



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχολή Περιβάλλοντος

Τμήμα Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας

ΠΜΣ Περιβαλλοντική Πολιτική και Διατήρηση Βιοποικιλότητας



ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΕΡΣΑΙΩΝ ΣΠΟΝΔΥΛΩΤΩΝ ΑΠΟ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ



Κουρής Αλέξανδρος - Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Ακριώτης Τριαντάφυλλος

Μυτιλήνη, Ιούνιος 2020

Ευχαριστίες

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους από τους ανθρώπους που γνώρισα, συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

Πρώτο από όλους θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Ακριώτη Τριαντάφυλλο για την πολύτιμη καθοδήγηση του, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και που με δέχτηκε να συνεργαστούμε για δεύτερη φορά.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες Ζευγώλη Ιωάννη και Ζαννέτο Στυλιανό, οι οποίοι συνέβαλαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Συγκεκριμένα, τον Ζευγώλη για την συμπαράσταση και την καθοδήγηση του, καθ όλη την πορεία της διπλωματικής, και τον Ζαννέτο για την ιδέα του εν λόγω έργου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στην Αφροδίτη Χατζιευστρατίου για την καθοριστική της βοήθεια, η οποία στάθηκε σημαντικός αρωγός στην προσπάθειά μου και με υποστήριξε σε κάθε φάση της πορείας μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Μαρία - Γαβριέλα και Σπύρο, καθώς και τον αδερφό μου Δημήτρη, που με υπομονή και κουράγιο πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Περίληψη

Η επίδραση του οδικού δικτύου και οι αρνητικές συνέπειες στην άγρια πανίδα επιδρούν μέσω ενός ευρύ φάσματος μηχανισμών. Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, θα διερευνηθεί ένας από τους υψηλότερους κινδύνους για την άγρια ζωή, η επίδραση των οδικών ατυχημάτων στα χερσαία σπονδυλωτά στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Η προσπάθεια απάντησης ερωτημάτων σχετικά με την ένταση, τη χωρική κατανομή και τις εποχιακές διακυμάνσεις του φαινομένου, οδήγησε στη συλλογή πρωτογενών δεδομένων διάρκειας μισού έτους, τα οποία και αναλύθηκαν με χρήση χωρικών στατιστικών μεθόδων. Χρησιμοποιώντας τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), τα δεδομένα αναλύθηκαν με τις μεθόδους της (α) ανάλυσης θερμών σημείων (Hotspot analysis), (β) της Εκτίμησης Πυκνότητας Πυρήνα (KDE) και (γ) του KDE+. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο ο τουρισμός όσο και η οικολογία των ειδών προκαλεί διακυμάνσεις στην ένταση των οδικών ατυχημάτων, με αυξητικές τάσεις να παρουσιάζονται περίοδο του καλοκαιριού, ενώ οι κύριοι και πιο πολυσύχναστοι άξονες του οδικού δικτύου της Λέσβου φάνηκαν να έχουν τις περισσότερες καταγραφές ατυχημάτων. Η προσπάθεια αυτή αποτελεί την πρώτη συστηματική μελέτη του φαινομένου στο νησί, με σκοπό την κατανόηση του προβλήματος και τη λήψη μελλοντικών αποφάσεων για την χωροθέτηση και δημιουργία δρόμων με ορθά κριτήρια, καθώς και την καθοδήγηση μελλοντικών ερευνών.

Abstract

The impact of road network and the negative effects on the wild fauna work through a wide range of mechanisms. This dissertation examines the impact of road accidents (roadkills) involving land vertebrates on the road network of Lesvos, one of the highest risks to wildlife. Trying to answer questions about the intensity, spatial distribution and seasonal variations of the phenomenon, the data collected over a period of half a year are analyzed using spatial statistical analysis. With the help of the Geographic Information System (GIS), the data are analyzed using the Hotspot analysis, KDE and KDE + methods. Based on the results, it was observed that tourism and the ecology of the species cause fluctuations in the intensity of road accidents, with increased impact during the summer, while the main and busiest routes of the Lesvos road network seemed to have the most accident records. This effort is the first systematic study of the phenomenon on the island, in order to understand the problem and make future decisions about the creation of roads with correct criteria, as well as to guide future research.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	4
2. Μεθοδολογία.....	6
2.1 Περιοχή Μελέτης	6
2.2 Συλλογή Δεδομένων.....	7
2.3 Διαδρομές	8
2.4 Αναλύσεις.....	8
2.4.1 Ανάλυση Θερμών Σημείων - Hotspot Analysis	9
2.4.2 Εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνα - KDE (Kernel Density Estimation)	9
2.4.3 KDE+ (Kernel Density Estimation Plus).....	10
3. Αποτελέσματα	12
3.1 Θερμά σημεία θνησιμότητας χερσαίων σπονδυλωτών	14
3.1.1 Κατανομή ατυχημάτων ανά διαδρομή	15
3.1.2 Κατανομή ατυχημάτων ανά εποχή	17
3.1.3 Κατανομή ατυχημάτων ανά μήνα	18
3.1.4 Κατανομή ατυχημάτων ανά είδος	22
3.2 Ένταση μοτίβου θνησιμότητας χερσαίων σπονδυλωτών	26
3.2.1 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά διαδρομή.....	26
3.2.2 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά εποχή	28
3.2.3 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά μήνα.....	30
3.2.4 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά είδος.....	34
3.3 Σύγκριση και ταξινόμηση βάσει σημαντικότητας ομάδων	37
4. Συμπεράσματα - Συζήτηση.....	39
Βιβλιογραφία	43
Παράρτημα	45

1. Εισαγωγή

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι το οδικό δίκτυο επηρεάζει την άγρια ζωή μέσω μιας σειράς μηχανισμών που οδηγούν στην απώλεια ενδιαιτημάτων και τη μειωμένη συνδεσιμότητα του τοπίου έως την άμεση θνησιμότητα μέσω συγκρούσεων με οχήματα (roadkill). Αυτές οι συγκρούσεις έχουν χαρακτηριστεί μεταξύ των υψηλότερων σύγχρονων κινδύνων για την άγρια ζωή (Périquet et al. 2018).

Το οδικό δίκτυο, οι άξονες που το συνδέουν, καθώς και οι κύριοι χρήστες του, επιδρούν πάνω στην άγρια ζωή μέσω ενός ευρέος φάσματος μηχανισμών, καθώς ευθύνονται για την απώλεια ενδιαιτημάτων, του τοπίου, τις αλλαγές χρήσεων γης (Trombulak and Frissell 2000) και τη μειωμένη συνδεσιμότητα του τοπίου με αποτέλεσμα τον διαχωρισμό και αποκλεισμό πληθυσμών και συμπεριφορά αποφυγής των δρόμων από την άγρια ζωή. (D'Amico et al. 2016). Επιπλέον, αυτοί οι κατακερματισμένοι βιότοποι δρουν ως φίλτρα, επιτρέποντας σε ορισμένα είδη να διασχίζουν ενώ άλλα σκοτώνονται (π.χ. είδη φιδιών που διασχίζουν δρόμους με χαμηλή ταχύτητα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο θνησιμότητας από άλλα που περνούν γρήγορα (Andrews, Gibbons, and Reeder 2005). Η πιο ευδιάκριτη και μελετημένη επίδραση των δρόμων στην άγρια πανίδα είναι τα άμεσα θύματα που προκύπτουν από συγκρούσεις με οχήματα (roadkills). Η θνησιμότητα της άγριας ζωής λόγω των συγκρούσεων με οχήματα συχνά υπερβαίνει τους φυσικούς ρυθμούς απώλειας ατόμων και πληθυσμών (Forman et al. 2003) και δυνητικά μπορεί να επηρεάσει εξίσου όλα τα άτομα σε έναν πληθυσμό, σε αντίθεση με την θήρευση (Jaarsma, van Langevelde, and Botma 2006). Για ορισμένα είδη, αποτελεί την κύρια αιτία θνησιμότητας, όπως ο πάνθηρας της Φλόριντα (*Felis concolor coryi*) (Harris and Scheck, 1991), ενώ μπορεί ακόμη και να είναι η αιτία της μείωσης του πληθυσμού συγκεκριμένων ειδών προκαλώντας μείωση της πυκνότητάς τους, (πχ η περίπτωση της μείωσης της πυκνότητας του πληθυσμού του σκαντζόχοιρου, *Erinaceus europaeus*), κατά 30% στις Κάτω Χώρες (Huijser and Bergers 2000).

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο αριθμός των μελετών που εστιάζουν στις επιπτώσεις των δρόμων πάνω στη βιοποικιλότητα έχει αυξηθεί σημαντικά, οδηγώντας στην άνοδο μιας εφαρμοσμένης επιστημονικής μεθόδου που ονομάζεται «Οδική Οικολογία» (Road Ecology) (Forman et al., 2003, Coffin 2007). Πρώιμες έρευνες οδικής οικολογίας χρησιμοποίησαν τα οδικά ατυχήματα για την παρακολούθηση αλλαγών στους πληθυσμούς ενδιαφέροντος (Baker et al. 2004). Ορισμένοι, επικεντρώθηκαν σε emblematic είδη των εκάστοτε περιοχών, όπως οι Hobday και Minstrell, το 2008 για την Τασμανία, και άλλοι εξέτασαν χωρικά και χρονικά μοτίβα στην κατανομή των roadkills όπως οι Taylor και Goldingay, 2004 και Ramp et al., 2005. Πολλές από αυτές τις μελέτες βασίστηκαν σε οδικές έρευνες που διεξήχθησαν σε τακτά χρονικά διαστήματα από εκπαιδευμένους παρατηρητές (Barthelmess and Brooks 2010, D'Amico et al. 2015). Παρά την παροχή υψηλής ποιότητας δεδομένων, αυτές οι

μέθοδοι είναι δαπανηρές τόσο ως προς τον χρόνο όσο και ως προς την εφοδιαστική και μπορούν έτσι να εφαρμοστούν μόνο σε σχετικά μικρές περιοχές (Caro, Shargel, and Stoner 2000, Barthelmeß and Brooks 2010).

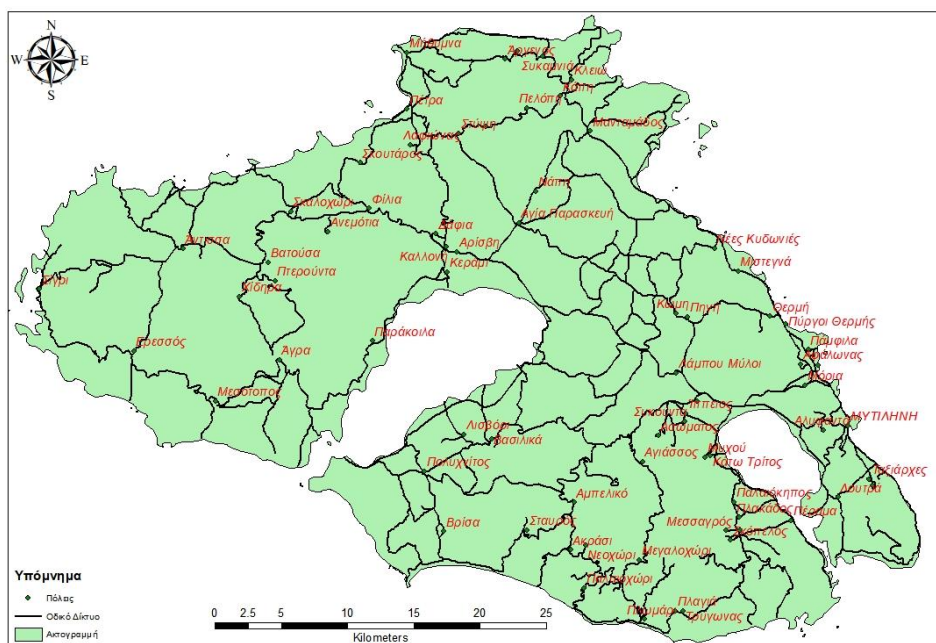
Τα δεδομένα που προκύπτουν από τις έρευνες σε διαφορετικά οδικά δίκτυα ανά τον κόσμο αξιοποιούνται μέσω μεθοδολογιών που κυρίως εστιάζουν στη χρήση χωρικής στατιστικής ανάλυσης. Οι μέθοδοι χωρικής ανάλυσης έχουν δει μια ραγδαία αύξηση της δημοτικότητας τους σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία, που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη βιολογία, την οικονομία, τη γεωλογία, την οικολογία, τη γεωγραφία, την επιδημιολογία, την αγρονομία, και τη δασοκομία (Gaetan and Guyon 2010). Στην οικολογία, είναι συνηθισμένο να προσδιορίζονται και να ποσοτικοποιούνται χωρικά μοτίβα (Greig-Smith 1983, Kershaw 1964). Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα οικολογικά δεδομένα αποτελούνται εγγενώς από διάφορα επίπεδα χωρικής δομής: (α) τάσεις μεγάλης κλίμακας (λ.χ. αποκρίσεις ειδών σε μεταβολή κλιματολογικών συνθηκών, διαδικασία μετανάστευσης, κ.λπ.), (β) μοτίβα μικρής κλίμακας (λ.χ. καιρικές συνθήκες, φυσικές συνθήκες, μηχανισμοί διασποράς, αρπαγή, ανταγωνισμός) και (γ) τοπικός τυχαίος θόρυβος, δηλαδή δεδομένα που εμπεριέχουν ασήμαντες πληροφορίες (Fortin 1999). Η χωρική στατιστική ανάλυση βοηθά στην κατανόηση μοτίβων από μεμονωμένα περιστατικά, εννοώντας στην παρούσα μελέτη τα οδικά ατυχήματα. Μέσω αυτής της ανάλυσης προκύπτουν μοτίβα, τα οποία με την σειρά τους εξηγούν βαθύτερα φαινόμενα όπως η ένταση και η σύγκριση αυτών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής, είναι η εύρεση μοτίβων από ατυχήματα που αφορούν την άγρια ζωή και πιο συγκεκριμένα, τα χερσαία σπονδυλωτά στο οδικό δίκτυο της Λέσβου, καθώς και η εύρεση συγκεκριμένων ειδών ή κατηγορίες ειδών που πλήττονται περισσότερο από κάποια άλλα με στόχο τη διακριτή διαχείριση κάθε είδους για την καλύτερη προστασία του στο μέλλον. Με χρήση της χωρικής στατιστικής ανάλυσης η εύρεση των μοτίβων θα οδηγήσει σε ορθή λήψη διαχειριστικών αποφάσεων για την καλύτερη προστασία της βιοποικιλότητας και της άγριας ζωής. Θα παρατηρηθεί η ένταση των φαινομένων και οι εποχιακές διακυμάνσεις στη Λέσβο, πράγμα σημαντικό καθώς είναι πρώτη φορά που διεξάγεται μια τέτοια έρευνα με συστηματικό τρόπο στο νησί και κατ' επέκταση στην Ελλάδα. Τα ερευνητικά ερωτήματα που βασίστηκε η παρούσα έρευνα αφορούν: (α) το που και πως κατανέμεται το σύνολο των οδικών ατυχημάτων στη Λέσβο, (β) την εύρεση εποχιακών διακυμάνσεων τόσο στον αριθμό όσο και στην ένταση των συστάδων (ή ταξινόμησης των στοιχείων) οδικών ατυχημάτων και (γ) τα είδη ή ομάδες ειδών που πλήττονται περισσότερο από τα οδικά ατυχήματα στη Λέσβο.

2. Μεθοδολογία

2.1 Περιοχή Μελέτης

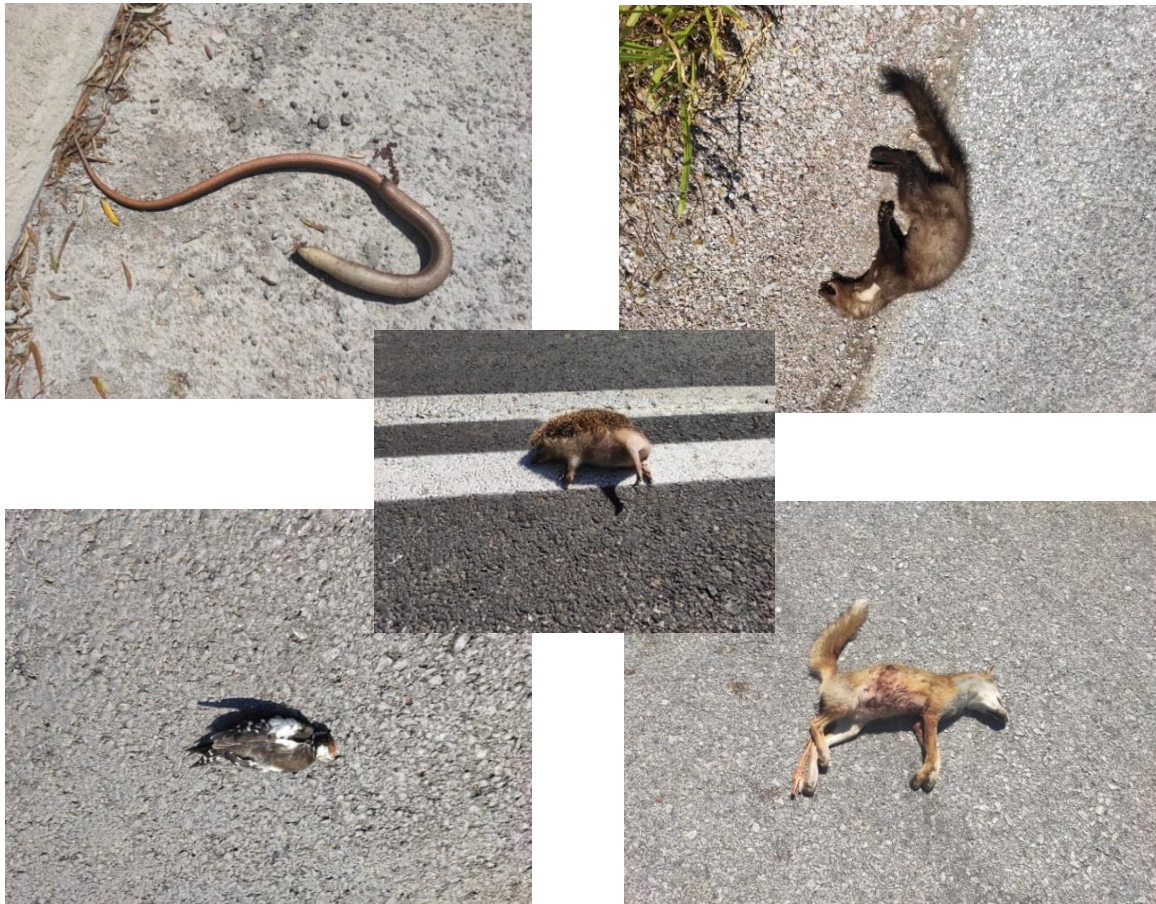
Η Λέσβος είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και βρίσκεται στο βορειοανατολικό Αιγαίο, καλύπτοντας έκταση 1636 km² με 371 km ακτογραμμή και συνολικό μήκος του κύριου οδικού δικτύου τα 429,9 km (χάρτης 1). Το νησί έχει μεσογειακό κλίμα, με μεγάλες διακυμάνσεις στις κλιματολογικές συνθήκες λόγω της περιφερειακής επίδρασης των βουνών και των ατμοσφαιρικών μοτίβων κυκλοφορίας (Kosmas, Danalatos, and Gerontidis 2000). Το κλίμα είναι έντονα εποχιακό με πολύ ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, και χωρικές διακυμάνσεις στις βροχοπτώσεις (Bakker et al. 2005). Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 677 mm (ανατολικό τμήμα) έως 415 mm (δυτικό τμήμα) (Kosmas, Danalatos, and Gerontidis 2000) και η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα είναι 17,7 °C (Kosmas, Gerontidis, and Marathanou 2000).



