

Οδικά ατυχήματα σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού: Ο ρόλος της όρασης



Σωτήρης Πλαϊνής
MSc, PhD, FBCLA

Ο Σωτήρης Πλαϊνής είναι οπτικός – οπτομέτρης, επιστημονικός συνεργάτης του Ινστιτούτου Οπτικής και Όρασης (IVO) στο Πανεπιστήμιο Κρήτης και Επίτιμος Λέκτορας στη Σχολή Επιστημών Ζωής στο Πανεπιστήμιο Μάντσεστερ. Ηνωμένο Βασίλειο. Αποτελεί ιδρυτικό μέλος των

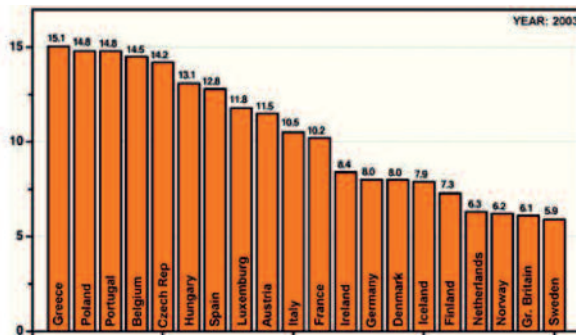
διατμηματικών προγραμμάτων μεταπτυχιακών σπουδών “Οπτική και Όραση” και “Εγκέφαλος & Νους” και Fellow του International Society for Contact Lens Research (ISCLR) και του British Contact Lens Association (BCLA).

1. Η θλιβερή εικόνα των οδικών τροχαίων ατυχημάτων

Η χώρα μας εμφανίζει την μικρότερη θνησιμότητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση από χρόνια νοσήματα, παρουσιάζει όμως ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά οδικών τροχαίων ατυχημάτων.

Είναι γεγονός, αν και στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας παρατηρήθηκαν μειωτικές τάσεις στον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων (μείωση κατά 12% το 2002 και 3% το 2003), ότι η Ελλάδα διατηρούσε το 2003 το υψηλότερο ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όταν αυτά αναλύονται με βάση τον πληθυσμό ή τα οχηματο-χιλιόμετρα (βλ. Σχ. 1).

Τα οδικά ατυχήματα, εκτός από την ανθρώπινη τραγωδία, έχουν ένα πολύ σημαντικό κοινωνικο-οικονομικό κόστος. Έχει εκτιμηθεί [1][2] ότι το συνολικό ετήσιο κόστος των τροχαίων ατυχημάτων αγγίζει το 2% του ΑΕΠ στις χώρες της Ε.Ε. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος ενός θανατηφόρου ατυχήματος στην Μ.Βρετανία προσεγγίζει τα 1.8 εκατομμύρια ευρώ, ενώ το κόστος ενός ατυχήματος με σοβαρό τραυματισμό αγγίζει τα 170.000 ευρώ. Στην παραπάνω τιμή υπολογίζεται το “ανθρώπινο” κόστος και οι υπόλοιπες δαπάνες προκύπτουν από υλικές ζημιές στα οχήματα και στο οδικό δίκτυο, έξοδα ιατρικής περίθαλψης, και το κόστος ενασχόλησης της τροχαίας και των άλλων εμπλεκόμενων φορέων (χωρίς να συνυπολογίζονται τα έξοδα ασφάλισης).



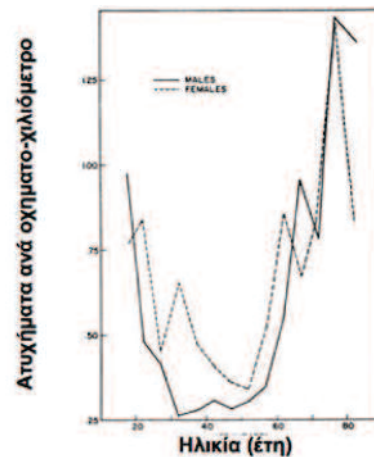
Σχ. 1: Συχνότητα θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων (θανατηφόρα ατυχήματα ανά 100.000 κατοίκους) στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 15 και ορισμένες άλλες που έχουν πρόσφατα ενταχθεί (Πηγή: OECD [6]).

