



6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας
www.nrso.ntua.gr/roadsafety2015
roadsafety2015@gmail.com



12 - 13 Μαρτίου 2015
Αθήνα

Εντοπισμός δυνητικών θέσεων τροχαίων ατυχημάτων σε υφιστάμενο οδικό δίκτυο αναφορικά με τη γεωμετρία της οδού

Κωνσταντίνος Αποστολέρης
Πολιτικός Μηχανικός, MSc

Φώτης Μερτζάνης
Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός, MSc,





Το σκεπτικό

Το υφιστάμενο Εθνικό και Επαρχιακό Δίκτυο στην Ελλάδα αποτελείται από περισσότερα από 15.000χλμ. Οι περισσότερες από αυτές τις οδούς σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν πριν την έκδοση και εφαρμογή των σύγχρονων κανονισμών Οδοποιίας. Συνεπώς το σκεπτικό αυτής της έρευνας είναι να δημιουργηθεί μία μεγάλη βάση δεδομένων που να περιλαμβάνει τα γεωμετρικά στοιχεία του υφιστάμενου Εθνικού και Επαρχιακού δικτύου της Χώρας μέσα από την οποία θα εντοπιστούν οι θέσεις που παρουσιάζουν σημαντική απόκλιση από τους σύγχρονους κανονισμούς Οδοποιίας και συνεπώς είναι πιθανό να αποτελούν δυνητικές θέσεις τροχαίων ατυχημάτων.

Τα στάδια της έρευνας περιλαμβάνουν:

1. Καταγραφή των συντεταγμένων (X, Y, Z) του άξονα και των οριογραμμών της κάθε οδού.
2. Εξαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων κάθε οδού (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, επικλίσεις κτλ).
3. Υπολογισμός της ταχύτητας των οχημάτων σε κάθε οδικό τμήμα. Έλεγχος των γεωμετρικών στοιχείων σύμφωνα με σύγχρονους κανονισμούς Οδοποιίας.
4. Εντοπισμός των θέσεων όπου η γεωμετρία της οδού έχει σημαντική απόκλιση από τους κανονισμούς.
5. Οι περιοχές με χαμηλά γεωμετρικά χαρακτηριστικά εξετάζονται σε συνδυασμό με πρόσθετους παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια (π.χ. συνθήκες οδοστρώματος, επάρκεια ορατότητας, επαρκής απορροή ομβρίων κ.α.)