Χάρτης 1. Χάρτης με το οδικό δίκτυο της νήσου Λέσβου

2.2 Συλλογή Δεδομένων

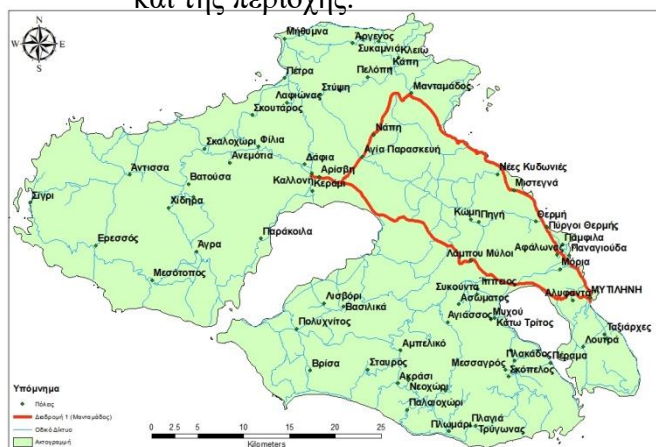
Η συλλογή των δεδομένων για την παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα Ιουνίου - Νοεμβρίου 2019. Ο σχεδιασμός αυτός οδήγησε στην κάλυψη της καλοκαιρινής και φθινοπωρινής περιόδου σε ένα νησί, όπως η Λέσβος, που το καλοκαίρι θεωρείται σημαντικός τουριστικός προορισμός με αποτέλεσμα την αυξημένη κίνηση στο οδικό δίκτυο. Το νησί χωρίστηκε σε τρεις διαδρομές δικτύου οι οποίες επαναλαμβάνονταν καθ' όλη τη διάρκεια της συλλογής των δεδομένων. Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν δύο φορές την εβδομάδα, μια εργάσιμη μέρα και μία μη εργάσιμη. Με αυτόν τον τρόπο, αποφευχθήκαν συστηματικά λάθη λόγω επιλογής των ίδιων ημερών κάθε εβδομάδα. Κατά την πορεία των διαδρομών χρησιμοποιήθηκε μηχανή μικρού κυβισμού (Παράρτημα: Εικόνα Π1) και ακολουθήθηκε σταθερή ταχύτητα 60 km/h, όπου επιτρεπόταν, για την καλύτερη ανίχνευση νεκρών χερσαίων σπονδυλωτών (Εικόνα 1). Το συνολικό μήκος των διαδρομών ήταν τα 405 χιλιόμετρα.



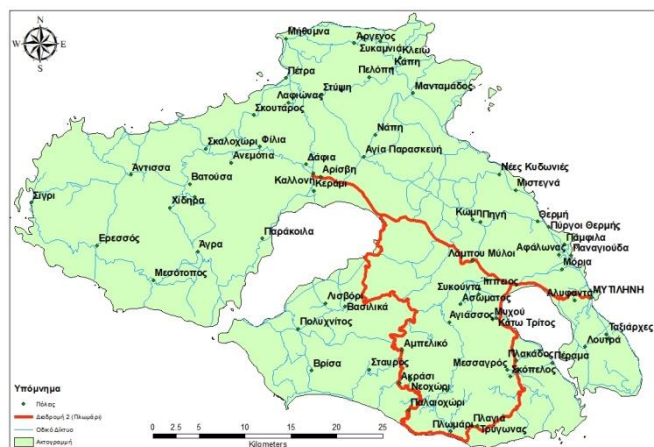
Εικόνα 1. Νεκρά χερσαία σπονδυλωτά (τυφλίτης, κουνάβι, αλεπού, δρυοκολάπτης, σκαντζόχοιρος).

2.3 Διαδρομές

Για την συλλογή των δεδομένων, ακολουθήθηκαν τρεις διαδρομές στους οδικούς άξονες της Λέσβου. Οι διαδρομές επιλέχθηκαν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια. Πρώτον, και οι τρεις διαδρομές περιέχουν τον κεντρικό άξονα του νησιού, την κεντρική οδό Μυτιλήνης - Καλλονής, μήκους 80 χιλιομέτρων. Έπειτα, η κάθε διαδρομή έπρεπε να εμπερικλείει ένα από τα νοητά τμήματα του νησιού. Η πρώτη διαδρομή εμπεριέχει το δυτικό κομμάτι της Λέσβου με σημαντικότερο μέρος τη Ερεσό, ένα από τα σημαντικότερα θέρετρα για λουόμενους, τους μήνες συλλογής των δεδομένων με συνολικό μήκος τα 190 km. Η επόμενη διαδρομή αφορά το βόρειο ανατολικό κομμάτι της Λέσβου, με σημαντικότερο μέρος το χωριό Μανταμάδο, έναν από τους σημαντικότερους σταθμούς για τους τουρίστες τη θερινή σεζόν, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συνολικό μήκος της διαδρομής ήταν τα 95 km. Η τελευταία διαδρομή επιλέχθηκε ώστε να περικλείει το νότιο κομμάτι της Λέσβου, με πολλούς πολυσύχναστους προορισμούς, όπως το Πλωμάρι και τον Πολυχνίτο. Συνολικό μήκος της διαδρομής ήταν τα 120 km. Με αυτές τις τρεις διαδρομές καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος του οδικού δικτύου της Λέσβου με συστηματική και συχνή κάλυψη του κεντρικού οδικού άξονα. Τα ζώα που βρέθηκαν ως θύματα ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο, αφαιρούνταν από το δρόμο, για να αποφευχθεί η επαναλαμβανόμενη μέτρηση τους και αναγνωρίζονταν επί τόπου ως προς το είδος. Για κάθε ατύχημα που καταγραφόταν, λαμβάνονταν πληροφορίες όπως, ημερομηνία και ώρα, γεωγραφικές συντεταγμένες με τη χρήση GPS και φωτογραφίες του ζώου και της περιοχής.



Χάρτης 2. Οδικός Χάρτης διαδρομής 1 (Μανταμάδος)



Χάρτης 3. Οδικός Χάρτης διαδρομής 2 (Πλωμάρι)



Χάρτης 4. Οδικός Χάρτης διαδρομής 3 (Ερεσός)

2.4 Αναλύσεις

Τα δεδομένα από τα νεκρά σπονδυλωτά αναλύθηκαν με τη χρήση χωρικών στατιστικών μεθόδων, και πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν οι τις τρεις ακόλουθες: (α) Ανάλυση θερμών σημείων (Hotspot analysis), (β) Εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνα (KDE - Kernel density estimation) και (γ) KDE+. Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση Γεωγραφικών συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και συγκεκριμένα με το λογισμικό Arcmap 10.

2.4.1 Ανάλυση Θερμών Σημείων - Hotspot Analysis

Η ανάλυση θερμών σημείων είναι μια τεχνική χωρικής ανάλυσης και χαρτογράφησης που χρησιμεύει για τον προσδιορισμό της ομαδοποίησης χωρικών φαινομένων. Αυτά τα χωρικά φαινόμενα απεικονίζονται ως σημεία σε έναν χάρτη και αναφέρονται σε τοποθεσίες γεγονότων ή αντικειμένων.

Ένα hotspot μπορεί να οριστεί ως μια περιοχή που έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση συμβάντων σε σύγκριση με τον αναμενόμενο αριθμό, δεδομένης της τυχαίας κατανομής των συμβάντων. Η ανίχνευση Hotspot εξελίχθηκε από τη μελέτη κατανομής σημείων ή δομών σε ένα χώρο. (Chakravorty 1995). Κατά την εξέταση των Hotspots, η πυκνότητα των σημείων σε μια καθορισμένη περιοχή συγκρίνεται με ένα πλήρες μοντέλο χωρικής τυχαιότητας, το οποίο περιγράφει μια διαδικασία στην οποία τα συμβάντα συμβαίνουν εντελώς τυχαία (δηλαδή, ομοιογενής χωρική κατανομή). Πέρα από την εκτίμηση της πυκνότητας των σημείων σε μια δεδομένη περιοχή, οι τεχνικές hotspot μετρούν επίσης την έκταση της αλληλεπίδρασης των σημείων για την κατανόηση των χωρικών μοτίβων (Baddeley 2010). Ένα Hotspot για θεωρηθεί στατιστικά σημαντικό, θα πρέπει να έχει υψηλή τιμή και να περιβάλλεται από άλλα σημεία με υψηλές τιμές επίσης, το οποίο ποσοτικοποιείται μέσω της ανάλυσης Hotspot με την τιμή Giz Score. Όσο υψηλότερη η τιμή Giz score τόσο πιο στατιστικά σημαντικό θερμό θεωρείται το σημείο αυτό (Nallan et al. 2015).

2.4.2 Εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνα - KDE (Kernel Density Estimation)

Η εκτίμηση της πυκνότητας με πυρήνα (KDE) χρησιμοποιείται συνήθως σε χωρικές στατιστικές αναλύσεις για την εκτίμηση της έντασης ενός μοτίβου σημείων σε ένα γεωγραφικό χώρο. Συγκεκριμένα, το KDE εφαρμόζεται επίσης για την εκτίμηση της έντασης ενός μοτίβου κατά μήκος ενός γραμμικού δικτύου (Okabe, Satoh, and Sugihara 2009, Okabe and Sugihara 2012).

Το KDE δημιουργεί έναν ομαλό, συνεχή χάρτη επιφάνειας που δείχνει κλίσεις της διακύμανσης της έντασης των συμβάντων στις περιοχές μελέτης χωρίς να περιορίζεται στα θεματικά όρια. Επομένως, διαφέρει από τις άλλες μεθόδους χαρτογράφησης στο ότι η επιφάνεια που δημιουργείται βασίζεται σε μια μη παραμετρική εκτίμηση της λειτουργίας έντασης στα κυτταρικά πλέγματα

χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση στάθμισης που βασίζεται σε σταθερό εύρος ζώνης ή ακτίνα αναζήτησης (Waller and Gotway 2004). Το εύρος ζώνης μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανάλυσης Moran's I, η οποία θα καθορίσει τη μικρότερη απόσταση στην οποία η ομαδοποίηση των συμβάντων είναι πιο έντονη και σημαντική, αντιπροσωπεύοντας επομένως μια κατάλληλη κλίμακα ανάλυσης. Η επιλογή μεγαλύτερων εύρους ζώνης αυξάνει τον βαθμό εξομάλυνσης (Briz-Redón, Martínez-Ruiz, and Montes 2019).

Η KDE περιλαμβάνει την τοποθέτηση συμμετρικής επιφάνειας σε κάθε σημείο και στη συνέχεια την αξιολόγηση της απόστασης από το σημείο με μια θέση αναφοράς, με βάση μια μαθηματική συνάρτηση και στη συνέχεια αθροίζοντας την τιμή για όλες τις επιφάνειες για τη συγκεκριμένη θέση αναφοράς. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για διαδοχικά σημεία. Αυτό επιτρέπει επομένως την τοποθέτηση ενός πυρήνα σε κάθε παρατήρηση, και το άθροισμα αυτών των μεμονωμένων πυρήνων δίνει την εκτίμηση πυκνότητας για την κατανομή των σημείων (Fotheringham, Brunson, and Charlton 2000).

Το πιο σημαντικό κριτήριο για τον προσδιορισμό της καταλληλότερης επιφάνειας πυκνότητας είναι το εύρος ζώνης (Silverman 1986) (Bailey and Gatrell 1995) (Fotheringham, Brunson, and Charlton 2000). Η επιλογή του εύρους ζώνης θα επηρεάσει την έκβαση των hotspots, για παράδειγμα όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης τόσο μεγαλύτερα θα είναι τα hotspots. Η τελική επιλογή βασίστηκε στη λήψη ακτίνας αναζήτησης (search radius) που είναι για αυτή τη μελέτη τα 2500 μέτρα και το μέγεθος του κελιού πλέγματος τα 25m. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στα ερευνητικά ερωτήματα της διπλωματικής εργασίας για την καλύτερη και ουσιαστικότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων αναφορικά με το οδικό δίκτυο της Λέσβου.

2.4.3 KDE+ (Kernel Density Estimation Plus)

Η μέθοδος KDE + είναι η πλέον πρόσφατη προσέγγιση που βοηθά ερευνητές και διαχειριστές οδών σε πολλές χώρες για την ταχεία αναγνώριση των πιο επικίνδυνων τοποθεσιών στα δίκτυα μεταφορών (Péridet et al. 2018). Τα δεδομένα που απαιτούνται για αυτό το είδος ανάλυσης είναι οι θέσεις των ατυχημάτων κατά μήκος των οδικών τμημάτων και τα μήκη των αντίστοιχων τμημάτων του δρόμου. Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τον τύπο σύγκρουσης (π.χ. ατύχημα με ένα όχημα, κ.λπ.) και τις συνέπειες σύγκρουσης (π.χ. χωρίς τραυματισμούς, θανατηφόρα ατυχήματα κ.λπ.) μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση, αλλά δεν είναι απαραίτητες (Bíl, Andrášik, and Sedoník 2019).

Η μέθοδος KDE + εκτελεί ανάλυση συστάδων τροχαίων ατυχημάτων (ή άλλων σημειακών συμβάντων) εντός ενός δικτύου (οδικός, σιδηροδρομικός κλπ.). Επεκτείνει την εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα (KDE) με στατιστική δοκιμή σημασίας (statistical significance testing) και επιτρέπει την κατάταξη των προκυπτόντων

σημαντικών ομάδων (Bíl, Andrášik, and Sedoník 2019). Βασίζεται στην τυπική προσέγγιση εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα εμπλουτισμένη με στατιστικές δοκιμές σημαντικής συστάδας(cluster significance) . Το KDE + παράγει ένα σχετικό μέτρο, την ισχύ του συμπλέγματος, με το οποίο είναι δυνατό να ταξινομηθούν τα hotspots κατά προτεραιότητα στα πιο επικίνδυνα. Η ισχύς του συμπλέγματος συνδέεται άμεσα με τον αριθμό των καταγραφών (οδικά ατυχήματα) σε ένα σύμπλεγμα και το μήκος ενός τμήματος δρόμου, και έμμεσα σχετίζεται με τον αριθμό των άλλων καταγραφών (που βρίσκονται έξω από το σύμπλεγμα) και το μήκος του συμπλέγματος (Bíl, Andrášik, and Sedoník 2019).

3. Αποτελέσματα

Στην παρούσα έρευνα, τα κυριότερα είδη που καταγράφησαν, ήταν ο σκαντζόχοιρος της ανατολικής Ευρώπης (*Erinaceus concolor*), το κουνάβι (*Martes foina*) και η κόκκινη αλεπού (*Vulpes vulpes*). Συνολικά, καταγράφησαν 101 συμβάντα οδικών ατυχημάτων σε χερσαία σπονδυλωτά. Από αυτά, τα 24 αφορούσαν κουνάβια, τα 19 αλεπούδες, 29 σκαντζόχοιρους, 8 ερπετά, 18 πτηνά, και 3 σκίουρους (Πίνακας 1).

Είδος	Καταγραφές
Σκαντζόχοιρος (<i>Erinaceus concolor</i>)	29
Κουνάβι (<i>Martes foina</i>)	24
Αλεπού (<i>Vulpes vulpes</i>)	19
Πτηνά	18
Ερπετά	8
Σκίουρος (<i>Sciurus anomalus</i>)	3
Σύνολο	101

Πίνακας 1. Καταγραφές τροχαίων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου ανά είδος

Οι περισσότερες καταγραφές έγιναν κατά τους θερινούς μήνες, όπου τα 72 από τα 101 ατυχήματα, συνέβησαν από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο και τα υπόλοιπα 29 εννέα από Σεπτέμβριο μέχρι Νοέμβριο. Πιο αναλυτικά, συνέβησαν 28 ατυχήματα τον Ιούνιο, 33 τον Ιούλιο, 11 τον Αύγουστο, 14 τον Σεπτέμβρη, 11 τον Οκτώβριο και 4 τον Νοέμβριο (Πίνακας 2).

Μήνας	Καταγραφές
Ιούνιος	28
Ιούλιος	33
Αύγουστος	11
Σεπτέμβριος	14
Οκτώβριος	11
Νοέμβριος	4
Σύνολο	101

Πίνακας 2. Καταγραφές τροχαίων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου ανά μήνα

Από τα 101 χερσαία σπονδυλωτά που καταγράφηκαν, ήταν εφικτό να προσδιοριστεί το φύλο από μόλις τα δεκαπέντε από αυτά. Πέντε ήταν αρσενικά και τα δέκα ήταν θηλυκά, μια αναλογία ένα προς δύο. Παρόλο που το δείγμα θεωρείται μικρό σε αριθμό, συμπεριλαμβάνεται στα ευρήματά, για τη σύγκριση με μελλοντικές έρευνες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπήρχαν τρεις διαδρομές που ακολουθήθηκαν κατά την έρευνα αυτή. Στην πρώτη διαδρομή, με προορισμό τον Μανταμάδο καταγράφηκαν 42 ατυχήματα, καθιστώντας την ως τη διαδρομή με τα περισσότερα ατυχήματα. Η δεύτερη κατά σειρά διαδρομή είχε προορισμό το Πλωμάρι με 18

συνολικές καταγραφές και τέλος, στην τρίτη και μεγαλύτερη διαδρομή με προορισμό την Ερεσό, καταγράφηκαν 41 ατυχήματα (Πίνακας 3).