2. Αιτιολογικοί Παράγοντες

Όταν τα στατιστικά των οδικών ατυχημάτων αναλύονται, υπάρχουν αναπόφευκτα αρκετοί αιτιολογικοί παράγοντες. Οι περισσό-

τεροι από αυτούς αφορούν την υποδομή του οδικού δικτύου και του οδικού περιβάλλοντος (π.χ. οδόστρωμα, σήμανση, φωτισμός, κλιματολογικές συνθήκες), τον τεχνικό εξοπλισμό και την μηχανολογική κατάσταση των οχημάτων, τον έλεγχο του συστήματος (π.χ. επιτήρηση, αστυνόμευση, πρόληψη, περίθαλψη) και τον ανθρώπινο παράγοντα (οδηγοί, πεζοί). Το «ανθρώπινο λάθος», περιλαμβάνει μια σειρά από παράγοντες που αφορούν την υπερβολική ταχύτητα, την κατανάλωση αλκοόλ, τη μη χρήση της ζώνης ασφαλείας, την κούραση και την επικίνδυνη ή επιθετική οδήγηση.

Η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα στα οδικά ατυχήματα εξαρτάται σημαντικά από την ηλικία των οδηγών [19]. Μπορεί τα μισά θανατηφόρα ατυχήματα να αφορούν ηλικίες μεταξύ 20 και 45 ετών, όταν όμως τα στατιστικά των ατυχημάτων αναλυθούν ανά χιλιόμετρο οδήγησης είναι εμφανές (βλ. Σχ. 2) ότι οι ηλικίες «υπεύθυνες» για τα περισσότερα ατυχήματα είναι αυτές μικρότερες των 25 και μεγαλύτερες των 50 ετών, με τις γυναίκες να παρουσιάζουν ένα μικρό «προβάδισμα». Μάλιστα, σε σύγκριση με την ομάδα των «ιδανικών» οδηγών (ηλικίες 25-45) ο αριθμός των ατυχημάτων που προκαλούνται από τους νεότερους και τους ηλικιωμένους οδηγούς είναι περίπου εξαπλάσιος. Αυτό το στατιστικό δικαιολογείται από την μικρή εμπειρία των νεαρών οδηγών (και την τάση που παρουσιάζουν για μεγαλύτερες ταχύτητες) και τα μειωμένα αντανακλαστικά (κυρίως μειωμένη οπτική ικανότητα, μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης) των ηλικιωμένων οδηγών.



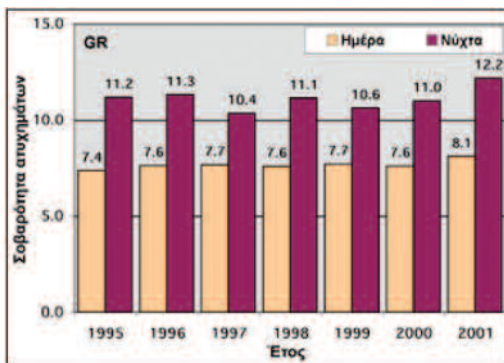
Σχ. 2: Συχνότητα ατυχημάτων ανά χιλιόμετρο οδήγησης σε σχέση με την ηλικία για μία περίοδο 3 ετών[18]. Είναι εμφανές ότι οδηγοί με ηλικίες «25 και» 50 ετών παρουσιάζουν μεγαλύτερη ροπή σε ατυχήματα.

2.1 Η σημασία του οδικού φωτισμού

Ένας παράγοντας στον οποίο δεν έχει δοθεί η απαραίτητη βαρύτητα αποτελούν τα επίπεδα περιβαλλοντικού φωτισμού κατά την σύγκρουση. Αν και είναι σχετικά δύσκολο να γίνει άμεσος συσχετισμός των ατυχημάτων με την μειωμένη ορατότητα, είναι γνωστό ότι ένας δυσανάλογος αριθμός ατυχημάτων συμβαίνει κατά τη νύχτα [3] [4] [5]. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα ατυχήματα που αφορούν παρασύρσεις πεζών, ποδηλατιστών και μοτοσυκλετιστών μέσα στην πόλη αυξάνονται κατά σημαντικό βαθμό σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού. Η αναλογία του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων ανά 100 ατυχήματα έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης «σοβαρότητας» των ατυχημάτων, υποδηλώνοντας ότι ένα θανατηφόρο ατύχημα συνήθως προκαλείται εξαιτίας της ισχυρότερης σύγκρουσης μεταξύ δύο οχημάτων (η οποία μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη ταχύτητα ή / και στα μειωμένα αντανακλαστικά των οδηγών). Στο Σχ. 4 επιχειρείται μια σύγκριση της «σοβαρότητας» των