Η έρευνα

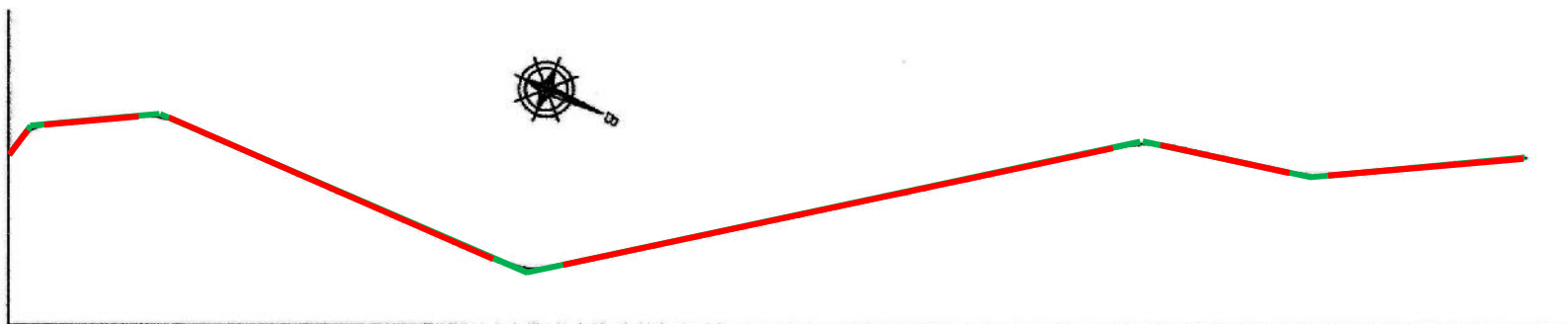
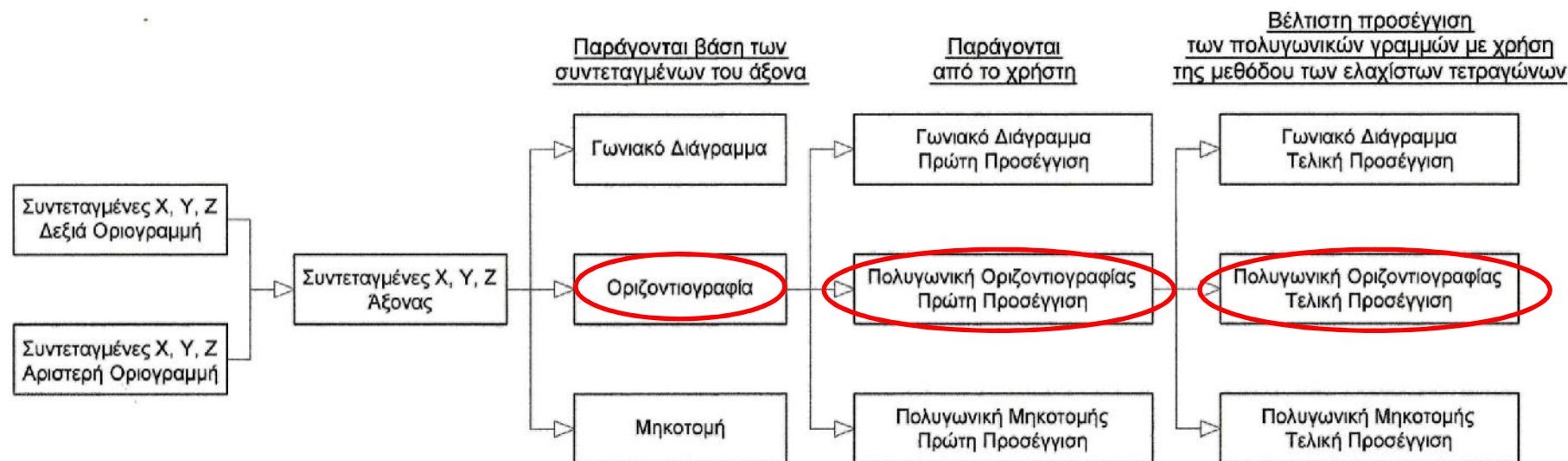
Βασισμένοι στο παραπάνω σκεπτικό προχωρήσαμε σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα περιλαμβάνοντας ένα σημαντικό αριθμό Εθνικού και Επαρχιακού Οδικού Δικτύου (913χλμ). Αναλυτικότερα έγιναν τα ακόλουθα:

1. Τοποθετήθηκε στην οροφή ενός κινούμενου οχήματος ένα αδρανιακό GPS το οποίο συγχρονίστηκε να παίρνει στίγμα κάθε 3-5 μέτρα. Το όχημα αυτό διένυσε κάθε οδό και στις δύο κατευθύνσεις με σκοπό να καταγραφούν οι συντεταγμένες Χ, Υ και Ζ τόσο της αριστερής όσο και της δεξιάς οριογραμμής. Τελικά προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες Χ, Υ και Ζ του άξονα κάθε οδού ως ο γεωμετρικός μέσος των οριογραμμών.
2. Από τις συντεταγμένες του άξονα προσδιορίστηκε η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή της κάθε οδού. Σε αυτό το στάδιο δεν λήφθηκαν υπόψη οι επικλίσεις.
3. Ως ταχύτητα αναφοράς θεωρήθηκε η ταχύτητα που προκύπτει από την υφιστάμενη ρυθμιστική σήμανση της κάθε οδού. Σε επόμενο στάδιο πρέπει να ληφθεί υπόψη μία ρεαλιστικότερη προσέγγιση της λειτουργικής ταχύτητας των οχημάτων.
4. Έγινε εξαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων της οριζοντογραφίας και της μηκοτομής κάθε οδού και έγινε σύγκριση με τα προβλεπόμενα στους σύγχρονους κανονισμούς Οδοποιίας.
5. Εντοπίστηκαν οι θέσεις όπου η γεωμετρία της οδού παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από τους κανονισμούς. Οι θέσεις αυτές αρχικά κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το μέγεθος της απόκλισης που παρουσιάζουν και τελικά προσδιορίστηκαν οι θέσεις με τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα αναφορικά με την οδική ασφάλεια.