Διαδρομή	Καταγραφές
Μανταμάδο	42
Πλωμάρι	18
Ερεσός	41
Σύνολο	101

Πίνακας 3. Καταγραφές τροχαίων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου ανά διαδρομή

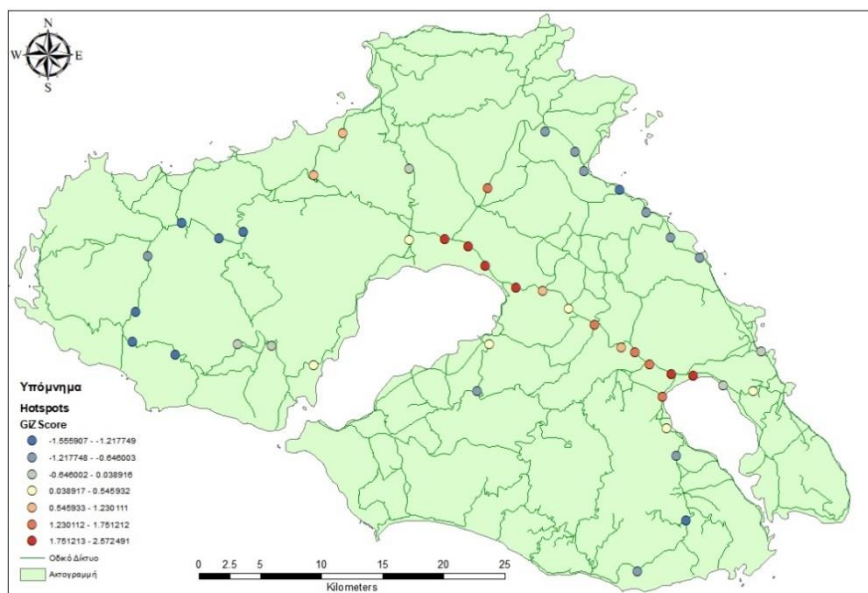
Τα χαρακτηριστικά του δρόμου που καταγράφηκαν κατά τη έρευνα, δείχνουν ότι τα 51 ατυχήματα συνέβησαν σε επαρχιακούς δρόμους στο σύνολο του νησιού και τα υπόλοιπα 50 στο κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής. 25 από αυτά βρέθηκαν στην αριστερή λωρίδα του δρόμου, τα 49 στην δεξιά και τα υπόλοιπα 27 στο κεντρικό τμήμα του δρόμου (Πίνακας 4).

Λωρίδα	Καταγραφές
Αριστερή	25
Δεξιά	49
Κέντρο	27
Σύνολο	101

Πίνακας 4. Καταγραφές τροχαίων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου ανά λωρίδα κυκλοφορίας

3.1 Θερμά σημεία θνησιμότητας χειρσαίων σπονδυλωτών

Στην παρούσα έρευνα αναλύθηκαν τα ατυχήματα με τη χρήση του Hotspot Analysis, με τη βοήθεια του ArcMap. Αυτό έχει σκοπό να εξεταστούν τα σημεία όπου υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση ατυχημάτων από το σύνολο, καθώς και να διαφοροποιηθούν σε περισσότερο και λιγότερο στατιστικά σημαντικά. Όπως προαναφέρθηκε, από τα 101 συμβάντα, τα 50 (δηλαδή τα μισά) συνέβησαν στην κεντρική οδό του νησιού, την κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής. Όπως φαίνεται στο χάρτη 5, τα περισσότερα Hotspots βρίσκονται πάνω σε αυτήν την οδό, με μεγαλύτερο Giz Score από τα υπόλοιπα Hotspots στις άλλες οδούς του νησιού. Για στατιστικά σημαντικές θετικές βαθμολογίες z, όσο μεγαλύτερη είναι η βαθμολογία, τόσο πιο έντονη είναι η συγκέντρωση υψηλών τιμών (θερμό σημείο). Για στατιστικά σημαντικές αρνητικές βαθμολογίες z, όσο μικρότερη είναι η βαθμολογία, τόσο πιο έντονη είναι η συγκέντρωση χαμηλών τιμών (ψυχρό σημείο) (Nallan et al. 2015). Ένα θερμό σημείο δείχνει τη συγκέντρωση πολλών συμβάντων με κοντινή απόσταση μεταξύ τους, ενώ ένα ψυχρό σημείο δείχνει επίσης τη συγκέντρωση συμβάντων αλλά χωρίς να υπάρχουν σε κοντινή απόσταση άλλες συγκεντρώσεις ατυχημάτων. Ένα σημείο με υψηλή τιμή είναι ενδιαφέρον, αλλά μπορεί να μην είναι στατιστικά σημαντικό σημείο. Για να είναι ένα στατιστικά σημαντικό θερμό σημείο, θα πρέπει έχει υψηλή αξία και θα περιβάλλεται από άλλα σημεία με υψηλές τιμές επίσης (Nallan et al. 2015). Το Giz score των πιο θερμών σημείων πάνω στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής κυμαίνεται σε τιμές μεταξύ 1.78 με 2.57.

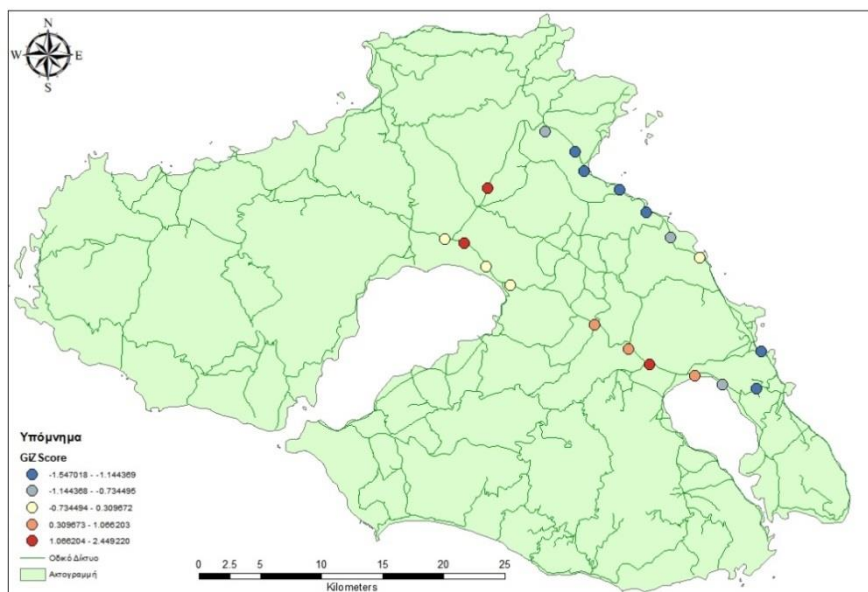


Χάρτης 5. Hotspot analysis για τις συνολικές καταγραφές στην παρούσα έρευνα

3.1.1 Κατανομή ατυχημάτων ανά διαδρομή

Διαδρομή 1

Στην συνέχεια εξετάστηκε η διαφορά στην παρουσία θερμών σημείων ανάλογα τη διαδρομή που ακολουθήθηκε. Όπως παρατηρείται στον Χάρτη 6, υπάρχουν συστάδες ατυχημάτων καθ' όλη τη πορεία της διαδρομής αυτής. Το σύνολο των ατυχημάτων ήταν 42 στο σύνολο και αποτελεί την διαδρομή με τα περισσότερα ατυχήματα από τις τρεις. Τα θερμότερα σημεία στο οδικό δίκτυο, παρατηρούνται κατά μήκος της διαδρομής Μυτιλήνης – Καλλονής και της διαδρομής Καλλονής – Μολύβου. Ο Μόλυβος αποτελεί κύριο τουριστικό προορισμό κατά τους θερινούς μήνες, ωστόσο κατά μήκος της διαδρομής υπάρχει ελάχιστος φωτισμός το βράδυ, γεγονός που συμβάλει στη αυξημένη ένταση των φαινομένων. Τα Giz score των πιο θερμών σημείων κυμαίνονται από 1.67 έως 2.45. Σημαντικό φαίνεται ότι, τα δύο θερμότερα σημεία πάνω στη διαδρομή, βρίσκονται κοντά σε διασταυρώσεις ή στενούς δρόμους με στροφές χωρίς αρκετή ορατότητα. Το πρώτο θερμό σημείο στην κεντρική οδό βρίσκεται στην διασταύρωση προς Πλωμάρι, έναν από τους κυριότερους τουριστικούς προορισμούς στο νησί. Το δεύτερο θερμό σημείο, βρίσκεται λίγο πριν την Καλλονή, όπου μικραίνει το πλάτος των δρόμων και υπάρχουν στροφές με χαμηλή ορατότητα.

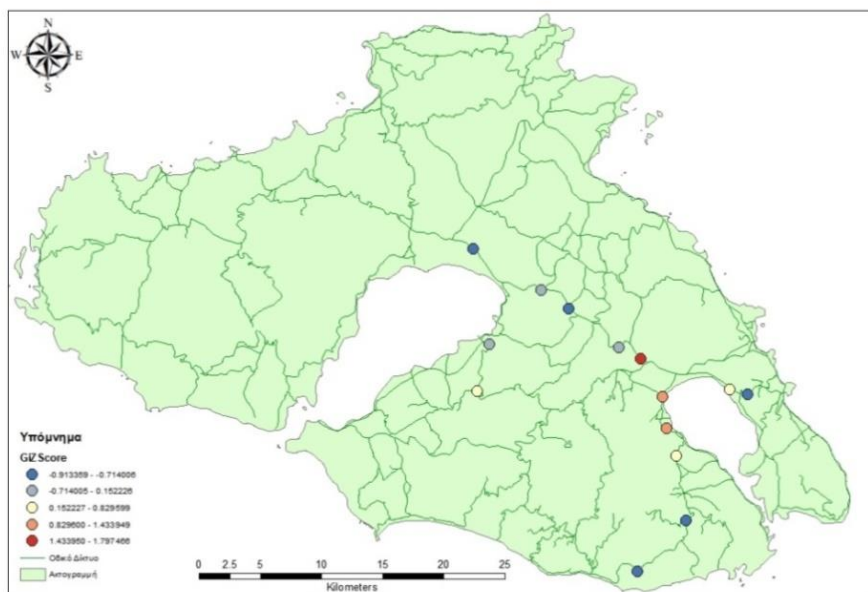


Χάρτης 6. Hotspot analysis για τις καταγραφές στην διαδρομή 1 (Μανταμάδο)

Διαδρομή 2

Όπως φάνηκε παραπάνω η διαδρομή αυτή είχε τα λιγότερα καταγεγραμμένα ατυχήματα, με σύνολο τα δεκαοκτώ κατά τη συνολική διάρκεια της έρευνας. Το πιο θερμό σημείο στο χάρτη βρίσκεται στην διασταύρωση προς Πλωμάρι βγαίνοντας από τον Κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής, όπως βλέπουμε και στο Χάρτη 7. Ένα

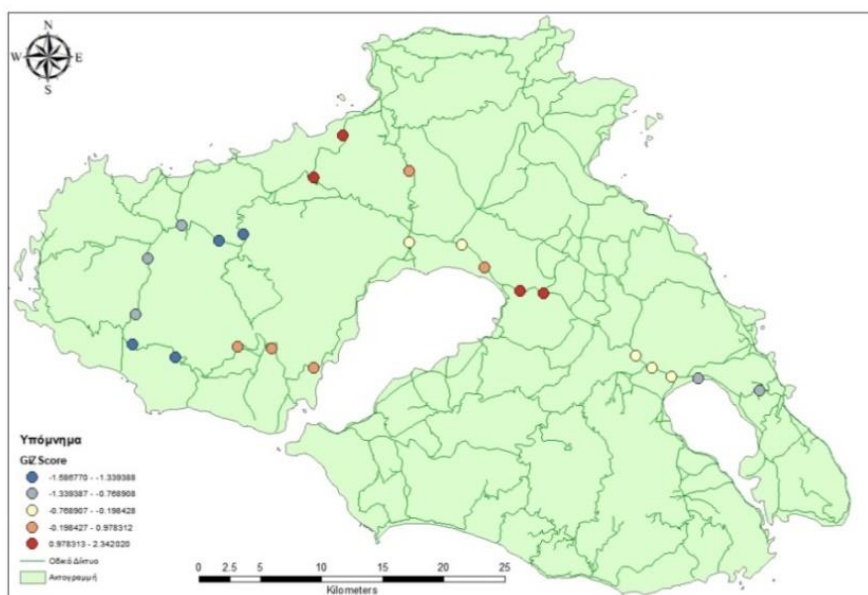
κομμάτι του οδικού δικτύου με αρκετά θερμά σημεία όπως παρατηρήθηκε και προηγουμένως.



Χάρτης 7. Hotspot analysis για τις καταγραφές στην διαδρομή 2 (Πλωμάρι)

Διαδρομή 3

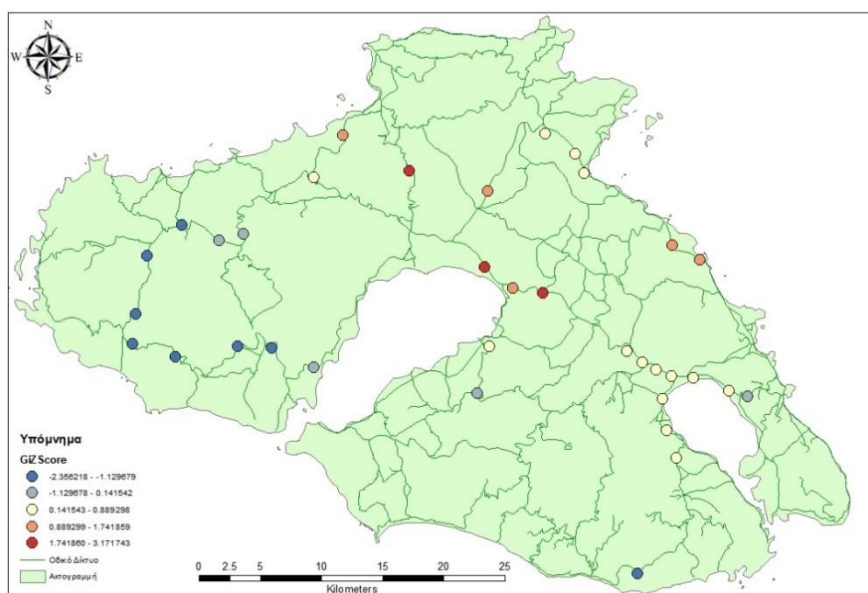
Τέλος, στην διαδρομή με προορισμό την Ερεσό, καταγράφηκαν σαράντα ένα ατυχήματα κατά τη διάρκεια της έρευνας. Στο Χάρτη 8, υπάρχουν αρκετά θερμά σημεία, με τα σημαντικότερα να βρίσκονται στην Κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής και στην επαρχιακή οδό μεταξύ Αναξου και Σκαλοχωρίου. Στην επαρχιακή οδό δεν υπάρχει επαρκής φωτισμός κατά τις νυχτερινές ώρες και υπάρχουν συχνές στροφές με χαμηλή ορατότητα. Το Giz Score των θερμότερων σημείων στο χάρτη κυμαίνεται από 0.98 έως 2.34.



Χάρτης 8. Hotspot analysis για τις καταγραφές στη διαδρομή 3 (Ερεσό)

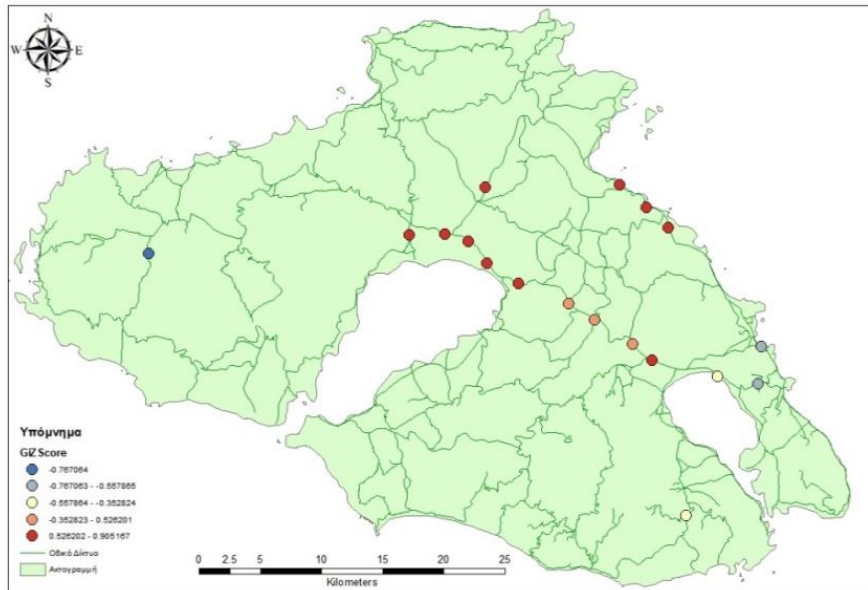
3.1.2 Κατανομή ατυχημάτων ανά εποχή

Η διαφοροποίηση στον αριθμό των ατυχημάτων θα εξεταστεί παρακάτω για τις δύο εποχές του έτους όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2019. Εβδομήντα δύο από τα ατυχήματα συνέβησαν το καλοκαίρι, ενώ τα υπόλοιπα είκοσι εννέα το φθινόπωρο. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς η κινητικότητα στο οδικό δίκτυο της Λέσβου, ως τουριστικό νησί αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες. Παρακάτω στο χάρτη 9, παρατηρείται η κατανομή των θερμών σημείων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Τα σημαντικότερα θερμά σημεία κατανέμονται στη Κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, την επαρχιακή οδό Καλλονής – Μολύβου και λιγότερο σημαντικά στην επαρχιακή οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης και Άναξου – Σκαλοχωρίου. Διαπιστώνεται ότι, υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση ατυχημάτων κοντά στα τουριστικά θέρετρα του Νησιού. Τα Giz Score των πιο θερμών σημείων κυμαίνονται από 1,74 έως 3,17.