ατυχημάτων κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, “υποδεικνύοντας” ότι τα νυχτερινά ατυχήματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη «σοβαρότητα». Αν και είναι εμφανές ότι και άλλοι παράγοντες συμβάλλουν στον αυξημένο αριθμό των ατυχημάτων τις βραδινές ώρες, όπως η ελλειψής σήμανση, η αυξημένη κατανάλωση αλκοόλ και η κούραση των οδηγών [7] [8], υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων συσχετίζεται άμεσα με το επίπεδο φωτισμού των δρόμων τη νύχτα [9] [5]. Όπως παρουσιάζεται στην Σχ. 3, η “σοβαρότητα” των ατυχημάτων σε δρόμους στους οποίους ο φωτισμός είναι ανεπαρκής (ή απουσιάζει πλήρως) είναι πολύ υψηλότερη (περίπου 3 φορές) από αυτή σε δρόμους που είναι φωτισμένοι για όλη την “εξεταζόμενη” περίοδο (1996-2001). Μάλιστα, θα πρέπει να μας προβληματίσει η παρατήρηση ότι το 2001, σε δρόμους που δεν υπήρχε φωτισμός, περίπου ένα στα τέσσερα ατυχήματα (το 23.8%) ήταν θανατηφόρα!

Συμπεραίνεται επομένως ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων εξαρτάται άμεσα από τα επίπεδα φωτισμού των δρόμων τη νύχτα, αφού τριπλασιάζεται σε δρόμους που δεν έχουν επαρκή φωτισμό. Μάλιστα, το γεγονός ότι η αναλογία στην «σοβαρότητα» μεταξύ μη φωτισμένων και φωτισμένων δρόμων είναι σχεδόν ίδια και στην Μεγ. Βρετανία (βλ. Σχ. 5), η οποία παρουσιάζει την μικρότερη συχνότητα θανατηφόρων ατυχημάτων στην Ε.Ε. (βλ., Σχ. 1), υποδεικνύει την ύπαρξη κάποιου παράγοντα, ο οποίος δεν σχετίζεται ούτε με την ποιότητα του οδικού δικτύου και των οχημάτων ούτε με την «παιδεία» των οδηγών.



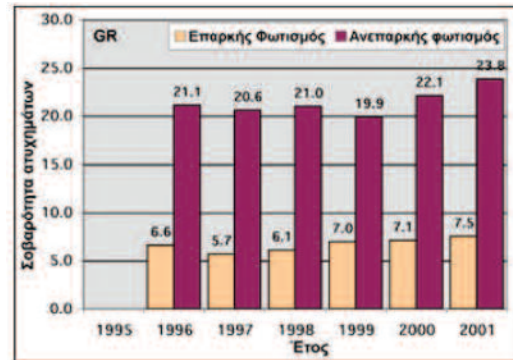
Σχ. 3: Παρουσίαση της συνολικής εικόνας των ατυχημάτων για τα έτη 1995-2001: ο δείκτης σοβαρότητας των ατυχημάτων (αναλογία θανατηφόρων ανά 100 ατυχήματα) αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό κατά την νύχτα. (Πηγή: ΕΣΥΕ [11]).