Συνοπτική παρουσίαση του λογισμικού H12 (1/2)

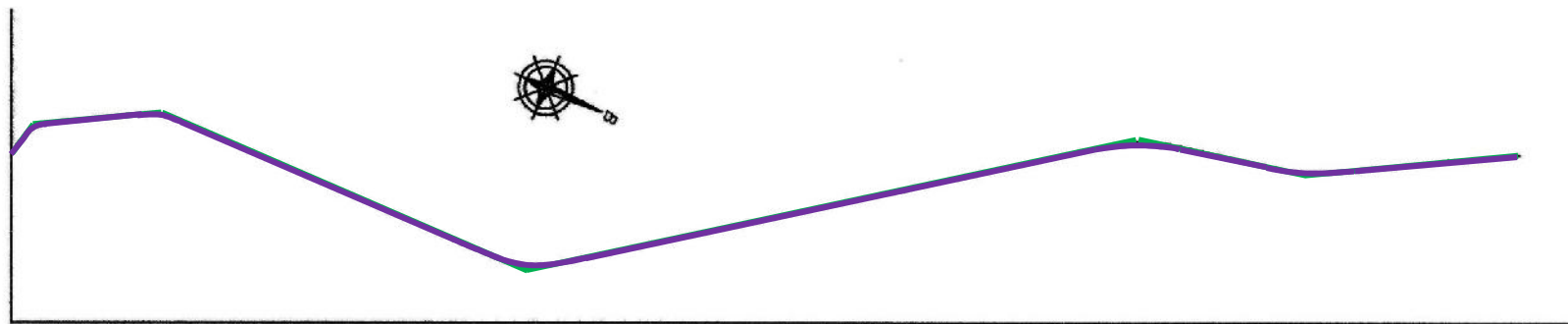
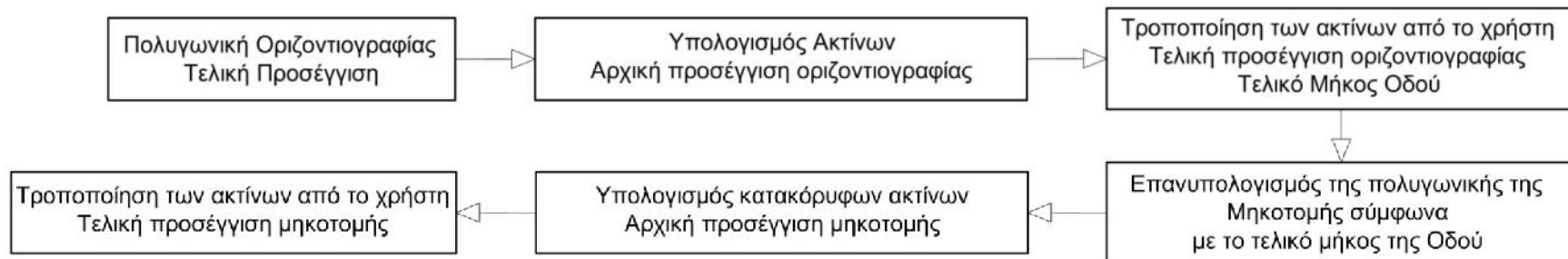
Προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, δημιουργήθηκε ένα εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο ονομάστηκε H12. Ένα διάγραμμα ροής του λογισμικού παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα:





Συνοπτική παρουσίαση του λογισμικού H12 (2/2)

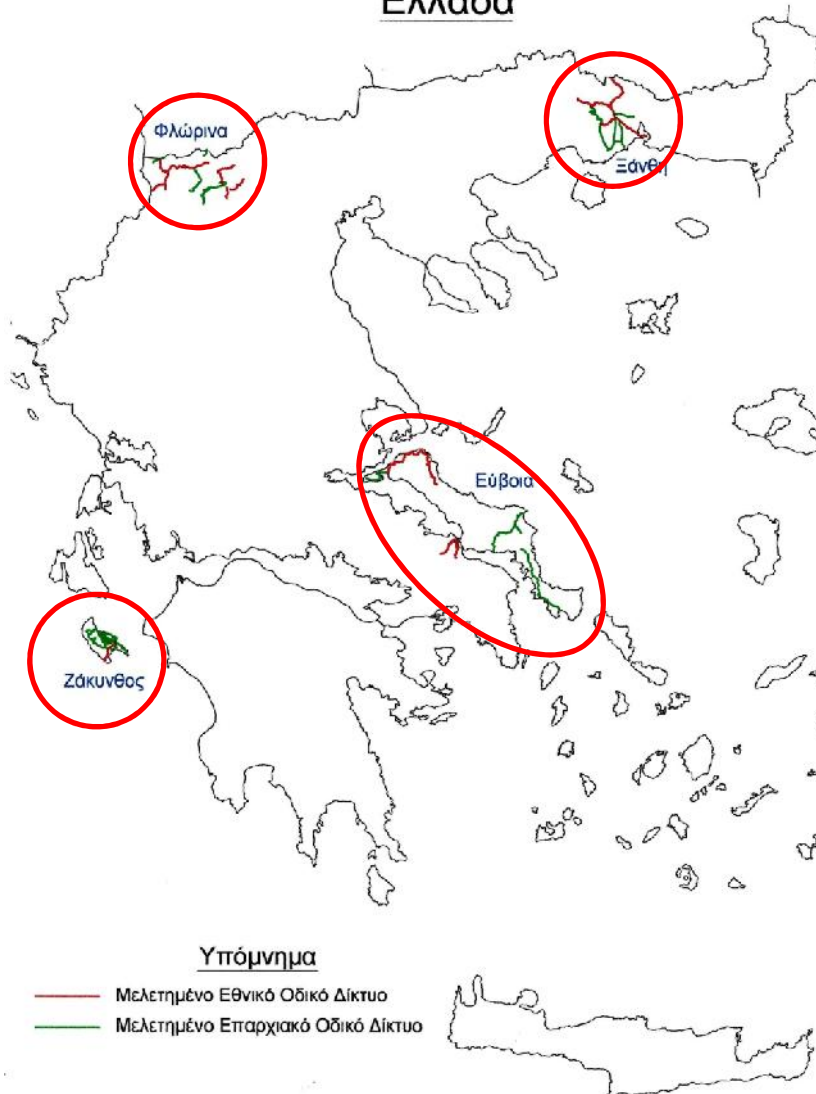
Με τη χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων προσδιορίστηκε η τελική οριζοντιογραφία και μηκοτομή της οδού με τη μικρότερη δυνατή απόκλιση ως ακολούθως:





Οδικό Δίκτυο που μελετήθηκε

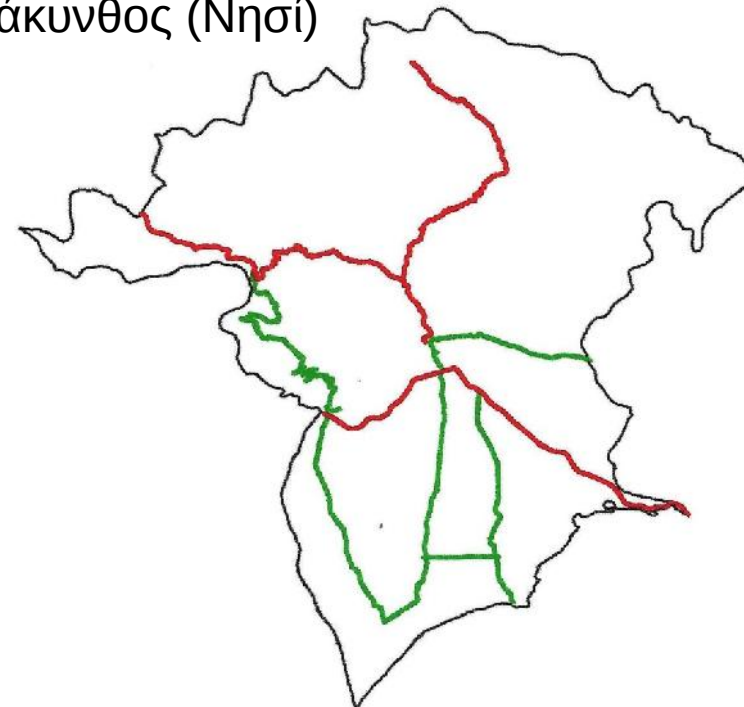
Ελλάδα



Το οδικό δίκτυο που μελετήθηκε αποτελείται από 913χλμ Εθνικού και Επαρχιακού δικτύου.

Ερευνήθηκαν Τέσσερις (4) Νομοί:

1. Εύβοια (Ορεινό νησί πλησίον της Αθήνας)
2. Ξάνθη (Πεδινό και Ορεινό ανάγλυφο)
3. Φλώρινα (Πεδινό και Ορεινό ανάγλυφο)
4. Ζάκυνθος (Νησί)





Ακρίβεια στον υπολογισμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής

Η αποτύπωση έγινε μέσω αδρανιακού GPS και αποτυπώθηκαν μόνο οι οριογραμμές της κάθε οδού. Η τελική γεωμετρία που παράχθηκε παρουσιάζει τις ακόλουθες αποκλίσεις:

Τύπος Οδικού Δικτύου	Εθνικό	Επαρχιακό
Μήκος Μελέτης (χλμ)	384,5	528,5
Ακρίβεια στην οριζοντιογραφία (μ.)	0,24	0,18
Ακρίβεια στη μηκοτομή (μ.)	0,12	0,09

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συντεταγμένες του άξονα κάθε οδού προσδιορίστηκαν ως ο γεωμετρικός μέσος των δύο οριογραμμών. Συνεπώς δεν λήφθηκαν υπόψη οι επικλίσεις της οδού, γεγονός που οδηγεί σε κάποιο σφάλμα αναφορικά με τη συντεταγμένη Z. Το σφάλμα αυτό επηρεάζει τη γεωμετρία της μηκοτομής.