Χάρτης 9. Hotspot analysis για τους καλοκαιρινούς μήνες

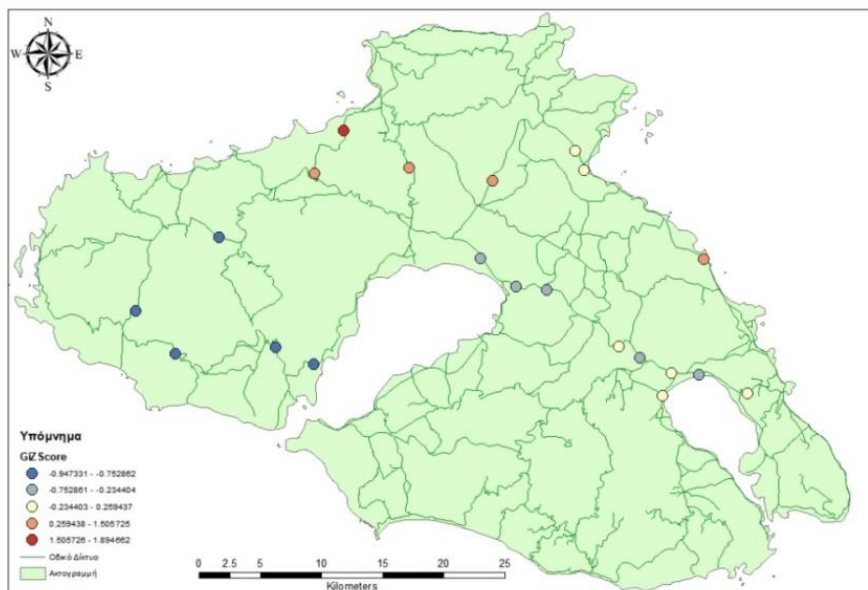
Κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, η κατανομή των πιο θερμών σημείων βρίσκεται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής και Μανταμάδου – Μυτιλήνης όπως παρατηρείται στο χάρτη 10. Αυτό εξηγείται, καθώς με μειωμένη την τουριστική κίνηση σε όλο το νησί λόγω λήξης της τουριστικής σεζόν, η πιο πολυσύχναστη διαδρομή είναι η κεντρική οδός του νησιού. Από την άλλη, τα θερμά σημεία στην οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης εξηγούνται λόγω του ότι, στο χωριό του Μανταμάδου βρίσκεται το μοναστήρι του Ταξιάρχη, που αποτελεί θρησκευτικό προορισμό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Χάρτης 10. Hotspot analysis για τους φθινοπωρινούς μήνες

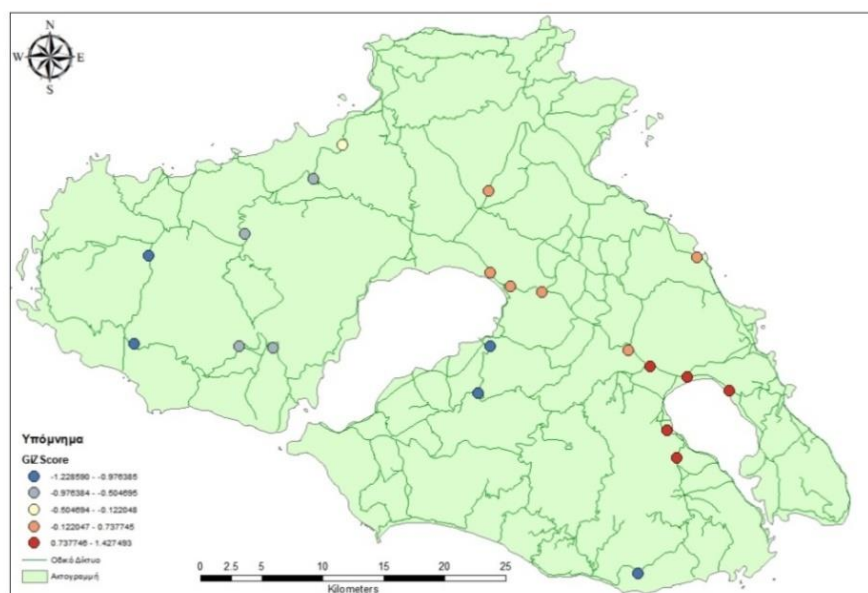
3.1.3 Κατανομή ατυχημάτων ανά μήνα

Η μεταβολή της έντασης των ατυχημάτων αποτελεί ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα στις παρούσες έρευνες. Παρακάτω θα εξεταστεί η κατανομή των θερμών σημείων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου ανά μήνα, από τον Ιούνιο έως το Νοέμβριο. Στο χάρτη 11, φαίνεται η κατανομή των θερμών σημείων για το μήνα Ιούνιο. Τον μήνα αυτό καταγράφηκαν συνολικά 28 ατυχήματα, σχεδόν το ένα τρίτο του συνολικού αριθμού στην έρευνα αυτή. Παρόλα αυτά, εξετάζοντας τη κατανομή δεν εμφανίζονται θερμά σημεία με μεγάλη στατιστική σημασία. Τα κυριότερα βρίσκονται στο βόρειο κομμάτι του νησιού, και συγκεκριμένα στην επαρχιακή οδό Άναξου – Σκαλοχωρίου. Λιγότερα σημαντικά θερμά σημεία φαίνονται στις επαρχιακές οδούς γύρω από την Καλλονή, και στην οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης. Το Giz Score για κυμαίνεται από 1,51 έως 1.89.



Χάρτης 11. Hotspot analysis για τον μήνα Ιούνιο

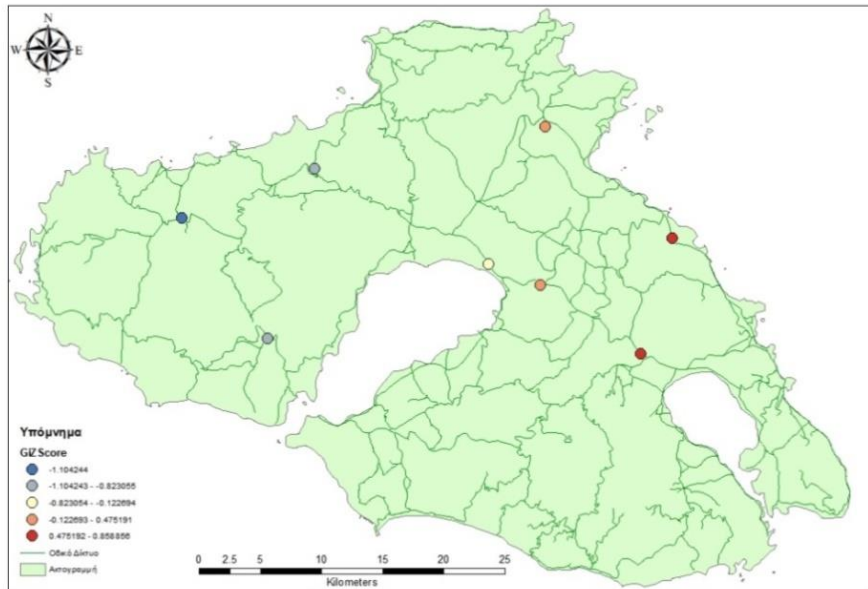
Για τον μήνα Ιούλιο, παρατηρείται ότι το φαινόμενο εντείνεται. Συγκεκριμένα, εμφανίζονται πιο πολλά θερμά σημεία από τον Ιούνιο το οποία κατανέμονται στον κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής και πιο συγκεκριμένα κοντά στη διασταύρωση προς Πλωμάρι (Χάρτης 12). Το σύνολο των ατυχημάτων φτάνει στα 33, γεγονός που καθιστά τον Ιούλιο τον μήνα με τα περισσότερα ατυχήματα κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας. Το Giz Score των θερμότερων σημείων κυμαίνεται μεταξύ 0,74 έως 1,42.



Χάρτης 12. Hotspot analysis για τον μήνα Ιούλιο

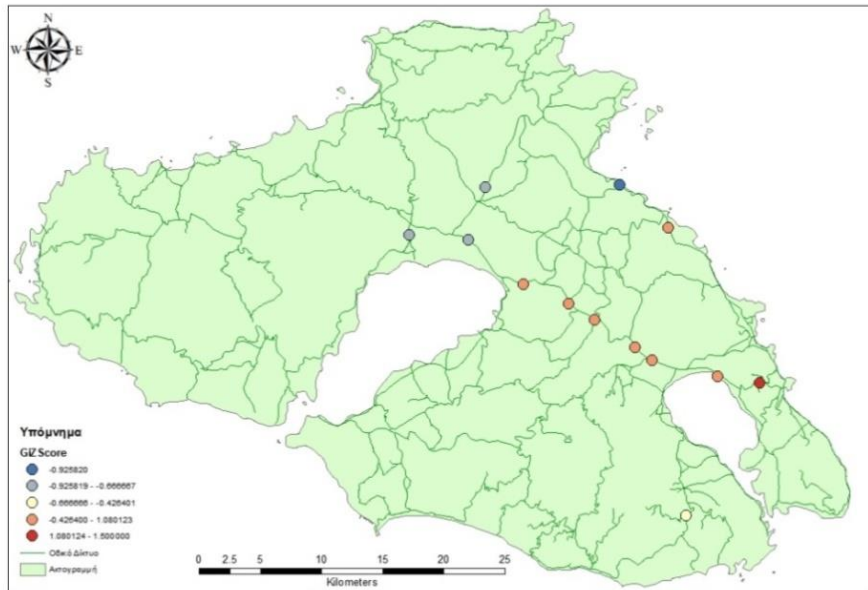
Τον μήνα Αύγουστο καταγράφηκαν 11 ατυχήματα κατά την διάρκεια της ερευνάς μας. Μικρότερος αριθμός από το μήνα Ιούλιο, όπου μπορεί να εξηγηθεί πιθανώς λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών με συνέπεια τη μειωμένη κινητικότητα

διαφόρων ειδών, τη λήξη των αναπαραγωγικών περιόδων ή τη φύλαξη των μικρών μετά από γέννες. Τα θερμότερα σημεία βρίσκονται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης - Καλλονής, πάλι στην διασταύρωση προς Πλωμάρι (Χάρτης 13), καθιστώντας το όπως φαίνεται από τα πιο επικίνδυνα σημεία για την άγρια ζωή. Το δεύτερο σημαντικό θερμό σημείο στο χάρτη βρίσκεται στην οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης. Το Giz Score για τα θερμότερα σημεία κυμαίνεται από 0,48 έως 0,86.



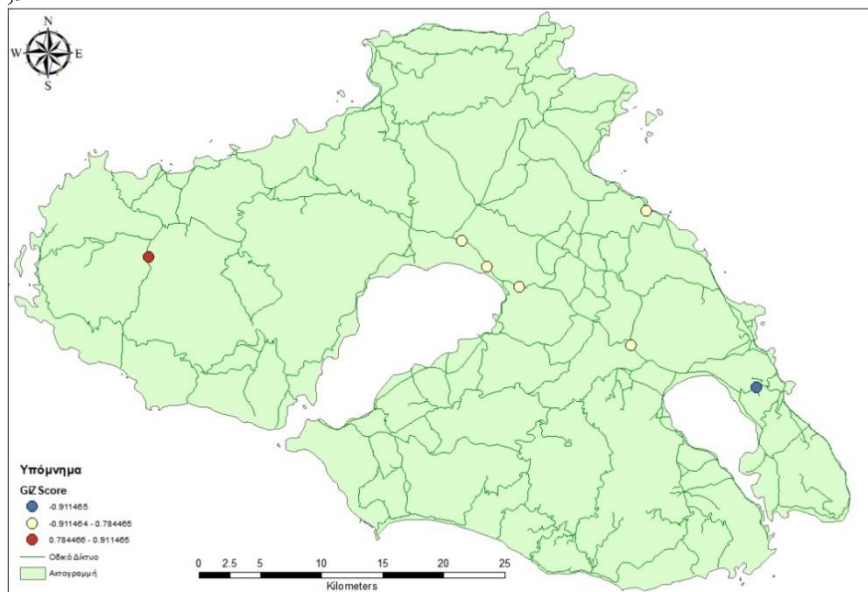
Χάρτης 13. Hotspot analysis για το μήνα Αύγουστο

Στη συνέχεια εξετάζονται τα θερμά σημεία για τους φθινοπωρινούς μήνες. Το μήνα Σεπτέμβριο καταγράφηκαν 14 ατυχήματα στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι δεν υπάρχει κάποια συστάδα ατυχημάτων στο δυτικό κομμάτι του νησιού (Χάρτης 14), το οποίο συμβαδίζει με την σχεδόν καθολική μείωση το τουρισμού σε αυτό το κομμάτι, ενδεχομένως και λόγω μειωμένης κινητικότητας των ειδών. Τα θερμότερα σημεία αυτόν τον μήνα βρίσκονται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής με Giz score να κυμαίνονται από 1,08 έως 1,5.



Χάρτης 14. Hotspot analysis για το μήνα Σεπτέμβρη

Το μήνα Οκτώβρη καταγράφηκαν 11 οδικά ατυχήματα, το οποίο δείχνει τη σταδιακή μείωση των ατυχημάτων μετά το πέρας της τουριστικής σεζόν. Όπως βλέπουμε στο Χάρτη 15, δεν φαίνονται θερμά σημεία στο οδικό δίκτυο παρά μόνο στην επαρχιακή οδό Σκαλοχωρίου – Ερεσού. Το Giz score για τα θερμότερα σημεία κυμαίνεται από 0,8 έως 0,9.

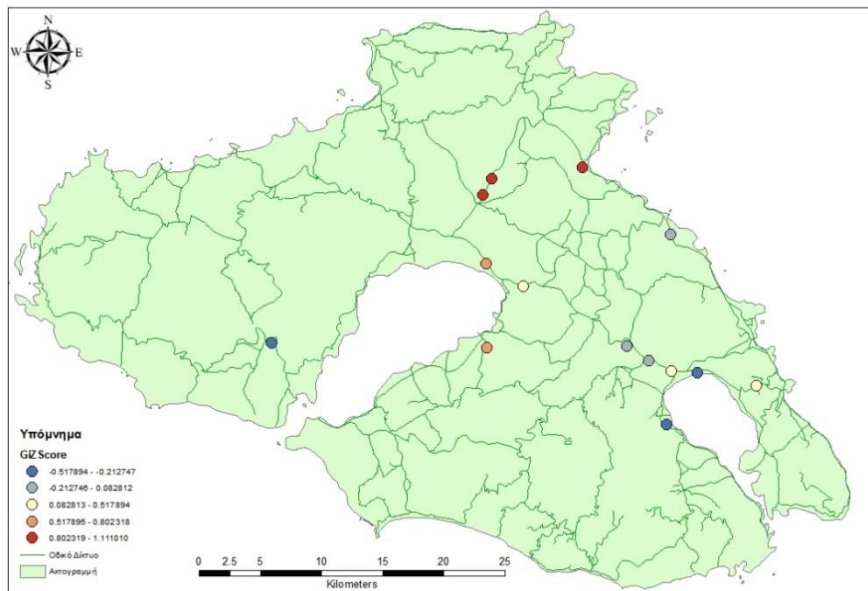


Χάρτης 15. Hotspot analysis για το μήνα Οκτώβρη

Τέλος, η μείωση των ατυχημάτων που καταγράφηκαν στο οδικό δίκτυο της Λέσβου, φτάνει στο αποκορύφωμα με τέσσερα μόνο ατυχήματα το μήνα Νοέμβρη. Ο μικρός αυτός αριθμός δεν καθιστά δυνατή τη δημιουργία ενός χάρτη για την κατανομή των Hotspots.

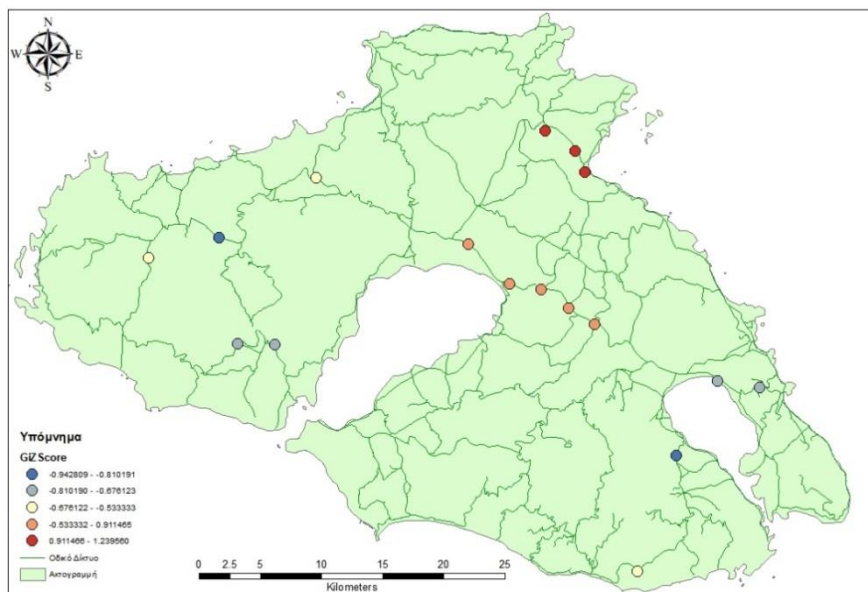
3.1.4 Κατανομή ατυχημάτων ανά είδος

Έπειτα από την κατανομή των θερμών σημείων ανά μήνα, θα εξεταστεί η κατανομή θερμών σημείων ανά είδος ή κατηγορία ειδών που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας. Αρχικά, αναλύεται η κατανομή των θερμών σημείων των ατυχημάτων που αφορά τους σκαντζόχοιρους (*Erinaceus concolor*). Στην διάρκεια της παρούσας έρευνας καταγράφηκαν 29 ατυχήματα με θύματα σκαντζόχοιρους, το οποίο αποτελεί, το ένα τρίτο από το συνολικό αριθμό των ατυχημάτων. Παρόλο που συναντάμε συστάδες ατυχημάτων σε όλη τη Λέσβο, τα θερμότερα σημεία με ατυχήματα που αφορούν τον σκαντζόχοιρο βρίσκονται στην επαρχιακή οδό Καλλονής – Μανταμάδου και Μανταμάδου – Μυτιλήνης (Χάρτης 16). Επίσης βλέπουμε και λιγότερα σημαντικά θερμά σημεία κατά μήκος της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής. Το Giz score των θερμότερων σημείων κυμαίνεται από 0,8 έως 1,1.



