνοντας και επιβραδύνοντας σε πιο έντονο βαθμό, χωρίς όμως να αυξάνεται η συχνότητα. Αντίστοιχα, σύμφωνα και με την κατηγοριοποίηση που έγινε και στην παράμετρο της ταχύτητας, οι άπειροι οδηγοί παρουσίασαν μικρότερες μεταβολές της επιτάχυνσης, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στις μικρότερες τιμές ταχύτητας και την μεγαλύτερη επιφυλακτικότητα, ιδίως σε περιβάλλον που δεν τους είναι οικείο.
- Τα δεδομένα που σχετίζονται με τις αντιδράσεις των οδηγών, όπως αυτά καταγράφονται από την 2^η κάμερα, θα πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω έρευνας από ειδικούς επιστήμονες σε συνδυασμό με τα καταγεγραμμένα χαρακτηριστικά της δυναμικής της κίνησης του οχήματος.
- Δεδομένου ότι η διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς είναι αντικείμενο πολυπαραμετρικής ανάλυσης, θα πρέπει να διερευνηθούν (σε επίπεδο εκτεταμένης έρευνας φυσικά) και παράμετροι όπως εξοικείωση οδηγών με το όχημα, ποικίλες κυκλοφοριακές συνθήκες, εργομετρικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά οδηγών κλπ. Κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Ιστοσελίδα: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm>.

[2] Ιστοσελίδα:

<http://www.etsc.eu/documents/ETSC%20PIN%20Annual%20Report%202009.pdf>, 2010
On The Horizon, 3rd Road Safety PIN Report, ETSC, (2009).

[3] Γ. Γιαννόπουλος, *Οδική Ασφάλεια και Στρατηγικό Πρόγραμμα έρευνας στις Οδικές Μεταφορές της ΕΕ-οι προτάσεις της ERTRAC*, Πάτρα ,3ο Πανελλήνιο συνέδριο οδικής ασφάλειας, (2005).

[4] Γεώργιος Μποτζώρης, *Ανάλυση και μοντελοποίηση των παραμέτρων οδικής ασφάλειας*, Πάτρα ,3ο Πανελλήνιο συνέδριο οδικής ασφάλειας, (2005).

- [5] Thomy Nilsson, Thomas M.Nelson, Dona Carlson : *Development of fatigue symptoms during simulated driving*, Pergamon, (1997).
- [6] Pierre Thiffault, Jacques Bergeron : *Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study*, Pergamon, (2002).
- [7] Winsum, W. van. *Age-related differences in effects of drowsiness on measures of driver behaviour and performance* , Technische Menskunde, Netherlands, Soesterberg, (1999).
- [8] Åkerstedt, T., Peters, B., Anund, A. & Kecklund, G.: *Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study*, Journal of Sleep Research, (2005).
- [9] Hargutt, V., Hoffmann, S., Vollrath, M. & Krüger, H.P.: *Compensation for drowsiness & fatigue - a driving simulation study*, In: Proceedings of the International Conference on Traffic and Transport Psychology, Switzerland, (2000).
- [10] Brookhuis, K., De Waard, D. & Mulder, B.: *Measuring driving performance by car-following in traffic*, Ergonomics, (1994).
- [11] Hulst, van der, M., Meijman, T. & Rothengatter, T.: *Maintaining task set under fatigue: a study of time-on-task effects in simulated driving*, Transportation Research Part F., (2001).
- [12] Vanlaar, W., Simpson, H., Mayhew, D. & Robertson, R.: *Fatigued and Drowsy Driving*,. Traffic Injury Research Foundation, Ontario, (2007).
- [13] Winsum, W. van: *Age-related differences in effects of drowsiness on measures of driver behaviour and performance*, TNO Technische Menskunde, Netherlands, Soesterberg, (1999).
- [14] Harrison, W.: *Fatigue and Young Drivers*, Royal Automobile Association of Victoria, Victoria, (2008).
- [15] ETSC (2001): *The role of driver fatigue in commercial road transport crashes*, European Transport Safety Council ETSC, (2008).
- [16] Ouwerkerk, F.van, Hoeven, W.van der, O'Hanlon, J.F. & Onnen, M.: *Arbeidsomstandigheden van internationale vrachtwagenchauffeurs*, Traffic Research Centre, Netherlands, Haren, (1986).
- [17] Buxton, S. & Hartley, L.: *Napping to prevent fatigue*, Conference on Road Safety 'Road safety: gearing up for the future', Perth, (2001).
- [18] ROSPA : *Driver fatigue and road accidents*, Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham (2008).
- [19] Hamelin, P. : *Drivers' working hours in 'Social aspects of road transport*, ECMT, Paris, (1986).