Συμμόρφωση της γεωμετρίας της οδού με τους ισχύοντες κανονισμούς

Για κάθε οδικό τμήμα πραγματοποιήθηκε σημαντικός αριθμός αυτοματοποιημένων ελέγχων μέσω του λογισμικού H12. Οι σημαντικότερες κατηγορίες είναι:

1. Ακτίνα οριζοντιογραφίας (R)
2. Μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας ($\text{Max } L_T$)
3. Ελάχιστο μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ ομόρροπων καμπυλών ($\text{Min } L_T$)
4. Ελάχιστο μήκος κυκλικού τόξου ($\text{Min } L_c$)
5. Αλληλουχία ακτίνων οριζοντιογραφίας ($R_i - R_{i+1}$)
6. Ακτίνα κοίλων και κυρτών καμπυλών ($H_k - H_w$)
7. Μέγιστη κατά μήκος κλίση της μηκοτομής ($\text{Max } S$)
8. Ελάχιστη κατά μήκος κλίση της μηκοτομής ($\text{Min } S$)
9. Απαιτούμενο μήκος εφαπτομένης ($\text{Min } T$)





Οριακές τιμές σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

Οι οριακές τιμές της κάθε παραμέτρου αναφορικά με την ταχύτητα μελέτης παρουσιάζονται στο ακόλουθο πίνακα:

Α/Α Ελέγχου *		Ταχύτητα Μελέτης**						
		30	40	50	60	70	80	90
1) R	m.	25	40	95	140	200	280	370
2) Max L _T	m.	Ίση με το 20πλάσιο της ταχύτητας μελέτης (σε χλμ/ώρα)						
		600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800
3) Min L _T	m.	Ίση με το 6πλάσιο της ταχύτητας μελέτης (σε χλμ/ώρα)						
		180	240	300	360	420	480	540
4) Min L _c	m.	Ίσο με το διανυθέν μήκος σε χρόνο 2 δευτ.						
		16,67	22,22	27,78	33,33	38,89	44,44	50,00
5) R _i - R _{i+1}		Σύμφωνα με τους ΟΜΟΕ-Χ, Έκδοση 2001, Σχήμα 7-4						
6)	H _k	m.	150	250	1.350	1.900	2.500	3.300
	H _w	m.	400	450	800	2.000	3.000	4.500
7) Max S	%	13	12	10	9	8	7	7
8) Min S	%	0,5						
9) Min T	m.	Ίσο με την ταχύτητα μελέτης						
		30	40	50	60	70	80	90

* Α/Α Ελέγχου: Αναφέρεται στην παραπάνω αρίθμηση

** Ταχύτητα 50-90 χαω: Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, Έκδοση 2001,
Ταχύτητα 40 χαω: Σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς RAS-L, Έκδοση 1984,
Ταχύτητα 30 χαω: Σύμφωνα με Ελληνικές Οδηγίες για οδούς χαμηλών ταχυτήτων



Αποτελέσματα μετά την ανάλυση (Εθνικό Οδικό Δίκτυο)

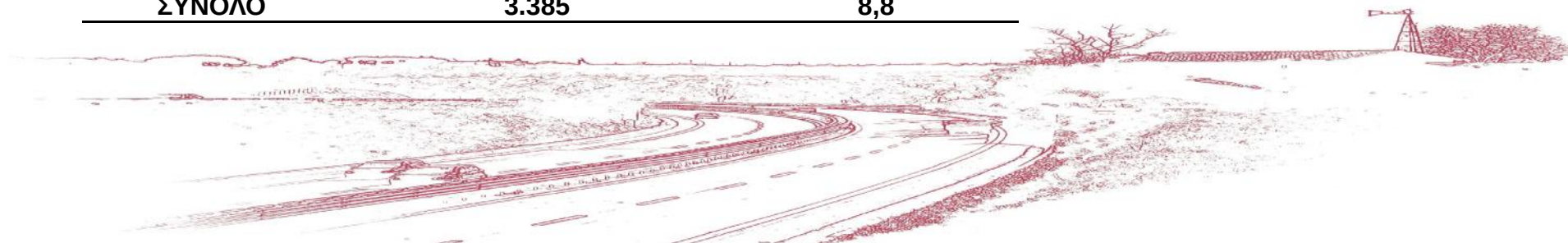
Ερευνήθηκαν 385 χλμ Εθνικού Οδικού Δικτύου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Εθνικό Οδικό Δίκτυο		
Α/Α Ελέγχου *	Αριθμός θέσεων	Θέσεις / χλμ
1) R	312 από 2.158 (14,5%)	0,8
2) Max L _T	6 από 2.178 (0,3%)	0,0
3) Min L _T	663 από 707 (93,8%)	1,7
4) Min L _c	87 από 2.158 (4,0%)	0,2
5) R _i - R _{i+1}	547 από 2.118 (25,8%)	1,4
6) H _k - H _w	350 από 1.914 (18,3%)	0,9
7) Max S	22 από 1.934 (1,1%)	0,1
8) Min S	316 από 1.934 (16,3%)	0,8
9) Min T	1.267 από 1.914 (66,2%)	3,3
ΣΥΝΟΛΟ	3.385	8,8