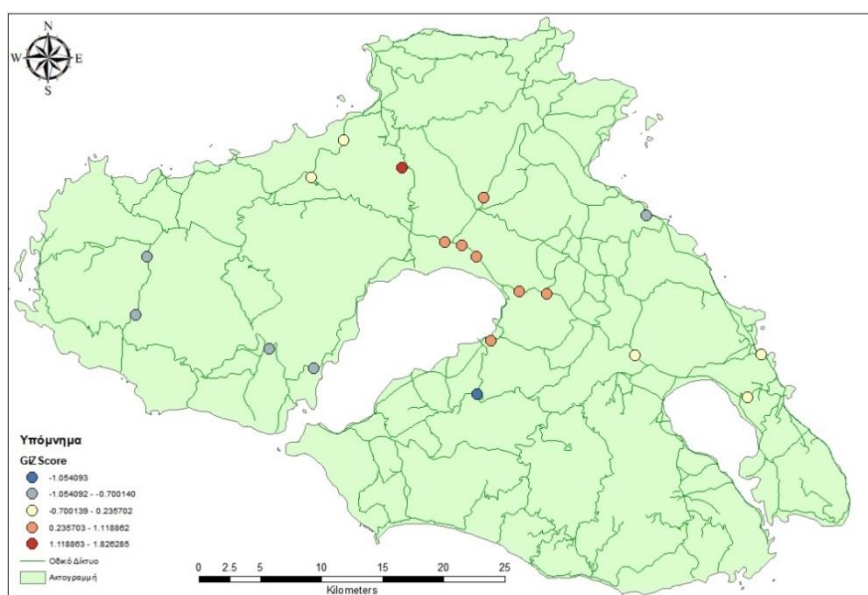
Χάρτης 16. Hotspot analysis για τους Σκαντζόχοιρους (*Erinaceus concolor*)

Επόμενο είδος που θα εξεταστεί, είναι η Κόκκινη Αλεπού (*Vulpes vulpes*). Κατά την διάρκεια της έρευνας καταγράφηκαν 19 ατυχήματα με θύματα κόκκινες αλεπούδες στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Τα θερμότερα σημεία βρίσκονται στην επαρχιακή οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης και στη συνέχεια, τα αμέσως επόμενα πιο σημαντικά στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής (Χάρτης 17). Το Giz score των θερμότερων σημείων κυμαίνεται από 0,8 έως 1,1.



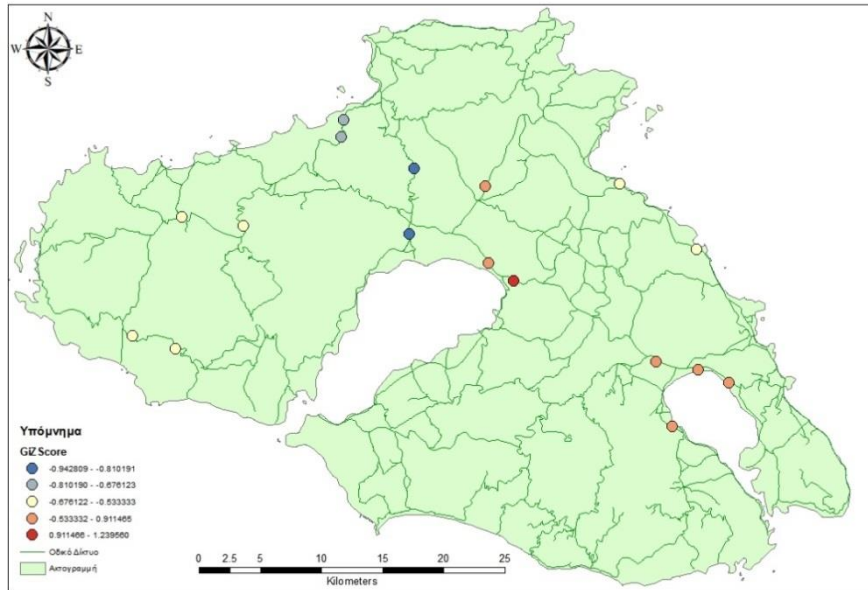
Χάρτης 17. Hotspot analysis για την Κόκκινη Αλεπού (*Vulpes vulpes*)

Στο οδικό δίκτυο της Λέσβου καταγράφηκαν 24 ατυχήματα που αφορούσαν κουνάβια (*Martes foina*). Αποτελούν το ένα τέταρτο των συνολικών καταγραφών σε αυτήν την έρευνα και κατέχουν τη δεύτερη θέση μετά τους σκαντζόχοιρους. Καταγράφηκαν ατυχήματα σε όλα τα τμήματα του νησιού, κυρίως στο κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής, αλλά το θερμότερο σημείο βρίσκεται στην οδό Καλλονής – Μολύβου, που όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω έχει ελλιπή φωτισμό κατά τις νυχτερινές ώρες (Χάρτης 18). Το Giz score για τα θερμότερα σημεία κυμαίνεται από 1,16 έως 1,83.



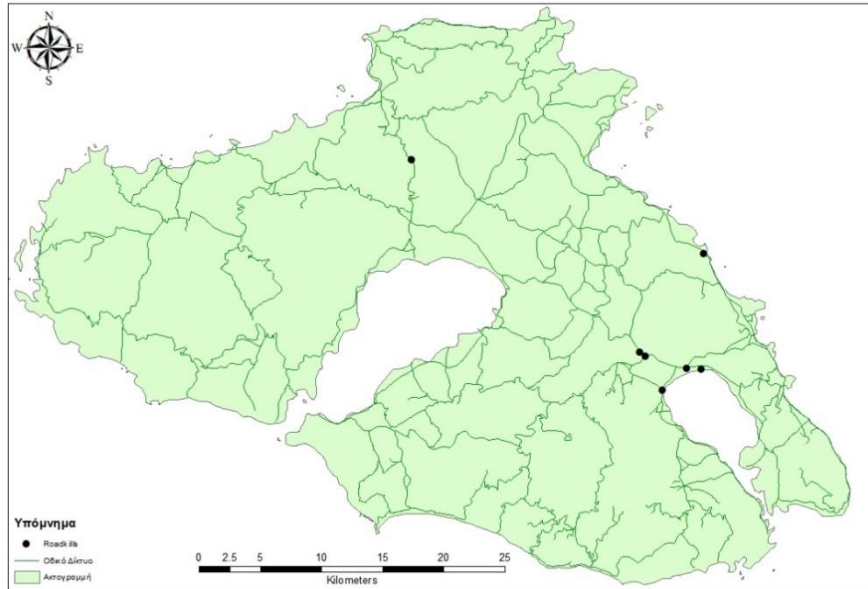
Χάρτης 18. Hotspot analysis για το κουνάβι (*Martes foina*)

Κατά τη διάρκεια της έρευνας καταγράφηκαν 18 ατυχήματα με θύματα πτηνά. Αυτά αφορούσαν κυρίως γλάρους και κουρούνες ενώ παρατηρήθηκαν και λιγότερο κοινά είδη όπως δρυκολάπτες κλπ. Ο συνολικός τους αριθμός πλησιάζει το ένα πέμπτο των συνολικών καταγραφών, δείχνοντας ότι και τα πτηνά πλήττονται από τις αρνητικές συνέπειες των δρόμων. Όπως βλέπουμε και στο Χάρτη 19, τα σημαντικότερα θερμά σημεία βρίσκονται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, με το θερμότερο σημείο να βρίσκεται στη διασταύρωση της Αχλαδεράς κατά μήκος της οδού. Το Giz score για τα θερμότερα σημεία κυμαίνεται από 0,91 έως 1,24.



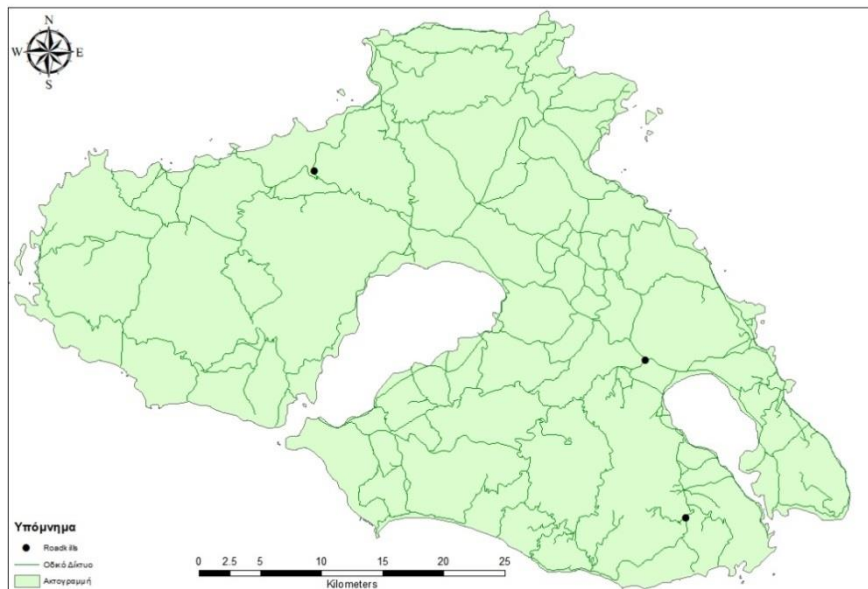
Χάρτης 19. Hotspot analysis για τα πτηνά

Το σύνολο των ερπετών που καταγράφηκαν ως θύματα τροχαίου στο οδικό δίκτυο φτάνουν τα 8 σε αριθμό. Ανάμεσα σε αυτά ήταν φίδια χελώνες και νεροχελώνες. Ο μικρός αυτός αριθμός καθιστά αδύνατη τη δημιουργία χάρτη θερμών σημείων. Βλέπουμε όμως, στον Χάρτη 20 την κατανομή των ατυχημάτων που αφορούσαν ερπετά στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Στο χάρτη φαίνεται ότι τα περισσότερα ατυχήματα συνέβησαν στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, κοντά στις διασταυρώσεις προς Πλωμάρι και Πολυχνίτο.



Χάρτης 20. Οδικά ατυχήματα με θύματα ερπετά στο οδικό δίκτυο της Λέσβου

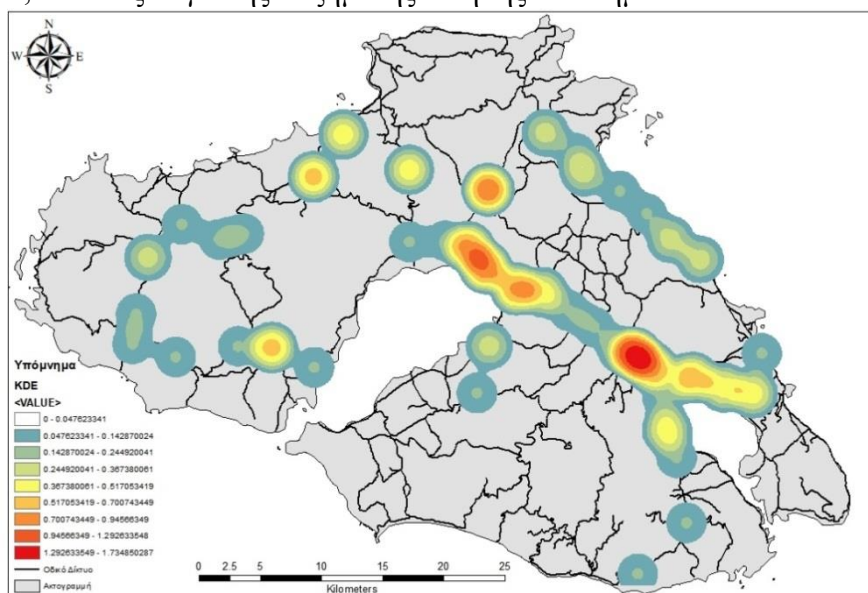
Τέλος καταγράφηκαν 3 ατυχήματα που αφορούσαν τον ασιατικό σκίουρο (*Sciurus anomalus*). Ο σκίουρος αυτός συναντάται μόνο στη Λέσβο σε όλη την Ελλάδα. Ξανά, ο μικρός αριθμός καταγραφών δεν καθιστά δυνατή τη δημιουργία χάρτη θερμών σημείων. Ο Χάρτης 21, δείχνει την κατανομή των καταγραφών με ατυχήματα που αφορούσαν το ασιατικό σκίουρο. Στο χάρτη δεν φαίνεται κάποιο μοτίβο στην κατανομή των ατυχημάτων, αλλά φαίνονται τα καταγεγραμμένα ατυχήματα σε όλα τα τμήματα της Λέσβου.



Χάρτης 21. Οδικά ατυχήματα με θύματα σκίουρους (*Sciurus anomalus*) στο οδικό δίκτυο της Λέσβου

3.2 Ένταση μοτίβου θνησιμότητας χειρσαίων σπονδυλωτών

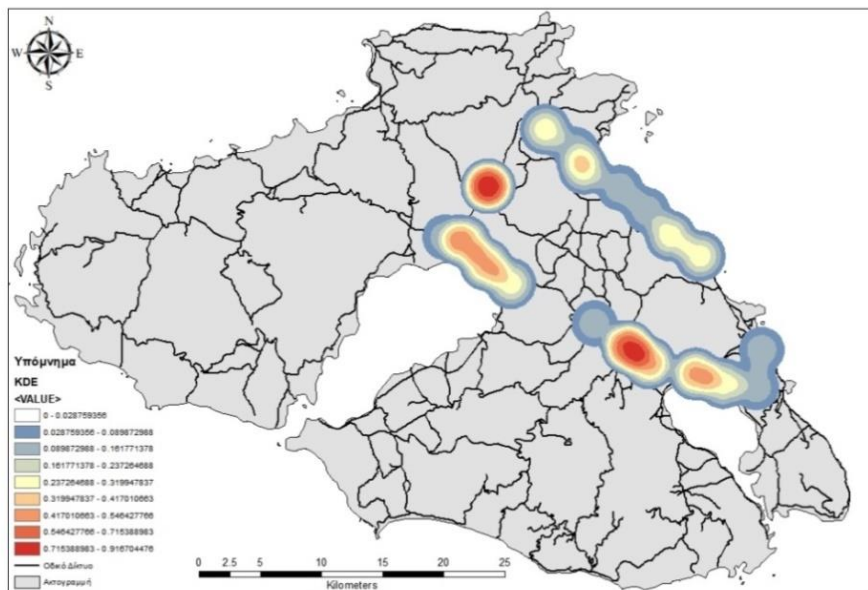
Με την εκτίμηση πυκνότητας του πυρήνα (KDE) θα εξεταστεί η ένταση του μοτίβου των καταγραφών τροχαίων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Τα θερμότερα σημεία που παρατηρούμε στο Χάρτη 22, αντιπροσωπεύουν τις ομαδοποιήσεις ατυχημάτων που κρίνονται στατιστικά σημαντικές. Το κριτήριο ταξινόμησης είναι η απόσταση ενός συμπλέγματος (ή συστάδας) από τα γειτονικά του, καθώς και οι επικαλύψεις αυτών. Στο χάρτη βλέπουμε την ανάλυση KDE για το σύνολο και των 101 ατυχημάτων που καταγράφηκαν τους έξι μήνες της παρούσας έρευνας. Τα πιο έντονα σημεία στο χάρτη φαίνονται στον κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής, και πιο συγκεκριμένα στα τελευταία χιλιόμετρα προς Καλλονή και στη διασταύρωση για Πολυχνίτο. Επίσης, σημαντικό σημείο αποτελούν και η οδός Καλλονής – Μολύβου, το οποίο οφείλεται πιθανώς στην έλλειψη φωτισμού κατά τις βραδινές ώρες. Το εντονότερο σημείο φαίνεται να είναι πάνω στη διασταύρωση για Πολυχνίτο, πιθανώς λόγω της αυξημένης κίνησης στο σημείο αυτό.



Χάρτης 22. KDE για τα συνολικά ατυχήματα στο οδικό δίκτυο της Λέσβου

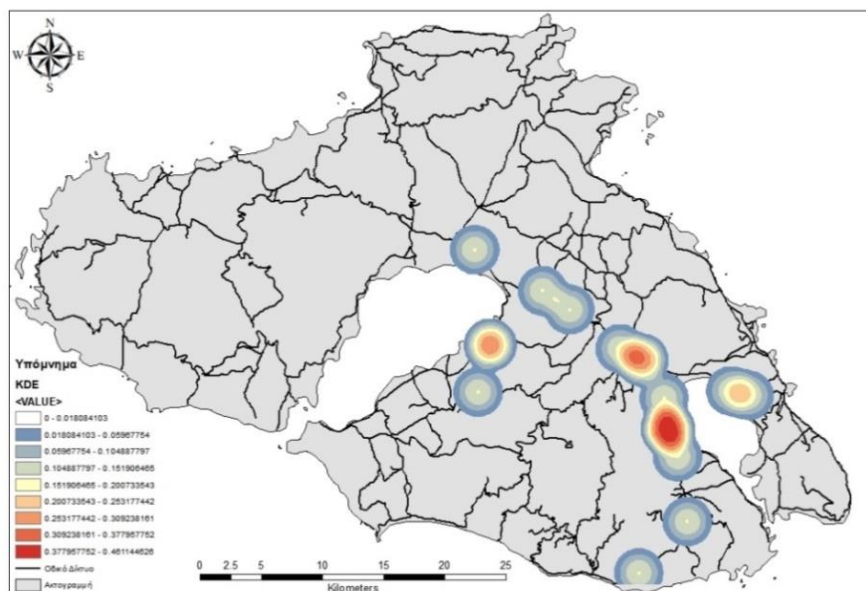
3.2.1 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά διαδρομή

Στη συνέχεια αναλύονται, τα σημαντικότερα συμπλέγματα που προκύπτουν από την εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά διαδρομή. Στο χάρτη 23, φαίνονται τα σημαντικότερα σημεία στο οδικό δίκτυο της Λέσβου όπως ακολουθήθηκε στην πρώτη διαδρομή (Μανταμάδος). Εκεί παρατηρείται μεγαλύτερη ένταση στο σημείο της διασταύρωσης προς Πολυχνίτο, κατά μήκος της Κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής, όπως φάνηκε και στον συγκεντρωτικό χάρτη KDE πιο πάνω (Χάρτης 22). Σημαντικό σημείο επίσης, φαίνεται να είναι κατά μήκος της επαρχιακής οδού Καλλονής – Μολύβου. Λιγότερα σημαντικά συμπλέγματα παρατηρούνται στο σύνολο της διαδρομής Μανταμάδου - Μυτιλήνης, οδός που οι οδηγοί αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες λόγω μεγάλων ευθειών.