- [20] Otmani, S., Rogé, J. & Muzet, A. : *Sleepiness in professional drivers: Effect of age and time of day*, Accident Analysis and Prevention, (2005).
- [21] T.L. Bunna, S. Slavovaa, T.W. Struttmann a, S.R. Browning: *Sleepiness/fatigue and distraction/inattention as factors for fatal versus nonfatal commercial motor vehicle driver injuries*, (2005).
- [22] ROSPA *Driver fatigue and road accidents*, Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham, (2001).
- [23] Igor Radun, Jenni E. Radun :*Convicted of fatigued driving: Who, why and how?*, Accident Analysis and Prevention, (2009).
- [24] Schagen, I.N.L.G.van: *Vermoeidheid achter het stuur*, Institute for Road Safety Research SWOV, Netherlands, Leidschendam , (2003).
- [25] Maycock, G. :*Driver Sleepiness as a Factor in Car and HGV Accidents*, Transport Research Laboratory (TRL), Crowthorne, Berkshire, UK, (1995).
- [29] Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., Perez, M. A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z. R., Jermeland, J. & Knipling, R.R. (2006) *The 100-Car Naturalistic Driving Study*, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, (2008).
- [30] Anna Anund, Go Ran Kecklund, Petters and Torbjo: *Driver sleepiness and individual differences in preferences for Countermeasures*, (2007)
- [31] Philippa H. Gander a,*, Nathaniel S. Marshall a, Warren Bolger b, Ian: *An evaluation of driver training as a fatigue countermeasure*, (2005).
- [32] Ιστοσελίδα :
http://www.dft.gov.uk/think_media/241036/241084/signsoftiredness1.pdf
- [33] Werner De Dobbeleer (IBSR/BIVV), Teti Nathanail & Giannis Adamos (University of Thessaly – Uth, *Campaigns and awareness raising strategies in traffic safety*, (2009).
- [34] Δρ. Ευάγγελος Μπεκιάρης, : *Σύγχρονα συστήματα υποστήριξης οδηγού επι του οχήματος : “το έξυπνο όχημα” και επιδράσεις αυτών σε οδική ασφάλεια, περιβάλλον και κυκλοφοριακό φόρτο*,(2007)
- [35] Vincent, A., Noy, I. & Laing, A.: *Behavioural adaptation to fatigue warning systems*. Transport Canada. Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Windsor, Canada, (1998).
- [36] Ιστοσελίδα
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/pdf/fatigue.pdf
- [37] Racelogic: *Video VBOX hardware and software manual, issue 4*, (March, 2009).

Abstract

A great effort has been made lately in our country but in Europe also, to reduce road accidents, as -according to statistics- the problem of road safety is particularly acute. Road safety is a problem that is influenced by many factors, something that clearly shows the need to verge the problem with a consistent and rational policy.

A factor that is not evaluated with particular emphasis, while it influences significantly road safety, is driver's fatigue. This is mainly due to the fact that it's difficult to be detected as an accident cause and secondarily to the fact that the percentage of accidents of this category is considered to be small (with the exception of long distance truck drivers).

This paper aims at identifying changes in driver's behavior due to fatigue, a difficult task due to a large number of factors that influence it, especially in an environment that is not strictly controlled. More specifically, measurements have been made in which drivers with different driving experience participated (it was assumed that "experienced" are drivers with more than 50,000km in their asset and "non experienced", drivers with less than 30,000km in their asset), recording the route, the speed and the behavior of the driver (through the recording of the dynamic characteristics of the vehicle's motion) in the designated road section, using special scientific equipment (video-box system, GPS based & IMU of racelogic U.K company).

The procedure was followed once, when the driver was tired (the presupposition for the term "fatigue" was 8 hour working time) and then when he was not tired. Then drivers' behaviour was evaluated with the data of the track, the speed and the acceleration and interesting remarks and conclusions were made.

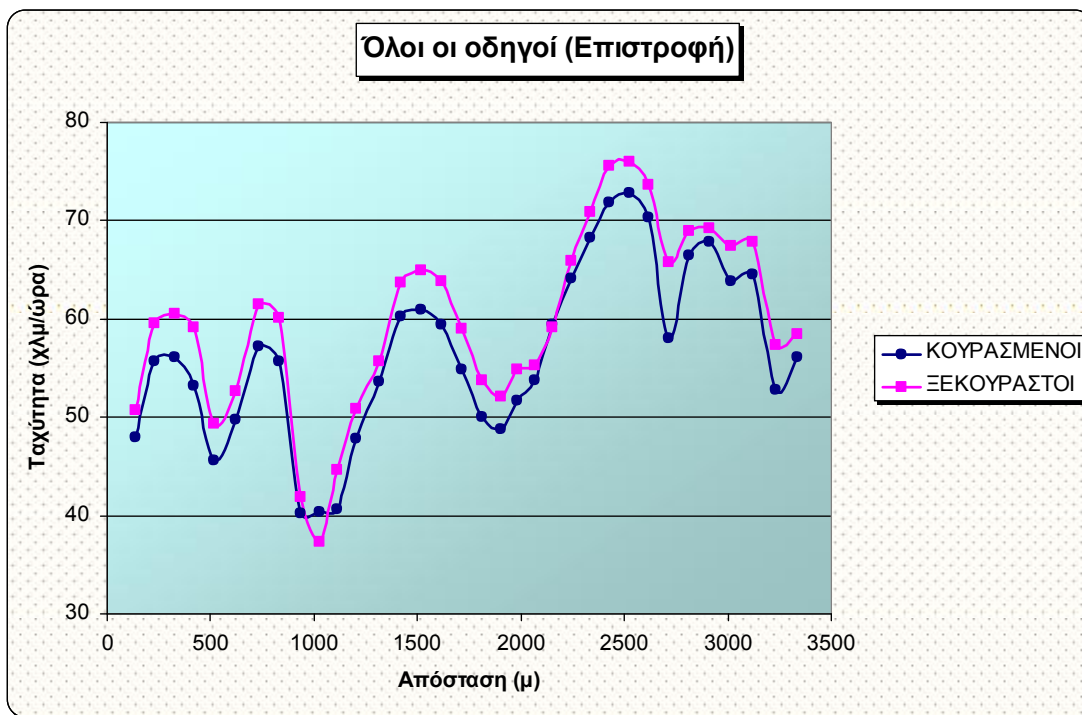
Here are indicated some these remarks:

- the number of deviations along the track of the vehicle between 2 return journeys or transition was larger under fatigue conditions due to possible reduced drivers' perception
- all drivers had reduced speed when tired, considering possibly that in this way they move more safely, if not at the appropriate level of vigilance
- more intense drivers' accelerations and decelerations were found under fatigue conditions due to reduced perception and nervous reactions.
- less experienced drivers developed less speed and had smoother accelerations and decelerations, due to their greater caution
- the general feeling from the experimental procedure analysis is the need for a stricter consideration of physical fatigue with common characteristics.

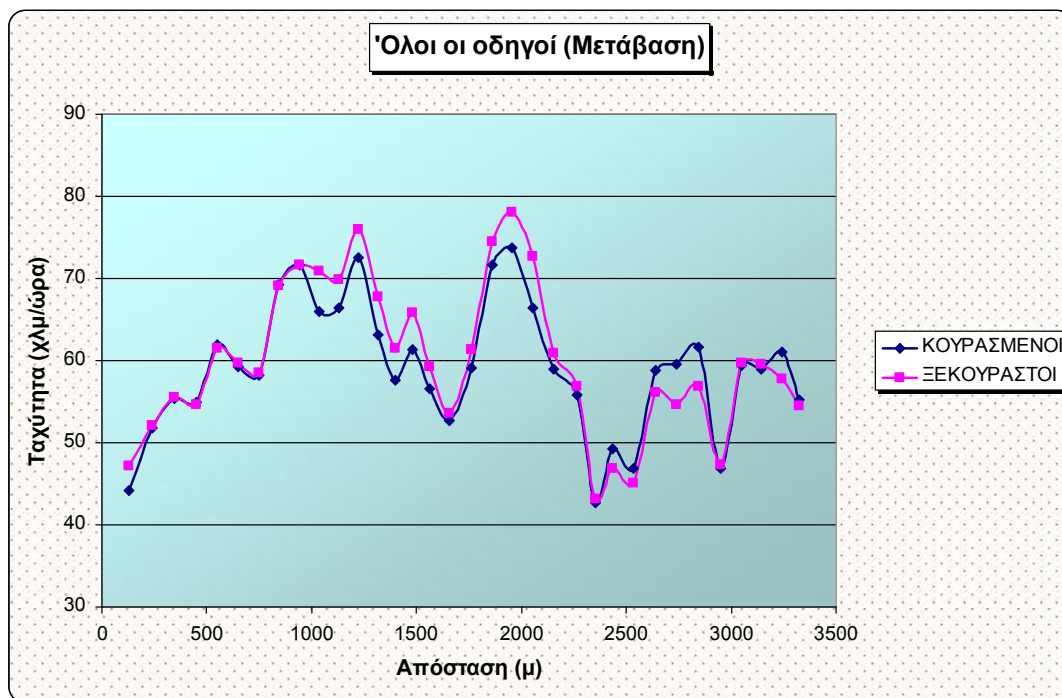
This paper is a first approach of drivers' behavior under conditions of physical fatigue investigation, using innovative technologies for recording their behavior and aspires to contribute in revealing the problem and helping future research efforts.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