Στο Εθνικό Οδικό Δίκτυο

8,8 θέσεις/χλμ

Φαίνεται να παρουσιάζουν απόκλιση από τους κανονισμούς.





Αποτελέσματα μετά την ανάλυση (Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο)

Ερευνήθηκαν 528 χλμ Επαρχιακού Οδικού Δικτύου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο		
Α/Α Ελέγχου *	Αριθμός θέσεων	Θέσεις / χλμ
1) R	814 από 4.585 (17,8%)	1,5
2) Max L _T	19 από 4.620 (0,4%)	0,0
3) Min L _T	1.185 από 1.239 (95,6%)	2,2
4) Min L _c	522 από 4.585 (11,4%)	1,0
5) R _i - R _{i+1}	1.010 από 4.515 (22,4%)	2,0
6) H _k - H _w	774 από 3.837 (20,2%)	1,5
7) Max S	107 από 3.872 (2,8%)	0,2
8) Min S	566 από 3.872 (14,6%)	1,1
9) Min T	3.101 από 3.837 (80,8%)	5,9
ΣΥΝΟΛΟ	7.794	14,8

Στο Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο

14,8 θέσεις/χλμ

Φαίνεται να παρουσιάζουν απόκλιση από τους κανονισμούς.

Είναι όλες οι θέσεις κρίσιμες;
Έχουν όλες οι θέσεις την ίδια σοβαρότητα και σπουδαιότητα;





Ποσοστό απόκλισης (Εθνικό Οδικό Δίκτυο)

Εθνικό Οδικό Δίκτυο

Θέσεις ανάλογα με το ποσοστό της απόκλισης από τους κανονισμούς

Α/Α Ελέγχου	< 10%		Μεταξύ 10% και 40%		Μεταξύ 40% και 70%		>70%	
1) R	56	(17,9%)	177	(56,8%)	74	(23,7%)	5	(1,6%)
2) Max L _T	1	(16,7%)	4	(66,6%)	1	(16,7%)	0	(0,0%)
3) Min L _T	7	(1,1%)	56	(8,4%)	159	(24,0%)	441	(66,5%)
4) Min L _c	22	(25,3%)	41	(47,2%)	19	(21,8%)	5	(5,7%)
6) H _k - H _w	57	(16,3%)	141	(40,2%)	114	(32,6%)	38	(10,9%)
7) Max S	10	(45,5%)	10	(45,5%)	1	(4,5%)	1	(4,5%)
8) Min S	28	(8,9%)	103	(32,6%)	92	(29,1%)	93	(29,4%)
9) Min T	81	(6,4%)	358	(28,3%)	520	(41,0%)	308	(24,3%)
ΣΥΝΟΛΟ	262	(9,2%)	890	(31,4%)	980	(34,5%)	706	(24,9%)

Στο Εθνικό Οδικό Δίκτυο

9,2% των θέσεων

Φαίνεται να παρουσιάζουν πολύ μικρή απόκλιση σε σχέση με τους κανονισμούς.

Στο **65,9%** των θέσεων

Η απόκλιση είναι σημαντική.

Στο **24,9%** των θέσεων

Η απόκλιση είναι πολύ μεγάλη.