3. Λειτουργικές διαστάσεις της νυχτερινής όρασης

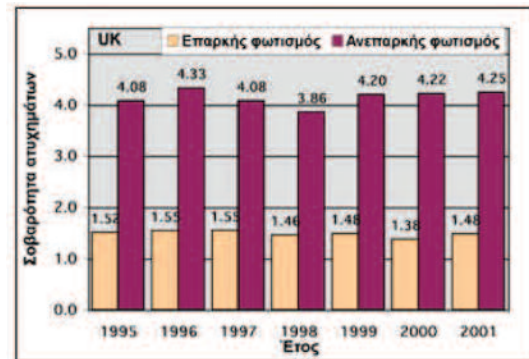
Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η όραση του οδηγού αποτελεί σημαντικότατο παράγοντα για την ασφαλή οδήγηση [12] [13]. Είναι σήμερα αδιαμφισβήτητο ότι η οδήγηση λαμβάνει χώρα σε ένα πολυσύνθετο περιβάλλον και για αυτό απαιτεί ανάπτυξη ικανοτήτων όρασης απαραίτητων για την έγκαιρη αποφυγή πιθανών συγκρούσεων.

Κατά την διάρκεια της ημέρας ή στην περίπτωση που ο φωτισμός των δρόμων είναι επαρκής, η οπτική επεξεργασία των πληροφοριών που λαμβάνει ο οδηγός (όπως αντίληψη βάθους και κίνησης, και αντίθεση φωτεινότητας και χρωματικότητας των αντικειμένων) καθορίζουν σε μεγάλο ποσοστό το οπτικό του πεδίο και την οπτικο-κινητική του αντίληψη. Αυτές οι πληροφορίες είναι σημαντικές για την ανίχνευση και αναγνώριση των «αντικειμένων» που τον ενδιαφέρουν (π.χ. αντικείμενα οδικής σήμανσης και σηματοδότησης, άλλα οχήματα, πεζοί), τον προσανατολισμό του στο χώρο και την αποφυγή πιθανών εμποδίων. Κατά τη νυχτερινή οδήγηση, σε συνθήκες απουσίας περιβαλλοντικού φωτισμού (βλ. Σχ. 6), οι οπτικές πληροφορίες στο οπτικό πεδίο του οδηγού μειώνονται δραματικά, με αποτέλεσμα ο οδηγός να αντιμετωπίζει δύο κύρια προβλήματα: (α) δυσκολία στην αντίληψη των «εν-δυνάμει» κινδύνων και (β) κοπιωπία - κυρίως από τα φώτα των επερχόμενων οχημάτων (τα οποία προκαλούν αυξημένο θάμβος, [14]). Και τα δύο είναι στενά συνδεδεμένα με την σημαντική μείωση της «λειτουργικής» όρασης σε χαμηλό φωτισμό.

Η επίδραση της μειωμένης φωτεινότητας στις διάφορες λειτουργίες της όρασης έχει μελετηθεί διεξοδικά στο παρελθόν και είναι γνωστό ότι σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού διάφορα χαρακτηριστικά της οπτικής συμπεριφοράς, όπως η διακριτική ικανότητα, η αντίληψη της κίνησης και η προσαρμοστική ικανότητα του οφθαλμού, μειώνονται αισθητά, ενώ παράλληλα χάνεται η αντίληψη του βάθους (στερεοσκοπική όραση) και η έγχρωμη όραση.



Σχ. 4: Δείκτης σοβαρότητας των ατυχημάτων (αναλογία θανατηφόρων ανά 100 ατυχήματα) κατά τις νυχτερινές ώρες σε δρόμους με διαφορετικό οδικό φωτισμό για τα έτη 1996-2001 (Πηγή: ΕΣΥΕ [11]).



Σχ. 5: Δείκτης σοβαρότητας των ατυχημάτων (αναλογία θανατηφόρων ανά 100 ατυχήματα) κατά τις νυχτερινές ώρες σε δρόμους με διαφορετικό οδικό φωτισμό στη Μ. Βρετανία για τα έτη 1995-2001 (Πηγή: Road Accidents Great Britain [16]).

Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι στο ημίφως και σε σκοτεινές συνθήκες φωτισμού, τα ραβδία (φωτούποδοχείς υπεύθυνοι για την όραση στο σκοτάδι) διέπουν την λειτουργία της όρασης [20]. Μπορεί, βέβαια, η λειτουργία των ραβδίων να αυξάνει την φωτεινή μας ευαισθησία στο σκοτάδι [15], εξαιτίας όμως της αργής τους αντίδρασης μειώνονται τα αντανάκλαστικά μας, ενώ ταυτόχρονα αλλοιώνεται η αντίληψη της κίνησης, με αποτέλεσμα τα “αντικείμενα” να φαίνονται ότι κινούνται πιο αργά από ό,τι στην πραγματικότητα [16].