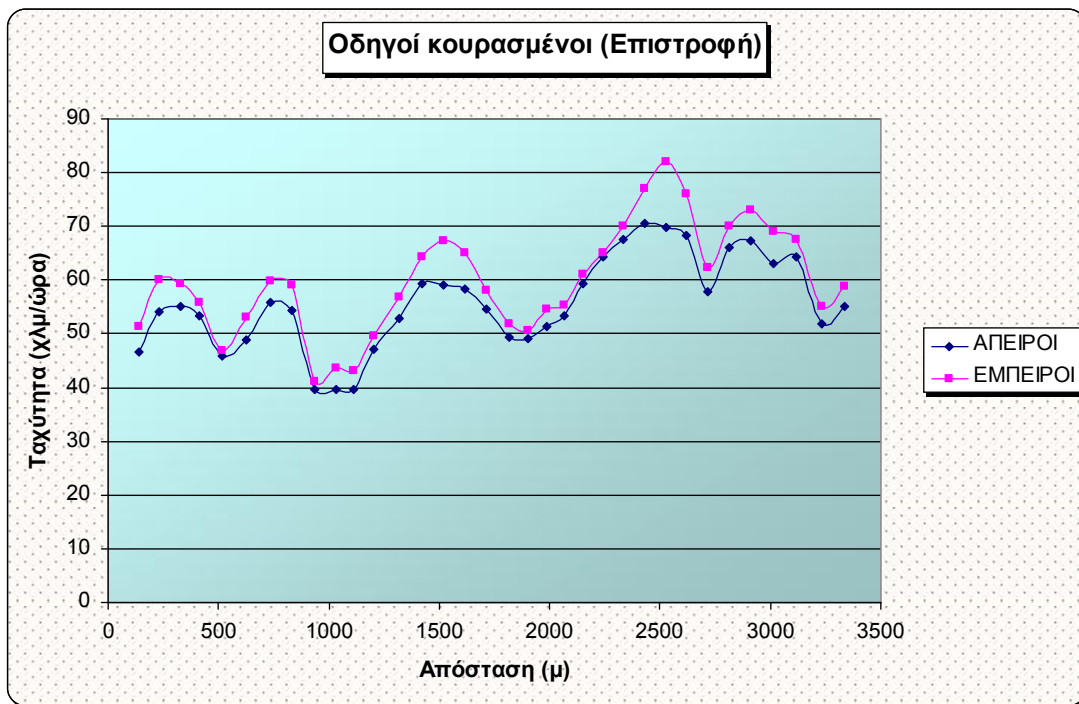
Παρατίθενται τα διαγράμματα του συνόλου των οδηγών.



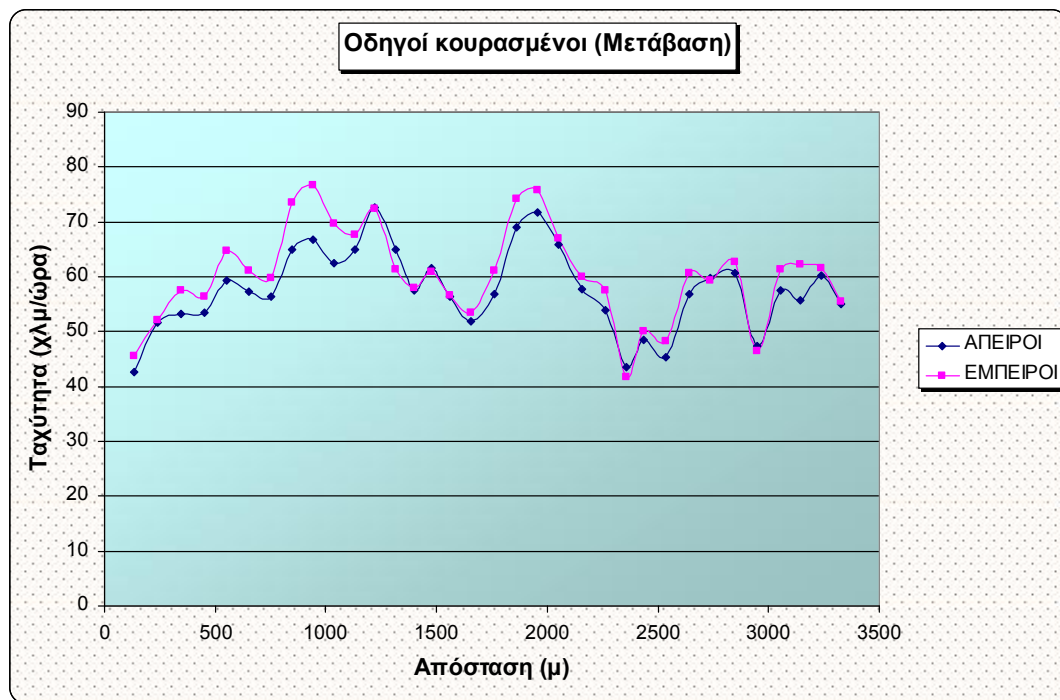
Μεταβολή της ταχύτητας των οδηγών στο σύνολο τους, κατά την επιστροφή.