Ποσοστό απόκλισης (Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο)

Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο

Θέσεις ανάλογα με το ποσοστό της απόκλισης από τους κανονισμούς

Α/Α Ελέγχου	< 10%		Μεταξύ 10% και 40%		Μεταξύ 40% και 70%		>70%	
1) R	145	(17,8%)	398	(48,9%)	231	(28,4%)	40	(4,9%)
2) Max L _T	3	(15,8%)	13	(68,4%)	2	(10,5%)	1	(5,3%)
3) Min L _T	7	(0,6%)	57	(4,8%)	205	(17,3%)	916	(77,3%)
4) Min L _c	140	(26,8%)	242	(46,4%)	101	(19,3%)	39	(7,5%)
6) H _k - H _w	97	(12,5%)	307	(39,7%)	268	(34,6%)	102	(13,2%)
7) Max S	48	(44,9%)	50	(46,7%)	6	(5,6%)	3	(2,8%)
8) Min S	43	(7,6%)	147	(26,0%)	154	(27,2%)	222	(39,2%)
9) Min T	144	(4,6%)	690	(22,3%)	1.378	(44,4%)	889	(28,7%)
ΣΥΝΟΛΟ	627	(9,2%)	1.904	(28,1%)	2.345	(34,6%)	1.908	(28,1%)

Στο επαρχιακό Οδικό Δίκτυο

9,2% των θέσεων

Φαίνεται να παρουσιάζουν πολύ μικρή απόκλιση σε σχέση με τους κανονισμούς.

Στο **62,7%** των θέσεων

Η απόκλιση είναι σημαντική.

Στο **28,1%** των θέσεων

Η απόκλιση είναι πολύ μεγάλη.





Επισημάνσεις αναφορικά με την οριζοντιογραφία της οδού

1. Οι υφιστάμενες οριζοντιογραφικές ακτίνες σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι επαρκής. (17%)
2. Είναι περιορισμένος ο αριθμός των ευθύγραμμων τμημάτων όπου το μήκος τους είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο. (0,5%)
3. Τα υφιστάμενα μήκη ευθυγραμμίων μεταξύ ομόρροπων καμπυλών είναι ανεπαρκή. (95%)
4. Τα μήκη των κυκλικών τόξων είναι μικρότερα από τα απαιτούμενα σε λίγες περιπτώσεις. (9%)
5. Η αλληλουχία των καμπυλών είναι συχνά εκτός προδιαγραφών. (23%)

Επισημάνσεις αναφορικά με τη μηκοτομή της οδού

1. Τα κατακόρυφα τόξα συναρμογής είναι ανεπαρκή. (20%) Είναι σημαντικό να διερευνηθεί περαιτέρω σε ποιές θέσεις υπάρχει επάρκεια ορατότητας για στάση.
2. Η μέγιστη κατά μήκος κλίση είναι συνήθως χαμηλότερη από τη μέγιστη επιτρεπτή. (2%)
3. Υπάρχουν αρκετές περιοχές όπου η τιμή της ελάχιστης κατά μήκος κλίσης είναι μικρότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη για υδραυλικούς λόγους. (15%)
4. Τα μήκη των κατακόρυφων τόξων συναρμογής είναι στην πλειοψηφία τους εκτός προδιαγραφών. (76%)





Αντικείμενο περαιτέρω έρευνας

1. Αποτύπωση του υφιστάμενου οδικού άξονα με στόχο την εξαγωγή διαγραμμάτων επικλίσεων και διαπλατύνσεων του οδικού τμήματος. Συνδυασμένος έλεγχος οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διαγράμματος επικλίσεων με στόχο την καλύτερη εκτίμηση της παρεχόμενης οδικής ασφάλειας αναφορικά με τη γεωμετρία της οδού.
2. Αποτύπωση πρόσθετης τοπογραφικής πληροφορίας πλευρικών εμποδίων (αποτύπωση στηθαίων ασφαλείας, αποτύπωση άκρων πρανών ορυγμάτων κ.α.) με σκοπό την πραγματοποίηση ελέγχου ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα και ορατότητας για προσπέραση.
3. Συλλογή και επεξεργασία τοπογραφικής αποτύπωσης περισσότερων χιλιομέτρων οδικού δικτύου με στόχο τη διεύρυνση της βάσης δεδομένων.
4. Συσχετισμός των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την παρεχόμενη οδική ασφάλεια, όπως η κατάσταση οδοστρώματος, η επαρκής απορροής ομβρίων, η σήμανση-ασφάλιση κ.α., καθώς επίσης και με την πληροφορία των τροχαίων ατυχημάτων.