Χάρτης 23. KDE για την Διαδρομή 1 (Μανταμάδος)

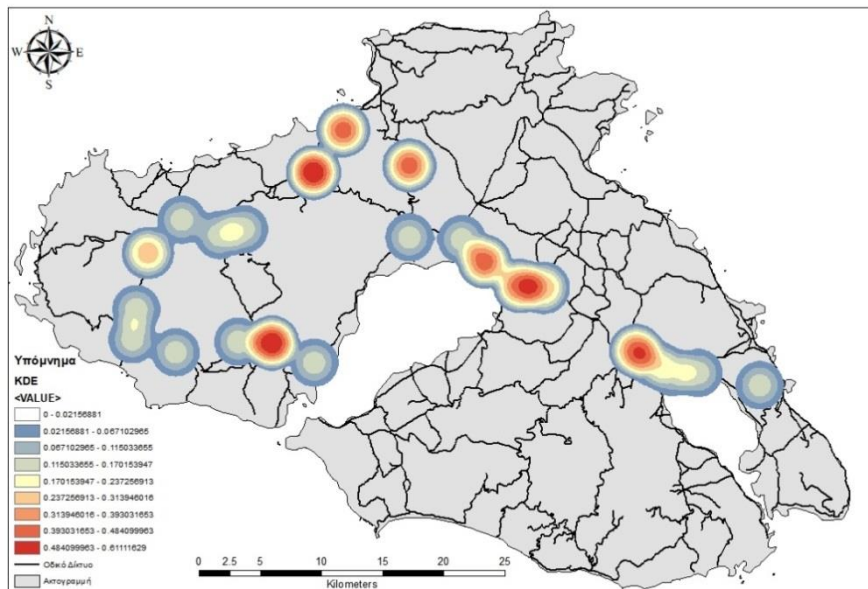
Παρατηρώντας το Χάρτη 24, τα σημαντικότερα σημεία για τη δεύτερη διαδρομή (Πλωμάρι) φαίνονται να είναι τα πρώτα χιλιόμετρα έπειτα από τη διασταύρωση προς Πλωμάρι κατά μήκος της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής, και η διασταύρωση προς Πολυχνίτο. Το αμέσως επόμενο σημαντικό σημείο, φαίνεται στην περιοχή της Αχλαδεράς, μέρος με συχνές στροφές χωρίς ορατότητα και καθόλου φωτισμό τις νυχτερινές ώρες.



Χάρτης 24. KDE για την Διαδρομή 2 (Πλωμάρι)

Στην τρίτη και τελευταία διαδρομή προς Ερεσό (Χάρτης 25), τα σημαντικά σημεία στο χάρτη, φαίνεται να απλώνονται στο σύνολο του οδικού δικτύου. Τα κυριότερα σημεία βρίσκονται κατά μήκος της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής, και συγκεκριμένα στις διασταυρώσεις για Πολυχνίτο και Αχλαδερά. Επίσης, στην περιοχή του Σκαλοχωρίου, και στην περιοχή της Άγρας, μέρος με σχετικά

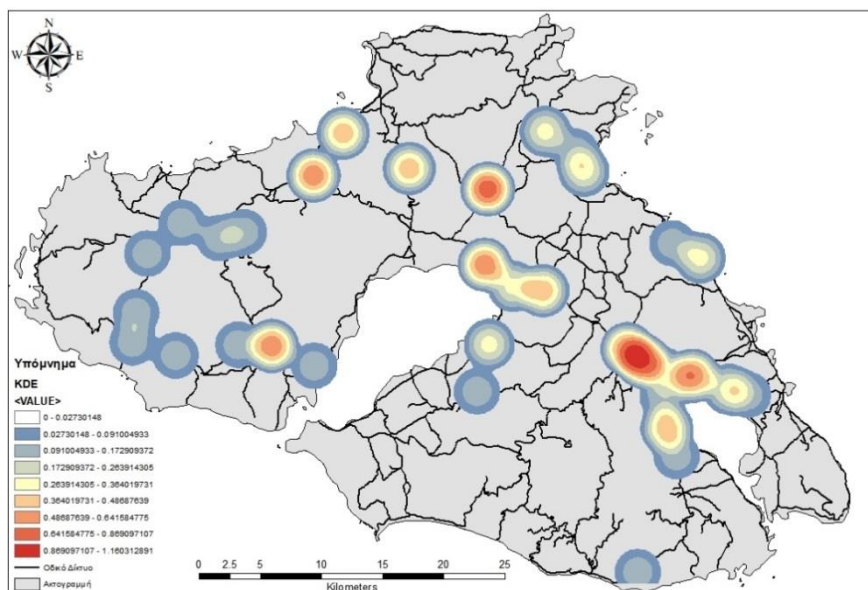
καινούργια δρόμο ταχείας κυκλοφορίας που έχει κατακερματίσει το οικοσύστημα της περιοχής. Επόμενα σημαντικά σημεία υπάρχουν και στις οδούς από Άναξο προς Σκαλοχώρι, και από Καλλονή προς Πέτρα, δύο από τους πιο πολυσύχναστους οδούς κατά τη καλοκαιρινή σεζόν για τους τουρίστες, και οι δύο με μη επαρκή φωτισμό και συχνές στροφές χωρίς ορατότητα.



Χάρτης 25. KDE για την Διαδρομή 3 (Ερεσσός)

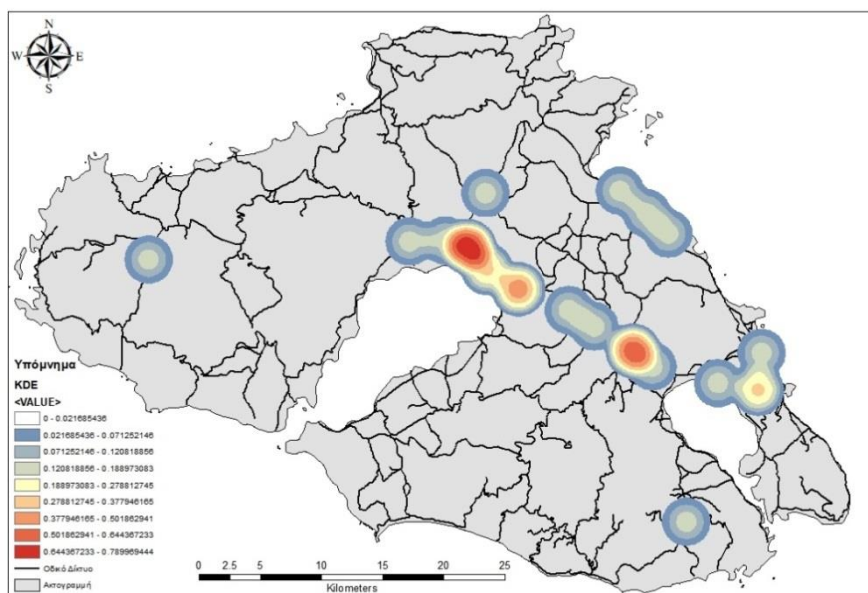
3.2.2 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά εποχή

Η εποχή που συνέβησαν τα ατυχήματα στη οδικό δίκτυο της Λέσβου αναμένεται ότι θα φέρουν διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα. Στο Χάρτη 26, απεικονίζεται η εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα (KDE) για το τρίμηνο της καλοκαιρινής σεζόν, στην οποία έγιναν οι περισσότερες καταγραφές ατυχημάτων σε σχέση με τη φθινοπωρινή σεζόν. Όπως και με τις προηγούμενες κατηγορίες, παρατηρείται η μεγαλύτερη συγκέντρωση ατυχημάτων στο κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής στο ύψος της διασταύρωσης προς Πολυχνίτο, με λιγότερο σημαντικά σημεία κατά μήκος της οδού. Στατιστικά σημαντικά σημεία, βρίσκεται και στην επαρχιακή οδό Μυτιλήνης – Μολύβου και στην περιοχή της Άγρας.



Χάρτης 26. ΚΔΕ για τους καλοκαιρινούς μήνες

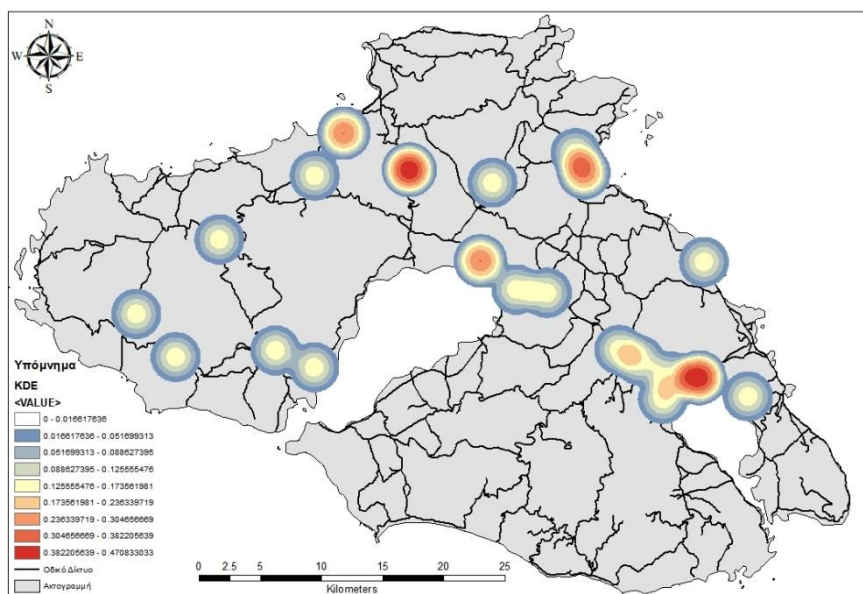
Για την φθινοπωρινή σεζόν, όπως φαίνεται στο Χάρτη 27, τα στατιστικά σημαντικά σημεία που προέκυψαν από την ΚΔΕ παρατηρούνται στην Κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, και πιο συγκεκριμένα στα τελευταία χιλιόμετρα προς Καλλονή. Στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο υπάρχει μείωση στον αριθμό και την πυκνότητα των συμπλεγμάτων. Αυτό, εξηγείται από την μείωση του τουρισμού την φθινοπωρινή σεζόν, με αποτέλεσμα η περισσότερη κίνηση των οχημάτων να περιορίζεται στην κεντρική οδό του νησιού.



Χάρτης 27. ΚΔΕ για τους φθινοπωρινούς μήνες

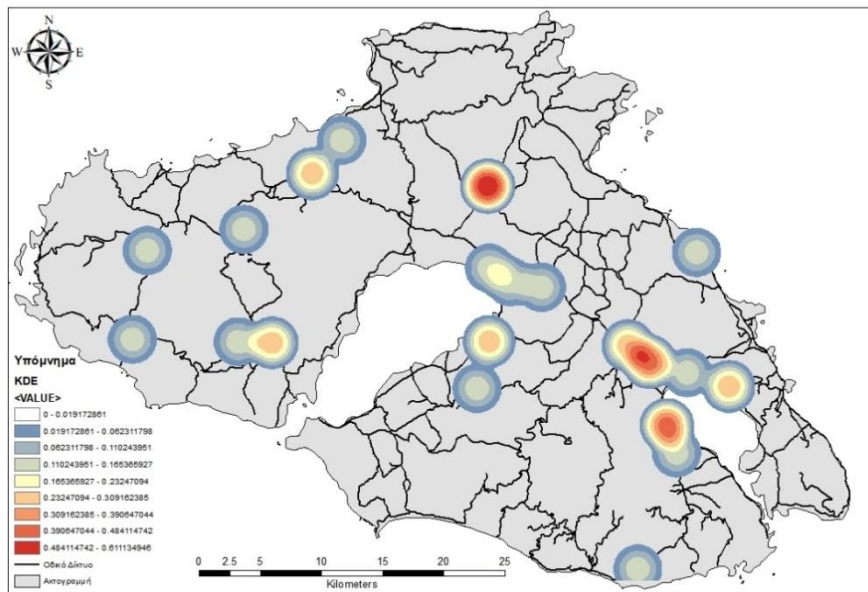
3.2.3 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά μήνα

Παρακάτω θα εξετασθεί η διαφοροποίηση των συστάδων και της έντασης τους σε επίπεδο μήνα. Ξεκινώντας από τον μήνα Ιούνιο (Χάρτης 28), παρατηρείται μεγάλος αριθμός συμπλεγμάτων με μεγαλύτερη ένταση στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, στο ύψος της διασταύρωσης προς Πλωμάρι, στην επαρχιακή οδό Καλλονής – Μολύβου και στην περιοχή του Μανταμάδου.



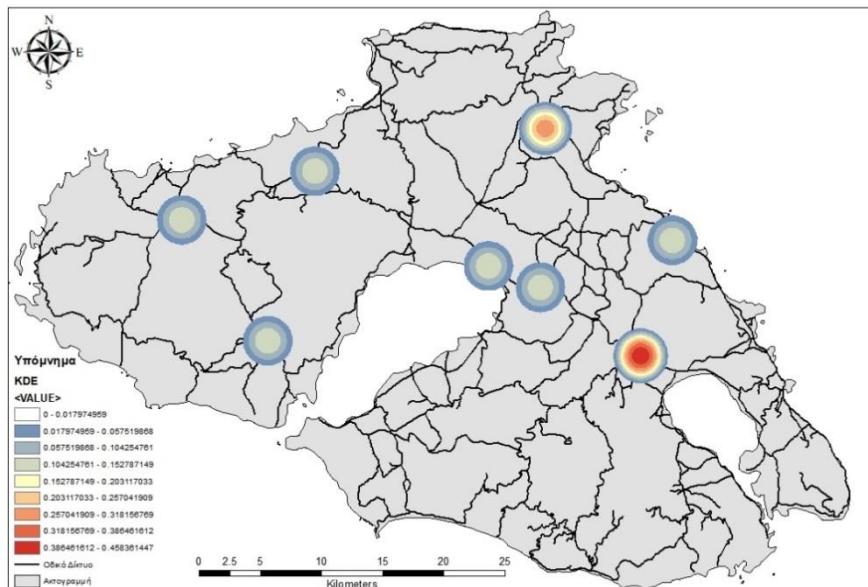
Χάρτης 25. KDE για το μήνα Ιούνιο

Το μήνα Ιούλιο (Χάρτης 29), παρατηρείται αύξηση της έντασης στο δυτικό κομμάτι της Λέσβου και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Άγρας. Στην επαρχιακή οδό Καλλονής – Μανταμάδου παρατηρείται ένα έντονο σημείο, πιθανώς λόγω της αύξησης της κίνησης οχημάτων προς την περιοχή. Στο νότιο κομμάτι της Λέσβου παρατηρούνται συστάδες ατυχημάτων, με το πιο έντονο να βρίσκεται στα πρώτα χιλιόμετρα έπειτα από την διασταύρωση προς Πλωμάρι και δευτερεύοντα σημεία παρατηρούνται στις Περιοχές Αχλαδεράς και Πλωμαρίου, δείχνοντας την αύξηση του τουρισμού και επομένως την αύξηση της κίνησης των οχημάτων στις περιοχές αυτές.



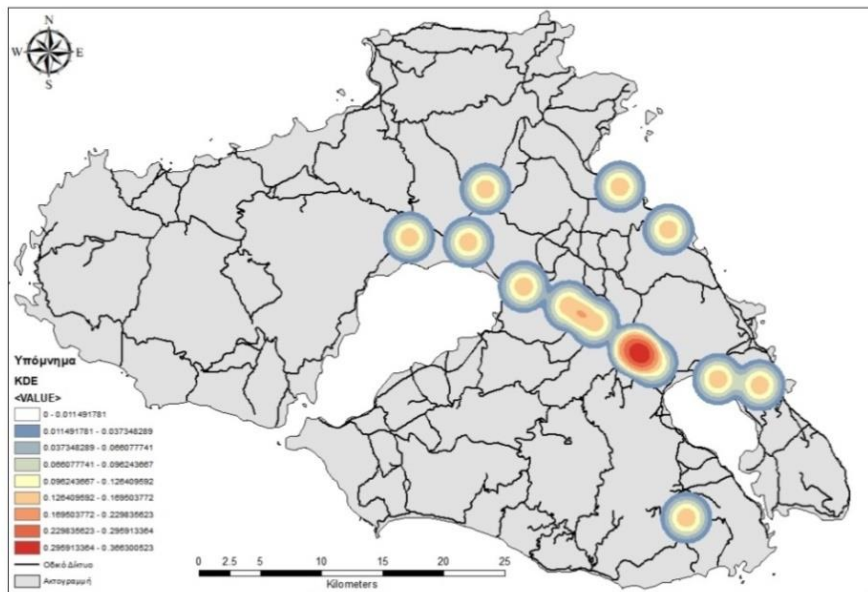
Χάρτης 29. ΚΔΕ για το μήνα Ιούλιο

Τον μήνα Αύγουστο, παρατηρήθηκε μείωση στον αριθμό των ατόμων που καταγράφηκαν σε τροχαία ατυχήματα και αυτό φαίνεται στην κατανομή της ΚΔΕ (Χάρτης 30). Τα σημαντικότερα σημεία στο Χάρτη φαίνονται να βρίσκονται στην διασταύρωση Πολυχνίτου πάνω στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, και έπειτα στην περιοχή του Μανταμάδου. Στο νότιο κομμάτι της Λέσβου παρατηρείται απουσία συστάδας ατυχημάτων για το μήνα Αύγουστο.