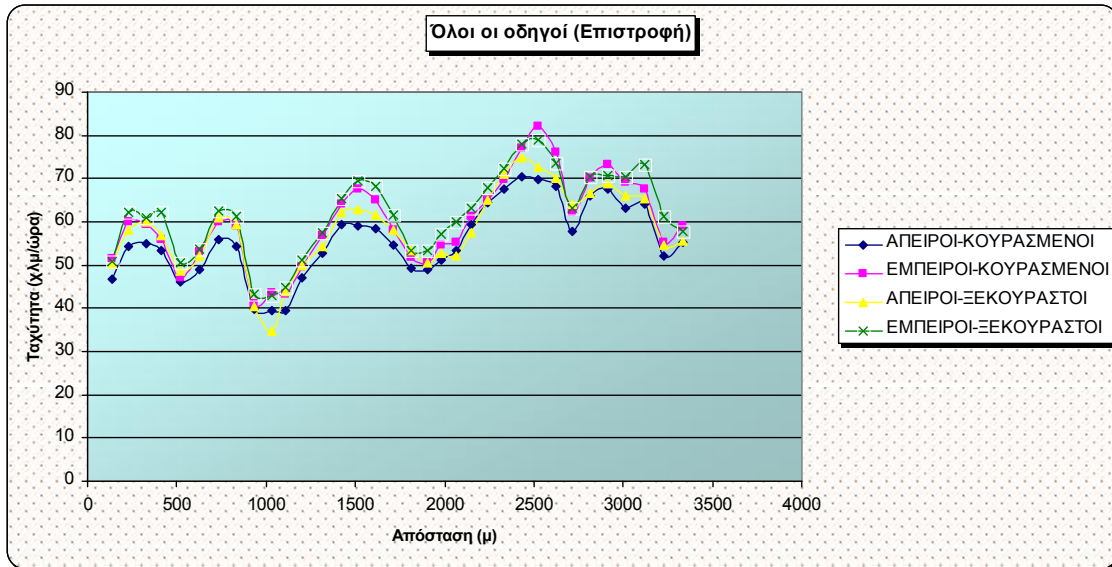
Μεταβολή της ταχύτητας των οδηγών στο σύνολο τους, κατά τη μετάβαση.



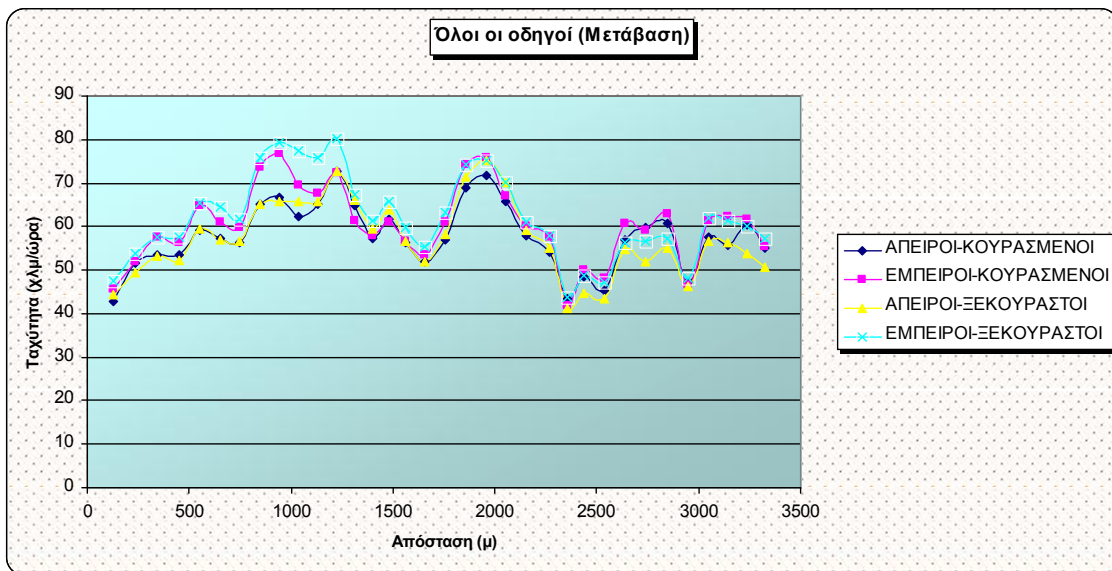
Μεταβολή της ταχύτητας των έμπειρων και άπειρων οδηγών, όταν ήταν κουρασμένοι κατά την επιστροφή.