Σχ. 6: Νυχτερινή οδήγηση - Φωτογραφίες από αστικούς δρόμους του Ηρακλείου Κρήτης με πολύ καλό (αριστερά) και ανεπαρκή (δεξιά) φωτισμό. Είναι εμφανές ότι στην δεύτερη περίπτωση η ορατότητα είναι σημαντικώς μειωμένη.

4. Οπτικός Χρόνος Αντίδρασης

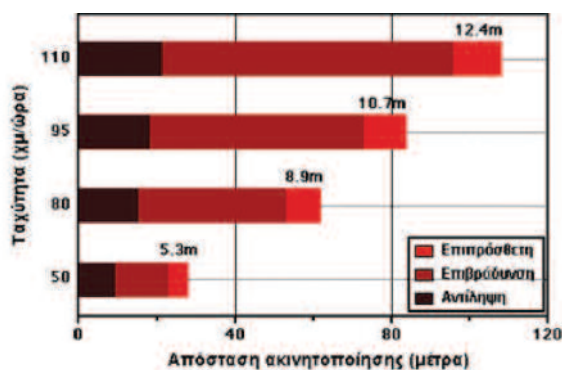
Από την στιγμή που η οδήγηση αποτελεί μία οπτο-κινητική διαδικασία είναι αυτονόητο ότι ένας τρόπος αξιολόγησης της ικανότητας των οδηγών να αντιμετωπίζουν επικίνδυνες καταστάσεις είναι η καταγραφή του Οπτικού Χρόνου Αντίδρασης (ΟΧΑ). Ως ΟΧΑ αναφέρεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εμφάνισης

ενός οπτικού ερεθίσματος και της απόκρισης του συμμετέχοντα με την προϋπόθεση ότι του έχει ζητηθεί να αντιδράσει όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Μια σειρά από μελέτες απέδειξε ότι ο ΟΧΑ σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και για αντικείμενα/εικόνες χαμηλής αντίθεσης αυξάνεται σημαντικά ([17][20]).

Ο ΟΧΑ έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του χρόνου πρόσκρουσης με ένα αντικείμενο. Στην οδήγηση προσφέρει σημαντική πληροφορία γιατί μπορεί να «μεταφραστεί» στην απόσταση που απαιτείται για την ακινητοποίηση ενός οχήματος για την αποφυγή ενός ατυχήματος [18] [5], υπολογισμοί που συμπεριλαμβάνονται στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας της Μ. Βρετανίας. Η κρίσιμη απόσταση ακινητοποίησης (CSD, Critical Stopping Distance) ενός οχήματος υπολογίζεται ως το άθροισμα της «απόστασης αντίληψης» (το γινόμενο της ταχύτητας του οχήματος, V, και του οπτικού χρόνου αντίδρασης, τ) και της «απόστασης επιβράδυνσης» (BD, Braking Distance) που υπολογίζεται από τον χρόνο που απαιτείται για να σταματήσει το όχημα από την στιγμή που άρχισε η λειτουργία των φρένων.

$$CSD = V * \tau + BD$$

Είναι επομένως αντιληπτό ότι λόγω της αύξησης του χρόνου αντίδρασης σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού, αυξάνεται σημαντικά και η κρίσιμη απόσταση για την ακινητοποίηση του οχήματος για την αποφυγή ατυχημάτων. Το Σχ. 7 παρουσιάζει την κρίσιμη απόσταση ακινητοποίησης σε σχέση με την ταχύτητα των οχημάτων. Η επιπρόσθετη απόσταση υπολογίζεται από την αύξηση στον ΟΧΑ (από 200 σε 600ms) σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Για παράδειγμα, για την ακινητοποίηση ενός οχήματος που κινείται με ταχύτητα 80km/ώρα απαιτούνται θεωρητικά **επιπρόσθετα 8.9 μέτρα** σε δρόμους που δεν υπάρχει φωτισμός (σε σχέση με τους καλά “φωτισμένους” δρόμους), απόσταση αρκετά σημαντική αν λάβουμε υπόψη ότι πολλές συγκρούσεις αποφεύγονται για λίγα μέτρα (βλ. Σχ.7).