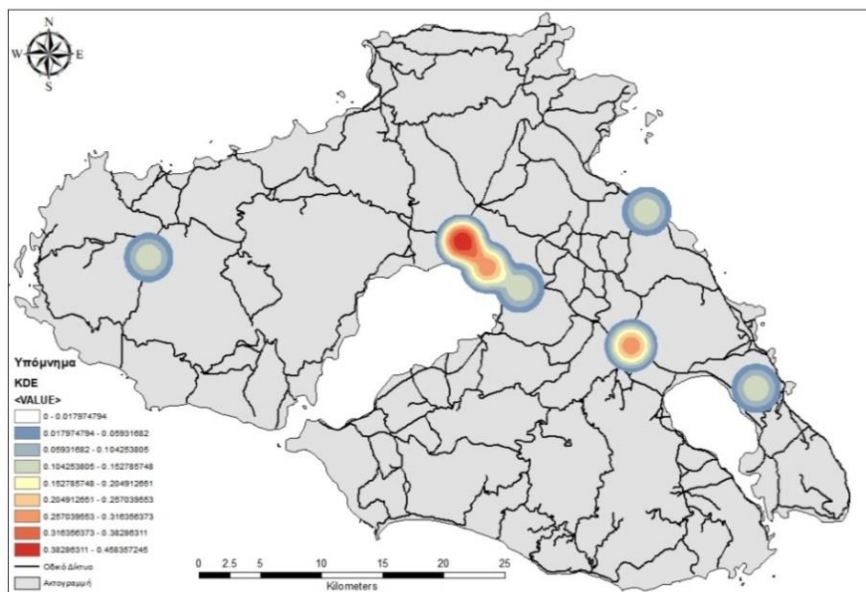
Χάρτης 30. ΚΔΕ για το μήνα Αύγουστο

Προχωρώντας στους φθινοπωρινούς μήνες, η κίνηση λόγω της τουριστικής σεζόν μειώνεται. Το μήνα Σεπτέμβριο όπως φαίνεται στο χάρτη 31, για το δυτικό κομμάτι της Λέσβου δεν παρατηρούνται συστάδες ατυχημάτων, ενώ το σύνολο τους παρατηρούνται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής και την επαρχιακή οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης. Το πιο σημαντικό σημείο βρίσκεται στο ύψος της κεντρικής οδού ανάμεσα στις διασταυρώσεις Πλωμαριου και Πολυχίτου, κομμάτι της οδού το οποίο αναπτύσσεται υψηλή ταχύτητα από τους οδηγούς.



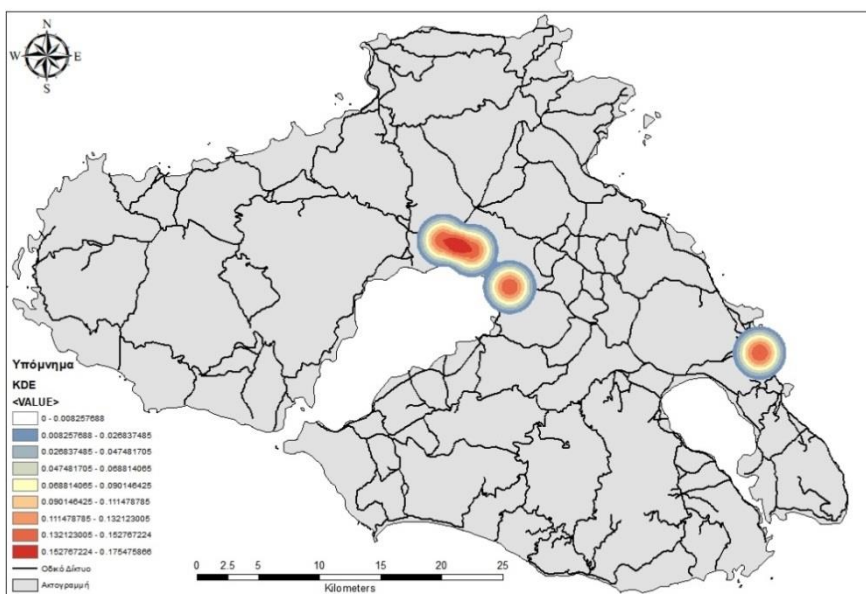
Χάρτης 31. KDE για το μήνα Σεπτέμβρη

Το μήνα Οκτώβρη (Χάρτης 32), τα μόνα στατιστικά σημαντικά σημεία βρίσκονται στην περιοχή της Καλλονής και στην διασταύρωση προς Πολυχίτο. Παρατηρείται μείωση των ατυχημάτων στο σύνολο του οδικού δικτύου με ελάχιστα ατυχήματα στο δυτικό κομμάτι και κανένα στο νότιο.



Χάρτης 32. KDE για το μήνα Οκτώβρη

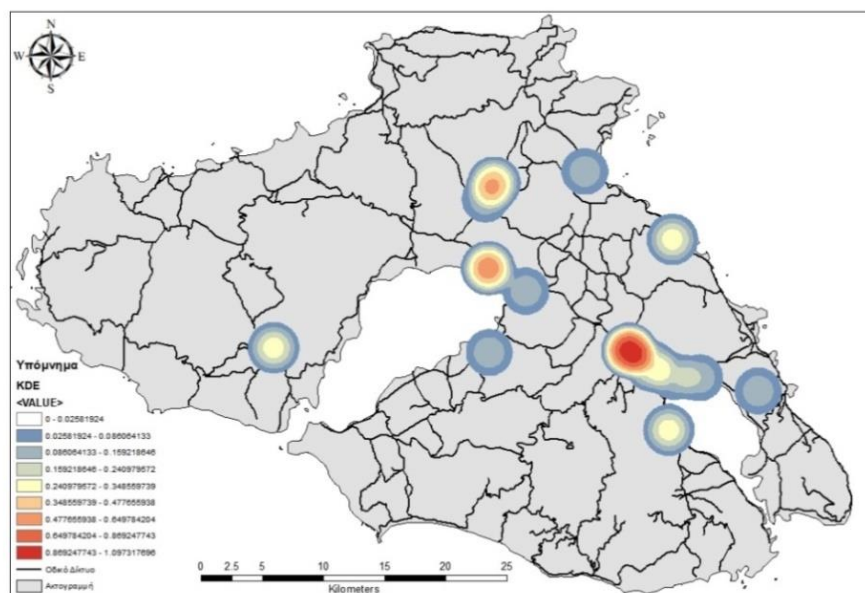
Τέλος, για το μήνα Νοέμβρη, η κίνηση στο οδικό δίκτυ της Λέσβου έχει μειωθεί σημαντικά, με ελάχιστα καταγεγραμμένα ατυχήματα (Χάρτης 33). Τα πιο σημαντικά βρίσκονται στην περιοχή της Καλλονής και στην διασταύρωση της Αχλαδερής κατά μήκος της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής. Επίσης, άλλο στατιστικά σημαντικό σημείο βρίσκεται και στην περιοχή της θερμής, οδός με συχνές στροφές με μη επαρκή ορατότητα και φωτισμό τις νυχτερινές ώρες.



Χάρτης 33. KDE για το μήνα Νοέμβρη

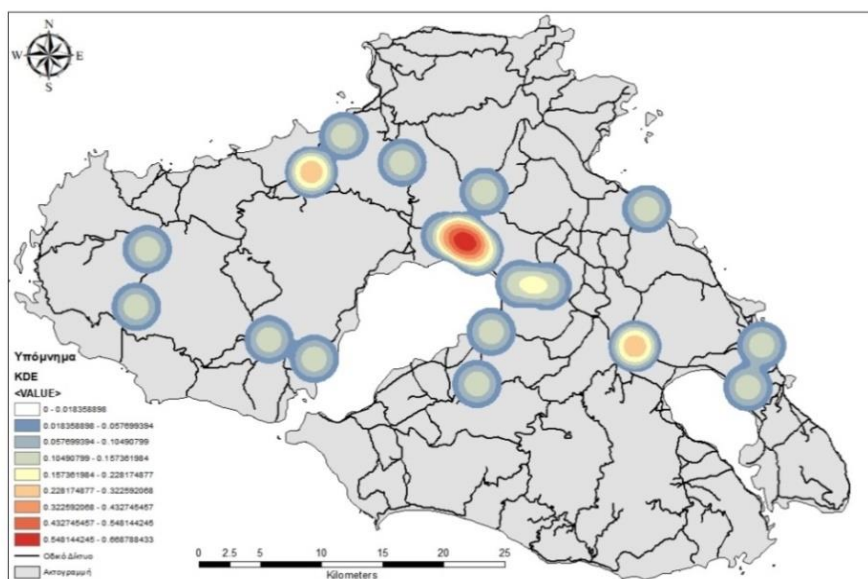
3.2.4 Εκτίμηση πυκνότητας πυρήνα ανά είδος

Η μέθοδος εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα, χρησιμοποιήθηκε επίσης για την εύρεση της κατανομής και την ένταση των συμπλεγμάτων ατυχημάτων ανά είδος. Στο χάρτη 34, παρατηρείται η κατανομή για τον σκαντζόχοιρο (*Erinaceus concolor*). Εντονότερα σημεία φαίνονται στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής και την επαρχιακή οδό Καλλονής – Μανταμάδου. Υπάρχουν καταγραφές και στο δυτικό αλλά και το νότιο κομμάτι της Λέσβου, αλλά χωρίς κάποιο χωρικά στατιστικό σημαντικό σημείο.



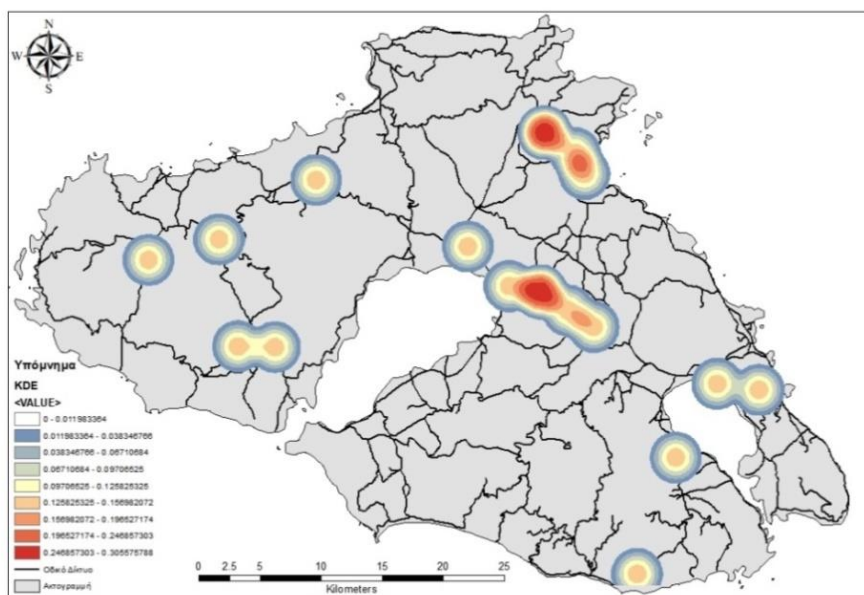
Χάρτης 34. KDE για τους Σκαντζόχοιρους (*Erinaceus concolor*)

Έπειτα, για το δεύτερο είδος με τις περισσότερες καταγραφές, το κουνάβι (*Martes foina*), η κατανομή των ατυχημάτων απλώνεται σε όλη τη Λέσβο, με πιο σημαντικά σημεία στην Περιοχή της Καλλονής (Χάρτης 35). Αρκετά σημεία φαίνονται να υπάρχουν στο δυτικό κομμάτι της Λέσβου και την διασταύρωση της Αγλαδεράς, από την κεντρική οδό έως την Αγλαδερή. Δευτερεύοντα σημαντικά σημεία καταγράφονται και στην περιοχή το Σκαλωχωρίου και τη διασταύρωση προς Πολυχνίτο επάνω στην κεντρική οδό.



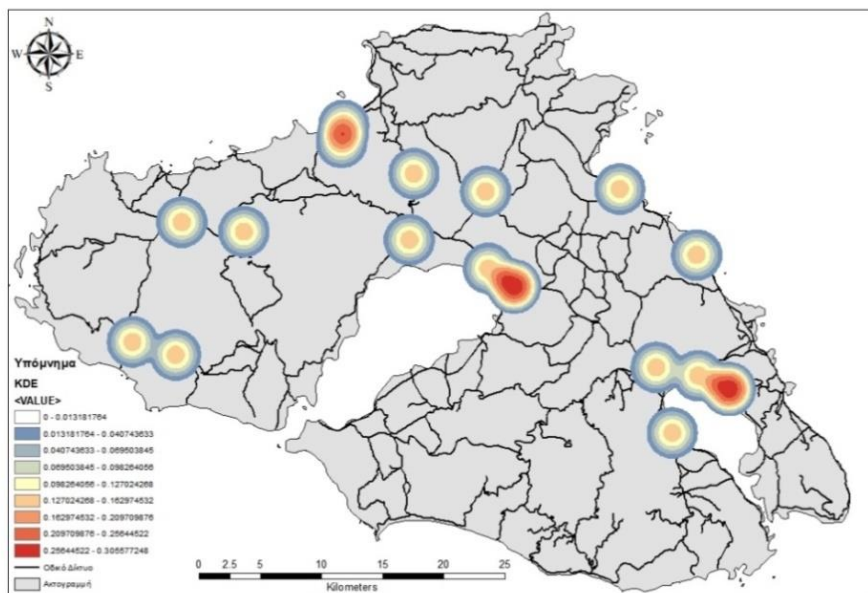
Χάρτης 35. KDE για το κουνάβι (*Martes foina*)

Η κατανομή της κόκκινης αλεπούς (*Vulpes vulpes*), απλώνεται σε όλο το οδικό δίκτυο της Λέσβου, με σημαντικότερες καταγραφές στο δεύτερο μισό της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής και την επαρχιακή οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης, κυρίως στα πρώτα χιλιόμετρα (Χάρτης 36). Λιγότερο στατιστικά σημαντικά σημεία φαίνονται κατά μήκος της οδού, από το Σκαλοχώρι έως την Άγρα και τα πρώτα χιλιόμετρα της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής.



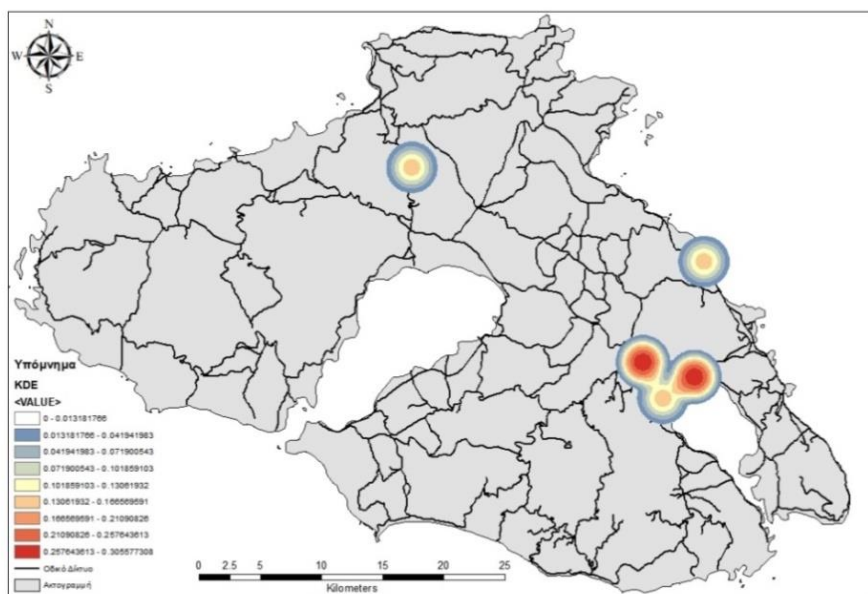
Χάρτης 36. KDE για την Κόκκινη Αλεπού (*Vulpes vulpes*)

Στο οδικό δίκτυο της Λέσβου, η κατανομή των ατυχημάτων με θύματα πτηνά φαίνεται στο Χάρτη 33. Καταγραφές υπάρχουν σε όλα τα τμήματα της Λέσβου, με μικρότερη παρουσία στο νότιο κομμάτι. Οι πιο στατιστικά σημαντικές συστάδες ατυχημάτων βρίσκονται στα πρώτα χιλιόμετρα Μυτιλήνης – Καλλονής, στη διασταύρωση προς Αγλαδερή επάνω στην ίδια οδό, και στην περιοχή της Ανάξου.



Χάρτης 37. KDE για τα πτηνά

Τα ατυχήματα με ερπετά στο οδικό δίκτυο της Λέσβου και η κατανομή τους απεικονίζονται στο Χάρτη 34. Υπάρχει απουσία καταγραφών στο δυτικό και νότιο τμήμα του νησιού, με σημαντικότερα συμπλέγματα τα πρώτα χιλιόμετρα της κεντρικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής, έως το ύψος της διασταύρωσης Πολυχνίτου.



Χάρτης 38. KDE για τα ερπετά

Τέλος, οι για το Ασιατικό σκίουρο (*Sciurus anomalus*) υπήρχαν μόνο τρεις καταγραφές κατά την διάρκεια της έρευνας, το οποίο δεν επιτρέπει την μέθοδο εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα (KDE).

3.3 Σύγκριση και ταξινόμηση βάσει σημαντικότητας ομάδων

Με την μέθοδο της εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα (KDE), μελετήθηκε η κατανομή και η ένταση συμπλεγμάτων οδικών ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Με την μέθοδο εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα (KDE+) είναι εφικτό να συγκρίνουμε τα συμπλέγματα μεταξύ τους και να τα ταξινομήσουμε με βάση τη στατιστική σημαντικότητά τους. Οι δρόμοι της Λέσβου που μελετηθήκαν στην παρούσα έρευνα χωρίστηκαν σε εννέα τμήματα για τη μελέτη κάθε οδικού άξονα ξεχωριστά, και μετρήθηκε το μήκος τους για τους τεχνικούς σκοπούς διεξαγωγής της μεθόδου. Έπειτα, μετρώντας τη θέση της κάθε καταγραφής ατυχημάτων από της αρχής του εκάστοτε τμήματος που βρισκόταν, τοποθετήθηκαν στο πρόγραμμα KDE+ και προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα (πίνακας 5).