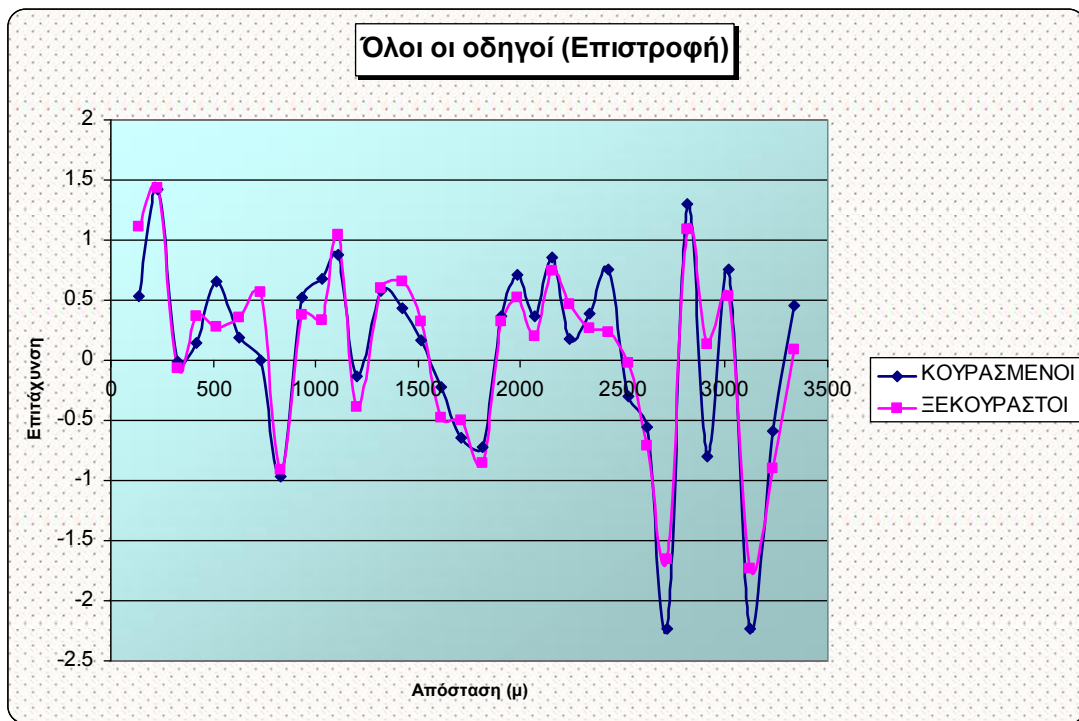
Η μεταβολή της ταχύτητα των άπειρων και έμπειρων οδηγών, όταν ήταν ξεκούραστοι κατά τη μετάβαση.



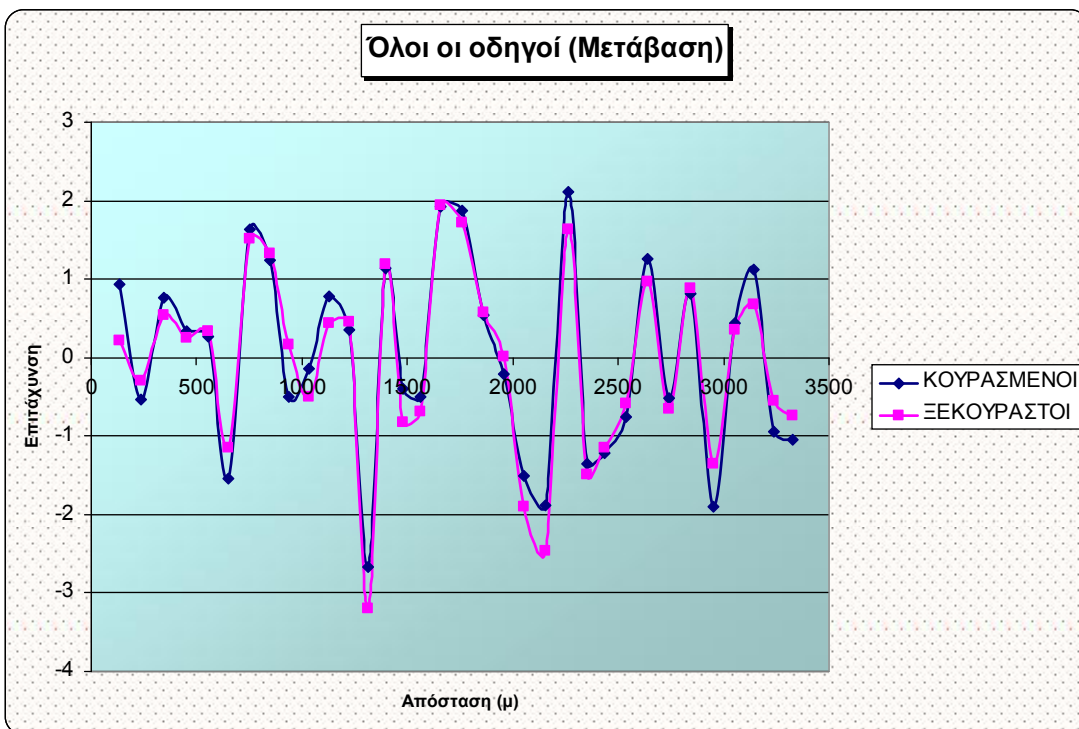
Μεταβολή της ταχύτητας των άπειρων και έμπειρων οδηγών συναρτήσει της κόπωσης στην επιστροφή.