Σχ. 7: Συνολική απόσταση ακινητοποίησης όπως αναλύεται στη απόσταση αντίληψης και επιβράδυνσης για διάφορες ταχύτητες των οχημάτων. Η επιπρόσθετη απόσταση υπολογίζεται από την αύξηση της απόστασης ακινητοποίησης σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού.

Οι παραπάνω υπολογισμοί αφορούν ιδανικές συνθήκες, κατά τις οποίες ο οδηγός είναι συγκεντρωμένος στην οδήγηση και σε ετοιμότητα για την αποφυγή κάθε κινδύνου. Στην πραγματικότητα, όμως, ο οδηγός δεν δέχεται μόνο οπτικές πληροφορίες, αλλά ταυτόχρονα ελέγχει την κατεύθυνση και την ταχύτητα του οχήματος, ενώ είναι πιθανόν διαφημιστικές πινακίδες και βιτρίνες καταστημάτων που συναντώνται συχνά στο αστικό οδικό δίκτυο να αποσπούν την προσοχή του, με αποτέλεσμα την μείωση της ετοιμότητάς του. Είναι σημαντικό να τονιστεί, όμως, ότι η μείωση στην οπτική αντίληψη και τα αντανάκλαστικά δεν γίνεται αντιληπτή από τους ίδιους τους οδηγούς. Ως αποτέλεσμα είναι πιθανή η υπερεκτίμηση από την πλευρά του οδηγού της “απόστασης ασφαλείας” που απαιτείται για την ακινητοποίηση του οχήματος και την αποφυγή ενός δυστυχήματος.

Αν και γίνεται προφανές ότι η καλή όραση αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την οδήγηση, είναι δύσκολος ο άμεσος συσχετισμός της με την αυξημένη πιθανότητα οδικών ατυχημάτων. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί οι βασικές «στατικές» μετρήσεις αξιολόγησης της όρασης, που πραγματοποιούνται στην κλινική πράξη και αποτελούν προϋπόθεση για την χορήγηση του διπλώματος οδήγησης

(π.χ. οπτική οξύτητα, οπτικά πεδία, αντίληψη χρωμάτων), δεν αντικατοπτρίζουν τη σύνθετη, δυναμική, οπτικο-κινητική αντίληψη που απαιτείται στην οδήγηση. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια για την δημιουργία πιο “απαιτητικών” μεθοδολογιών αξιολόγησης της οπτικής συμπεριφοράς, που παρέχουν την δυνατότητα βαθμονόμησης των μετρήσεων με μεγάλη ακρίβεια. Τέτοιες μετρήσεις αποτελούν η φωτεινή ευαισθησία αντίθεσης, ο οπτικός χρόνος αντίδρασης (ΧΑ) και το ωφέλιμο οπτικό πεδίο τα οποία πιστεύεται ότι είναι δυνατόν να προβλέψουν την πιθανή συμμετοχή ορισμένων οδηγών σε ατυχήματα.

5. Συμπεράσματα

Είναι γνωστό ότι ένας δυσανάλογος αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων συμβαίνει κατά τις νυχτερινές ώρες. Η εισαγωγή οδικού φωτισμού οδηγεί σε μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων περίπου στο 30%. Το ίδιο ποσοστό παρατηρείται στην Μ.Βρετανία, η οποία παρουσιάζει τη μικρότερη συχνότητα θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ε.Ε.

Υπάρχουν κάποια ισχυρά φυσιολογικά αίτια πίσω από αυτή την παρατήρηση: εικόνες χαμηλού φωτισμού και χαμηλής αντίθεσης, όπως πεζοί με σκουρόχρωμα ρούχα ή ποδηλατιστές χωρίς φώτα, επεξεργάζονται με καθυστέρηση από το οπτικό σύστημα, κυρίως λόγω των αργών αποκρίσεων των ραβδίων. Ως αποτέλεσμα οι οπτικοί χρόνοι αντίδρασης είναι αργότεροι, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις ακινητοποίησης των οχημάτων. Όλα τα παραπάνω δυστυχώς δεν έχουν λάβει την επαρκή προσοχή από τους Αρμόδιους Φορείς (π.χ. Αστυνομία, υπηρεσίες των Υπουργείων Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και Υγείας, Εθνικό Συμβούλιο Οδικής Ασφάλειας).