Θέματα προς σκέψη και συζήτηση

1. Οι συντεταγμένες Χ, Υ, Ζ του άξονα της οδού προέκυψαν ως ο γεωμετρικός μέσος των οριογραμμών. Συνεπώς η τοπογραφική πληροφορία του άξονα εμπεριέχει μία ακόμα απόκλιση επιπρόσθετα της ακρίβειας που πετυχαίνει το τοπογραφικό μέσο αποτύπωσης. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό ειδικά στην παραγωγή της μηκοτομής του οδικού έργου και μπορεί να οδηγήσει σε παραποιημένο αποτέλεσμα. Συνεπώς για την ορθότερη-ρεαλιστικότερη προσέγγιση της μηκοτομής είναι επιθυμητή η απ' ευθείας τοπογραφική αποτύπωση του άξονα της οδού.
2. Ως ταχύτητα αναφοράς θεωρήθηκε η ταχύτητα που αναγράφουν οι υφιστάμενες πινακίδες σήμανσης. Μία ρεαλιστικότερη θεώρηση της πραγματικής λειτουργικής ταχύτητας των οχημάτων πρέπει να εξεταστεί. Μία ικανοποιητική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η ταχύτητα V85 όμως οι μαθηματικές σχέσεις που την προσεγγίζουν πρέπει να επαναξιολογηθούν.
3. Είναι σημαντικό να γίνουν οι απαραίτητες έρευνες προκειμένου να προσδιοριστούν κάποιοι συντελεστές βαρύτητας για κάθε παράμετρο για την ορθότερη αξιολόγηση και ταξινόμηση αναφορικά με την παρεχόμενη οδική ασφάλεια.

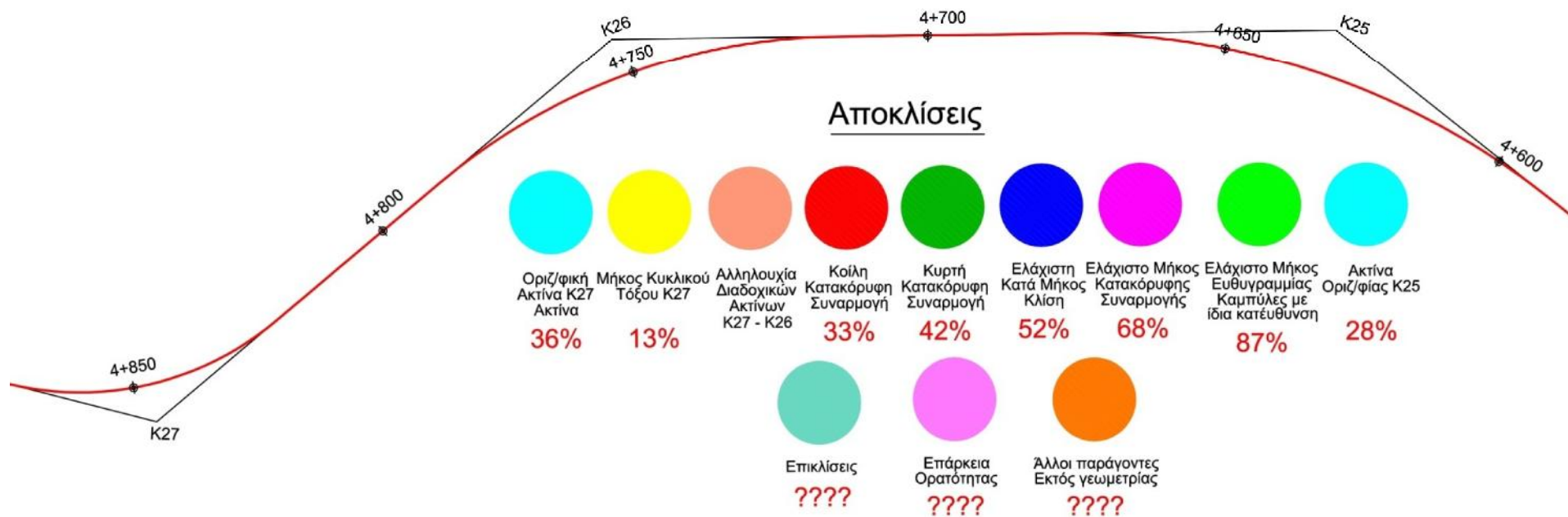




Κλείνοντας...

Αδιαμφισβήτητα υπάρχουν πολλές θέσεις στο Εθνικό και Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο που τα γεωμετρικά στοιχεία παρουσιάζουν σημαντική απόκλιση από τα προβλεπόμενα στους ισχύοντες κανονισμούς. Οι περιοχές αυτές μπορεί να αποτελούν εν δυνάμει θέσεις τροχαίων ατυχημάτων... Μπορεί και όχι... Όμως...

Θα αισθανόσασταν ασφαλείς οδηγώντας στο ακόλουθο οδικό τμήμα???



Ευχαριστώ!!!