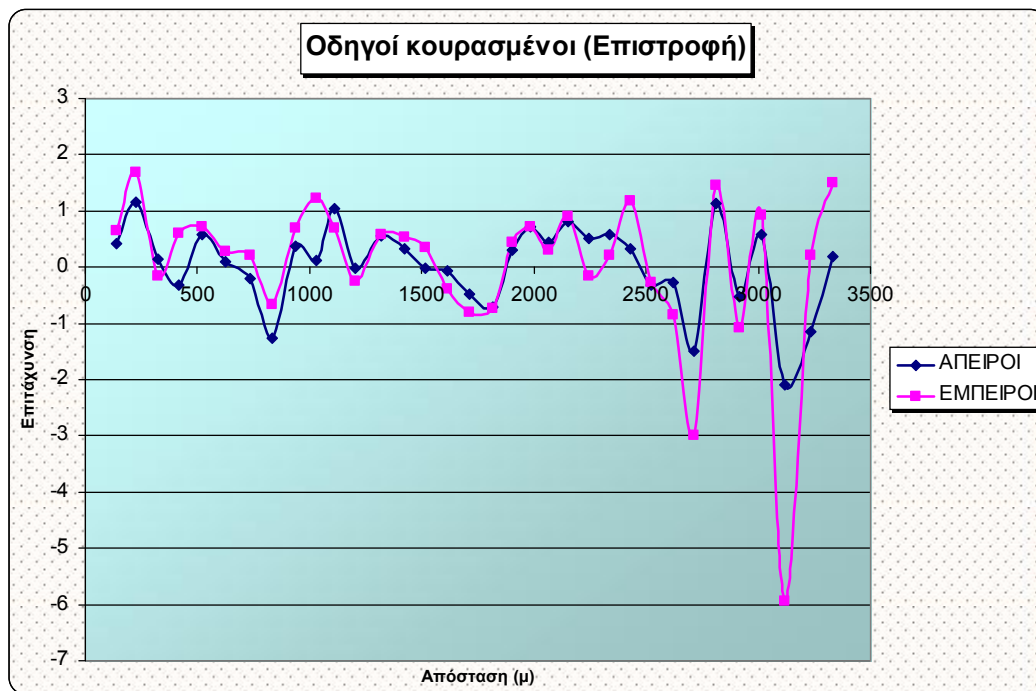
Μεταβολή της ταχύτητας των άπειρων και έμπειρων οδηγών συναρτήσει της κόπωσης στη μετάβαση.



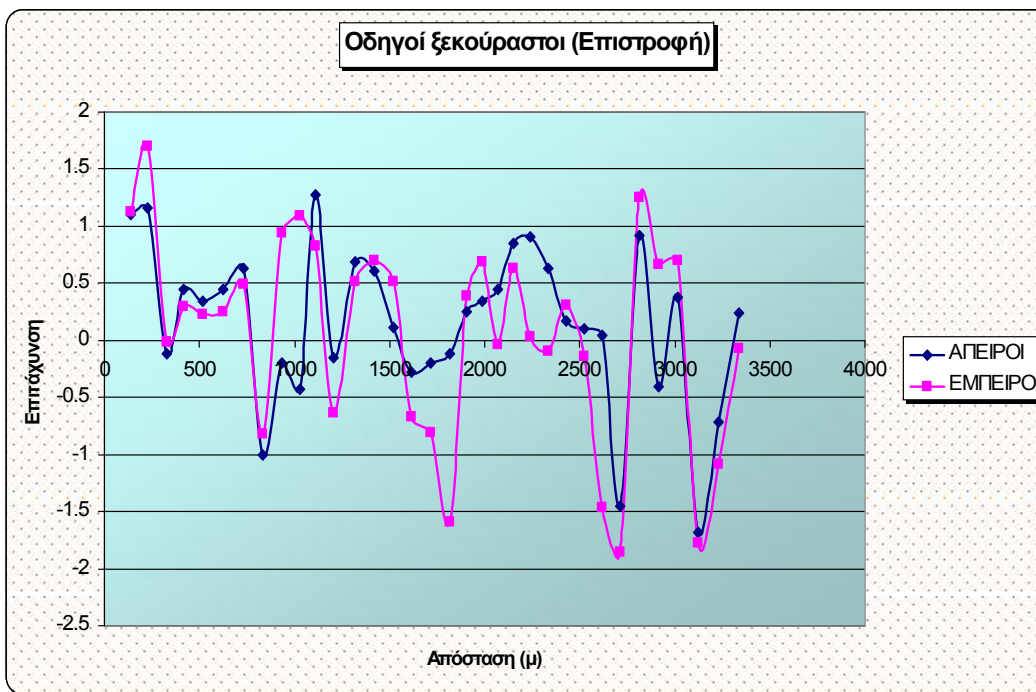
Μεταβολή της επιτάχυνσης των οδηγών στο σύνολο τους, κατά την επιστροφή.