6. Ευχαριστίες

Η παραπάνω εργασία επιχορηγήθηκε από τη ΓΓΕΤ και το Βρετανικό Συμβούλιο στο πλαίσιο του διετούς διακρατικού ερευνητικού προγράμματος “Οδικά ατυχήματα σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού” με ανάδοχο το Ινστιτούτο Οπτικής κ’ Όρασης (Πανεπιστήμιο Κρήτης) και το Τμήμα Επιστημών Όρασης (Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ), στο πλαίσιο της Επιστημονικής και Τεχνολογικής Συνεργασίας Ελλάδας - Μ. Βρετανίας.

Βιβλιογραφία

1. Highway Economics. Notes on valuation of accidents: Department for Transport, UK, 2002.
2. Peden M, Sminkey L. World Health Organization dedicates World Health Day to road safety. Inj Prev 2004;10(2):67.
3. Owens DA, Sivak M. Differentiation of visibility and alcohol as contributors to twilight road fatalities. Hum Factors 1996;38(4):680-9.
4. Sullivan JM, Flannagan MJ. The role of ambient light level in fatal crashes: inferences from daylight saving time transitions. Accid Anal Prev 2002;34(4):487-98.
5. Plainis S, Murray IJ. Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night. Ophthalmic Physiol Opt 2002;22(5):409-15.
6. OECD RRG. Road and Traffic accident database: Organisation for Economic Co-operation and Development, Road Research Group, Paris, 2001.
7. Foster GR, Dunbar JA, Whittet D, Fernando GC. Contribution of alcohol to deaths in road traffic accidents in Tayside 1982-6. Br Med J (Clin Res Ed) 1988;296(6634):1430-2.
8. Summala H, Mikkola T. Fatal accident among car and truck drivers: effects of fatigue, age, and alcohol consumption. Human Factors 1994;36(2):315-326.
9. Ferguson SA, Preusser DF, Lund AK, Zador PL, Ulmer RG. Daylight saving time and motor vehicle crashes: the reduction in pedestrian and vehicle occupant fatalities. Am J Public Health 1995;85(1):92-5.
10. Road Accidents Great Britain. Road Accident Data: The Department for Transport, Local Government and the Regions, United Kingdom., 1996-2002.
11. ΕΣΥΕ. Εθνική Στατιστική Πληροφόρηση Ελλάδος, Τμήμα Παροχής Στατιστικής Πληροφόρησης. 2003.
12. Charman WN. Vision and driving—a literature review and commentary. Ophthalmic Physiol Opt 1997;17(5):371-91.
13. Hills BL. Vision, visibility, and perception in driving. Perception 1980;9(2):183-216.
14. Murray IJ, Plainis S, Carden D. The ocular stress monitor: a new device for measuring discomfort glare. Lighting Res. Technol. 2002;34(3):231-242.
15. Plainis S, Murray IJ, Charman WN. The Role of Retinal Adaptation in Night Driving. Optom Vis Sci 2005;82(8):682-688.
16. Gegenfurtner KR, Mayser H, Sharpe LT. Seeing movement in the dark. Nature 1999;398(6727):475-6.
17. Plainis S, Murray IJ. Neurophysiological interpretation of human visual reaction times: effect of contrast, spatial frequency and luminance. Neuropsychologia 2000;38:1555-1564.
18. Leibowitz HW, Owens DA, Tyrrell RA. The assured clear distance ahead rule: implications for nighttime traffic safety and the law. Accid Anal Prev 1998;30(1):93-9.
19. Burg, A. (1967). The relationship between vision test scores and driving record: general findings. (Department of Engineering, University of California, Los Angeles.
20. Plainis S, Murray IJ and Pallikaris IG (2006). Road traffic casualties: understanding the night-time death toll, Injury Prevention, 12: 125-128