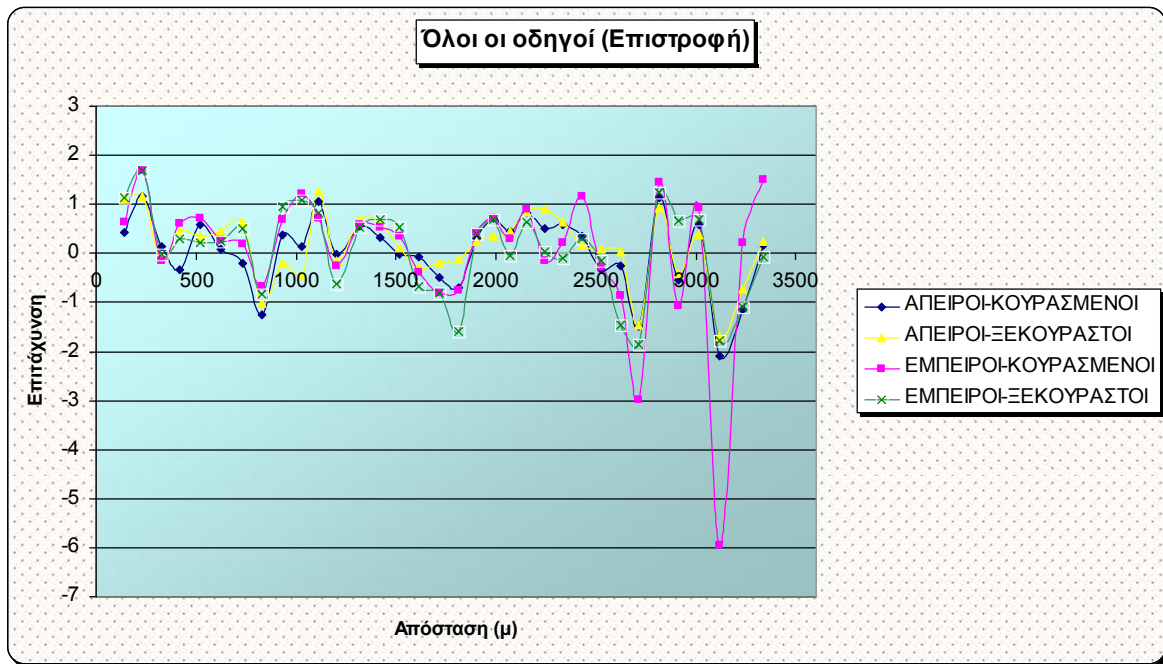
Μεταβολή της επιτάχυνσης των οδηγών στο σύνολο τους, κατά τη μετάβαση.



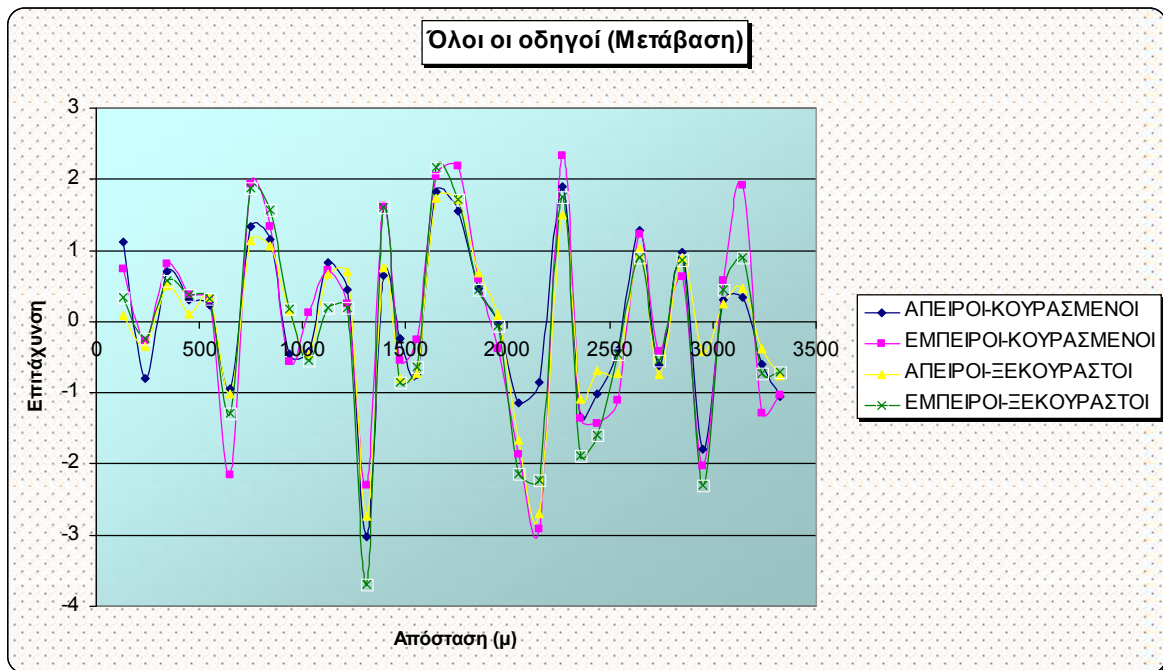
Μεταβολή της επιτάχυνσης των άπειρων και έμπειρων οδηγών, όταν είναι κουρασμένοι.



Μεταβολή της επιτάχυνσης των άπειρων και έμπειρων οδηγών, όταν είναι ξεκούραστοι.



Μεταβολή της επιτάχυνσης των άπειρων και έμπειρων οδηγών συναρτήσει της κόπωσης στην επιστροφή.



Μεταβολή της επιτάχυνσης των άπειρων και έμπειρων οδηγών συναρτήσει της κόπωσης στη μετάβαση.