Sections	Length	Points (events)	Clusters	Details
1	38,254	48	8	
2	14,251	7	1	
3	33,375	11	0	
4	27,597	7	1	
5	30,062	0	0	
6	21,534	3	0	
7	38,942	11	1	
8	36,115	8	0	
9	25,573	6	0	

Πίνακας 5. Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης KDE+

Το τμήμα 1, αντιστοιχεί στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής με συνολικό μήκος 38,254 km. Στο τμήμα αυτό καταγράφηκαν 48 ατυχήματα κατά τη διάρκεια της έρευνας και βρέθηκαν με την ανάλυση KDE+ 8 συστάδες. Το τμήμα 2 αντιστοιχεί στην οδό Καλλονής – Μανταμάδο, με μήκος 14,251 km, 7 καταγραφές και 1 συστάδα. Το τμήμα 3, η οδός Μανταμάδο - Μυτιλήνη με 33,375 συνολικά km μήκος και 11 καταγραφές, δεν περιείχε συστάδες. Το τμήμα 4, αντιστοιχεί στο τμήμα από την διασταύρωση Πλωμαρίου στην κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, έως το Πλωμάρι, με 27,597 συνολικά km. Καταγράφηκαν 7 ατυχήματα και η ανάλυση έδειξε 1 συστάδα. Ως τμήμα 5 ορίστηκε η διαδρομή από το Πλωμάρι έως τη Μεγάλη Λίμνη. Τα συνολικά χιλιόμετρα είναι 30,062 με 0 καταγραφές στο τμήμα αυτό, συνεπώς και μηδέν συστάδες. Το τμήμα 6 αρχίζει από την Μεγάλη Λίμνη έως τη διασταύρωση Αχλαδεράς στον κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής. Το μήκος του τμήματος είναι τα 21,534 km, με 3 καταγεγραμμένα ατυχήματα και 0 συστάδες. Το τμήμα 7 με μήκος 38,942 km, ξεκινάει από την Καλλονή έως την Βατούσα. Υπήρχαν 11 καταγραφές, και προέκυψε 1 συστάδα από την ανάλυση KDE+. Ξεκινώντας από την Βατούσα μέχρι την Άγρα ορίστηκε το τμήμα 8, με 36,115 km. Υπήρξαν 8 καταγραφές, χωρίς καμία συστάδα. Τέλος, το τμήμα 9, ορίστηκε από την Άγρα έως την Καλλονή, με σύνολο 25,573 km, 6 καταγραφές και 0 συστάδες.

output1.csv

ID_clus	ID_line	NPts_clus	NPts_line	Strength	Str_Cl_1	Str_Cl_2	Clus_from	Clus_to	Len_clus	Len_line	Dens_Point	Str_Dens2	SD2_Cl_1	SD2_Cl_2	GStr
1	2	3	7	0.623196	0.623196	0.623196	8353	8523	170	14251	1.764706	1.940749	1.940749	1.940749	0.255689
2	4	2	7	0.491016	0.491016	0.491016	5698	5828	130	27597	1.538462	1.162169	1.162169	1.162169	0.054127
3	7	2	11	0.493183	0.493183	0.493183	24427	24557	130	38942	1.538462	1.167298	1.167298	1.167298	0.000713
4	1	2	48	0.471179	0.471179	0.471179	8399	8529	130	38254	1.538462	1.115217	1.115217	1.115217	-0.561283
5	1	3	48	0.665194	0.665194	0.665194	12929	13079	150	38254	2	2.660774	2.660774	2.660774	0.011522
6	1	2	48	0.468537	0.468537	0.468537	14319	14449	130	38254	1.538462	1.108964	1.108964	1.108964	-0.569083
7	1	2	48	0.486811	0.486811	0.486811	14739	14859	120	38254	1.666667	1.352253	1.352253	1.352253	-0.515132
8	1	2	48	0.352625	0.352625	0.352625	25236	25331	95	38254	2.105263	1.562881	1.562881	1.562881	-0.9113
9	1	2	48	0.210547	0.210547	0.210547	30171	30292	121	38254	1.652893	0.575226	0.575226	0.575226	-1.33077
10	1	2	48	0.264219	0.264219	0.264219	31449	31562	113	38254	1.769912	0.827689	0.827689	0.827689	-1.172309
11	1	3	48	0.489535	0.489535	0.489535	33514	33729	215	38254	1.395349	0.953125	0.953125	0.953125	-0.507088

Πίνακας 6. Μεταβλητές για τις συστάδες που προκύπτουν από την στατιστική ανάλυση KDE+

Από την ανάλυση KDE+, προκύπτουν διάφορες μεταβλητές για τις έντεκα συστάδες που προκύπτουν όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 6). Αναλύοντας τα αποτελέσματα, στο Τμήμα 1, την οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, υπάρχουν 8 συστάδες (Παράρτημα: Διάγραμμα Π1), όπου η πρώτη, με σημαντικότητα (strength) 0,471179 βρίσκεται στα 8399 μέτρα από την αρχή του τμήματος με μήκος 130 μέτρα και αποτελείται από δύο σημεία. Η δεύτερη σύσταση στο τμήμα 1, έχει σημαντικότητα 0,665194 και απέχει 12929 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με μήκος 150 μέτρα και αποτελείται από 3 καταγραφές. Η τρίτη σύσταση, έχει σημαντικότητα 0,468537, και βρίσκεται 14319 μέτρα από την αρχή του τμήματος, το οποίο αποτελείται από 2 σημεία και έχει μήκος 130 μέτρα. Η τέταρτη σύσταση βρίσκεται 14739 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με σημαντικότητα 0,486811, μήκος 120 μέτρα και αποτελείται από 2 καταγραφές. Η πέμπτη σύσταση του τμήματος 1, έχει σημαντικότητα, 0,352625 και βρίσκεται 25236 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με μήκος 95 μέτρα και αποτελείται από 2 καταγραφές. Η έκτη σύσταση του τμήματος 1, βρίσκεται 30171 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με σημαντικότητα 0,210547, μήκος 121 μέτρα και αποτελείται από 2 σημεία. Το έβδομο σημείο του τμήματος 1, με σημαντικότητα 0,264219 και μήκος 113 μέτρα βρίσκεται 31449 μέτρα από την αρχή του τμήματος και αποτελείται από 2 σημεία. Το όγδοο και τελευταίο σημείο του τμήματος 1, αποτελείται από 3 σημεία με μήκος 215 μέτρα και βρίσκεται 33514 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με 0,489535 σημαντικότητα.

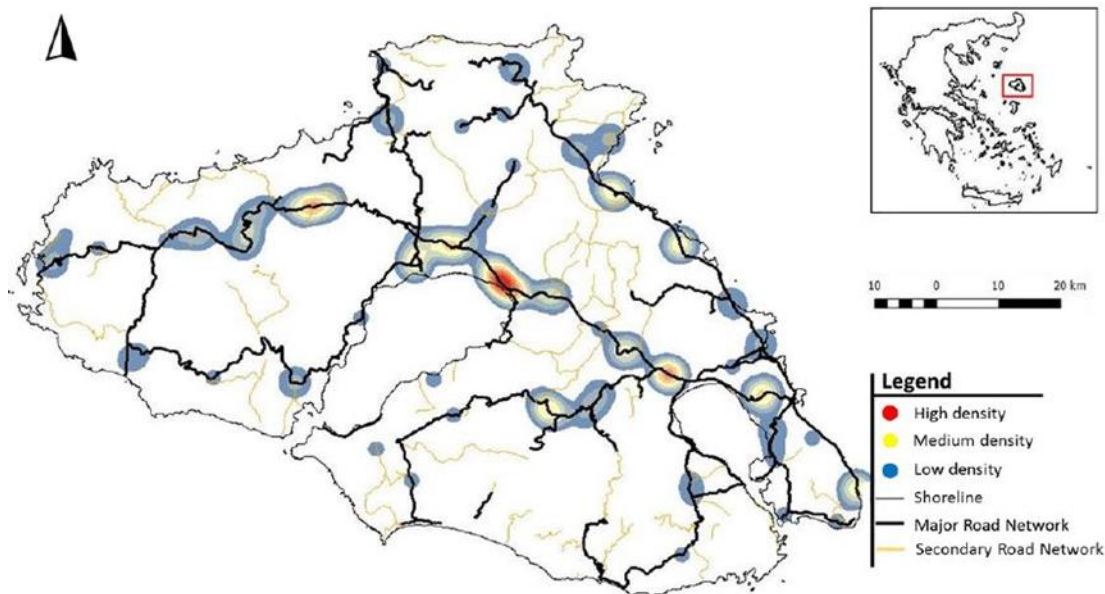
Συνεχίζοντας στο τμήμα 2 (Παράρτημα: Διάγραμμα Π2), την οδό Καλλονής – Μανταμάδο, παρατηρείται μία σύσταση με 8353 μέτρα από την αρχή του τμήματος και μήκος 170 μέτρα, σημαντικότητα 0,623196 και αποτελείται από 3 σημεία. Στο τμήμα 4 (Παράρτημα: Διάγραμμα Π3), στο κομμάτι από την διασταύρωση Πλωμαρίου επί της κεντρικής οδού, έως το Πλωμάρι, η σύσταση αποτελείται από 2 σημεία. Βρίσκεται 5698 μέτρα από την αρχή του τμήματος, με σημαντικότητα 0,491016 και 130 μέτρα μήκος. Η τελευταία σύσταση από την ανάλυση KDE+, βρίσκεται στο τμήμα 7 (Παράρτημα: Διάγραμμα Π4), από την Καλλονή έως τη Βατούσα. Με σημαντικότητα 0,493183, βρίσκεται 24427 μέτρα από της αρχή του τμήματος και αποτελείται από 2 σημεία με μήκος 130 μέτρα. Περεταίρω, στατιστικά και επεξηγήσεις για τον πίνακα 6 και τα αποτελέσματα της ανάλυσης KDE+, βρίσκονται στο παράρτημα (Πίνακας Π1).

4. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκε η θνησιμότητα των χερσαίων σπονδυλωτών από οχήματα στο οδικό δίκτυο της Λέσβου. Με τους ολοένα μεγαλύτερους δρόμους, με μεγαλύτερα όρια ταχύτητας, που διασχίζουν οικοσυστήματα άγριας ζωής, κρίνεται αναγκαίο να μελετηθεί η επίδρασή τους στους πληθυσμούς των ειδών. Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την εξάμηνη διάρκεια της παρούσας έρευνας, καταγράφηκε ένας σημαντικός αριθμός οδικών ατυχημάτων. Ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων λόγω των δρόμων και η πίεση που ασκείται στους πληθυσμούς λόγω των ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου, έχει αρνητικές συνέπειες για τη βιωσιμότητα και την κατανομή τους. Με βάση αυτό, η παρούσα εργασία προσπαθεί να απαντήσει στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Που και πως κατανέμεται το σύνολο των οδικών ατυχημάτων στη Λέσβο;
- Υπάρχουν εποχιακές διακυμάνσεις στον αριθμό και την ένταση των συμπλεγμάτων οδικών ατυχημάτων;
- Ποια είδη ή κατηγορίες ειδών πλήττονται περισσότερο από τα οδικά ατυχήματα στη Λέσβο;

Σχετικά με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, η πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων σημειώθηκε στον κεντρικό δρόμο Μυτιλήνης – Καλλονής. Από τα 101 ατυχήματα στην παρούσα έρευνα, τα 48 συνέβησαν στην κεντρική οδό. Αυτό ισοδυναμεί με σχεδόν τα μισά καταγεγραμμένα ατυχήματα. Σημαντικά σημεία πάνω στην κεντρική οδό, αποτελούσαν οι διαστρώσεις προς δημοφιλείς προορισμούς στη Λέσβο. Πιο συγκεκριμένα, με τις αναλύσεις Hotspot και KDE, παρουσιάστηκαν σημαντικά συμπλέγματα ατυχημάτων στις διασταυρώσεις προς Πλωμάρι, Πολυχνίτο και Αχλαδερή. Σημαντικά συμπλέγματα προέκυψαν και στις επαρχιακές οδούς Καλλονής – Μολύβου και Άντισσας – Σκαλοχωρίου, καθώς και στην περιοχή του Μανταμάδου. Αυτό ερμηνεύεται από την έλλειψη επαρκούς φωτισμού κατά τις νυχτερινές ώρες και τις συχνές στροφές χωρίς ορατότητα. Από την ανάλυση KDE+ οι συστάδες που προέκυψαν, αριθμούνται σε 11. Τα πιο σημαντικά από αυτά βρίσκονται στο δέκατο τρίτο χιλιόμετρο Μυτιλήνης – Καλλονής, μια ευθεία με μεγάλο μήκος όπου οι οδηγοί αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες, και το όγδοο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού, Καλλονής – Μανταμάδου, ένα κομμάτι του δρόμου όπου δεν υπάρχει επαρκής φωτισμό τις νυχτερινές ώρες και αποτελείται από αρκετές στροφές με μηδενική ορατότητα. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν και με την έρευνα που ξείνησε το 2017, στη Λέσβο, από το Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας (Zannetos et al., 2019) (Χάρτης 39).



Χάρτης 39. Θέσεις υψηλών συγκεντρώσεων οδικών ατυχημάτων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο εκτίμησης πυκνότητας πυρήνα για τη νήσο Λέσβο (Zannetos et al., 2019)

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, η πλειοψηφία των ατυχημάτων κατανέμεται σε σημεία όπου, η κίνηση των οχημάτων είναι αυξημένη ή οι οδηγοί δεν μπορούν να δράσουν ταχύτερα λόγω των συνθηκών.

Εποχιακές διακυμάνσεις στα οδικά ατυχήματα, φαίνεται να υπήρχαν, καθώς τους μήνες της καλοκαιρινής σεζόν τα καταγραφές έφτασαν τις 72, ενώ την φθινοπωρινή σεζόν, μόλις τις 29, παρατηρώντας μια αναλογία δύο προς ένα. Αναλυτικότερα, ο μεγαλύτερος αριθμός καταγραφών υπήρξε τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο με 28 και 33 καταγραφές αντίστοιχα. Από τον μήνα Αύγουστο και μέχρι τον Οκτώβριο οι καταγραφές κυμαίνονταν από 11 έως 14 ανά μήνα ενώ το μήνα Νοέμβριο κατεγράφησαν μόλις 4 ατυχήματα. Για τους καλοκαιρινούς μήνες η κατανομή των ατυχημάτων στο νησί απλώνεται σε όλα τα τμήματα του νησιού, με σημαντικότερα συμπλέγματα στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού. Τους φθινοπωρινούς μήνες, οι αναλύσεις Hotspot και KDE έδειξαν την μείωση των καταγραφών στο σύνολο της Λέσβου, με σχεδόν καθόλου καταγραφές στο δυτικό κομμάτι και μηδενικές στο νότιο. Το σύνολο των καταγραφών συνέβη στο κεντρικό άξονα του νησιού, στην Κεντρική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής και στην επαρχιακή οδό Μανταμάδου – Μυτιλήνης, όπου οι οδηγοί αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες.

Συμπεραίνοντας λοιπόν, η τουριστική σεζόν έχει αρνητική επίδραση στην βιοποικιλότητα του νησιού, όχι απαραίτητα μόνο από τους τουρίστες αλλά πιθανώς και από την αυξημένη επιχειρηματική κίνηση στο νησί. Η κατανομή των ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο αλλάζει κατά την μετάβαση από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο, υποδηλώνοντας περαιτέρω την επίδραση του τουρισμού στο νησί. Επιπρόσθετα, οι εποχιακές διακυμάνσεις μπορεί να οφείλονται και στην οικολογία των ειδών, όπως η

μεγαλύτερη κινητικότητα τους λόγω αναπαραγωγικής περιόδου και μείωση της κινητικότητας λόγω θεοκρασιών ή της φύλαξη των φωλιών έπειτα από γέννες.

Το είδος που είχε τις πιο πολλές καταγραφές ατυχημάτων στην παρούσα έρευνα ήταν ο σκαντζόχοιρος με 29 καταγραφές. Αυτό αποτελεί σχεδόν το ένα τρίτο των καταγραφών, υποδηλώνοντας το πόσο αρνητική επίδραση έχουν οι δρόμοι στην βιωσιμότητα του είδους και της οικολογία του. Το αμέσως επόμενο είδος με τις περισσότερες καταγραφές ήταν το κουνάβι, με 24 καταγραφές, το οποίο αποτελεί το ένα τέταρτο των συνολικών καταγραφών. Η καλοκαιρινή σεζόν συμπίπτει με την περίοδο αναπαραγωγής των κουναβιών, που πιθανώς η αυξημένη κίνηση των οχημάτων εκείνη την περίοδο προκαλεί επιπλοκές στην οικολογία του. Με το ένα πέμπτο των καταγραφών, βρίσκεται στην τρίτη θέση η κόκκινη αλεπού, με το σύνολο των καταγραφών να παρατηρείται στις 19. Σημαντικό να τονιστεί, ότι από τα 19 ατυχήματα, τα περισσότερα αφορούσαν νεαρά άτομα. Με 18 καταγραφές, έπειτα έρχεται η κατηγορία των πτηνών. Το πιο συχνό είδος ανάμεσα τους ήταν οι κουρούνες και οι γλάροι, χωρίς όμως να υπάρχει κάποιο διακριτό μοτίβο. Διάφορα ερπετά κατεγράφησαν στην έρευνα, με συνολικό αριθμό 8 ατυχημάτων. Από αυτά, τα περισσότερα ήταν χελώνες ή νεροχελώνες, πιθανώς θύματα τροχαίων λόγω της αργής τους διάβασης από τη μια μεριά του οδοστρώματος στην απέναντι. Τρεις σκίουροι κατεγράφησαν επίσης στην παρούσα έρευνα, χωρίς να υπάρχει όμως κάποιο διακριτό μοτίβο.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, από τα παραπάνω ευρήματα, ότι πλήττονται παραπάνω είδη που η διάβαση τους από τη μία μεριά του οδοστρώματος στην απέναντι κρίνεται αργή, με συνέπεια την παραπάνω έκθεση τους στον κίνδυνο. Άλλος κύριος λόγος, θνησιμότητας στους πληθυσμούς, είναι η απειρία, όπως βλέπουμε στα άτομα της κόκκινης αλεπούς με την πλειοψηφία να πλήττονται νεαρά άτομα, τα οποία δεν έχουν ακόμα διδαχθεί τους κινδύνους σύγκρουσης με οχήματα.

Ολοκληρώνοντας, την έρευνα αυτή, είναι αναγκαίο να προταθούν λύσεις στο πρόβλημα των οδικών ατυχημάτων με θύματα την άγρια ζωή στη Λέσβο και να τονιστούν αδυναμίες για να καθοδηγηθούν επόμενες μελέτες, βάσει αυτών. Τονίζεται, ότι κύριοι παράγοντες των ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Λέσβου βρέθηκαν να είναι η αυξημένη κίνηση των οχημάτων, ο μη επαρκής φωτισμός των δρόμων με συνδυασμό τη φυσιογνωμία του οδικού δικτύου (δηλαδή συχνές στροφές χωρίς ορατότητα), και οι μεγάλες ταχύτητες των οδηγών. Προτεινόμενες λύσεις, απευθύνονται προς το Δήμο και τη Νομαρχία, με τη μορφή σημάτων στα τμήματα των δρόμων όπου παρουσιάστηκαν στην έρευνα αυτή ως τα πιο θερμά σημεία για τα οδικά ατυχήματα. Οι πιο συχνοί έλεγχοι για την τήρηση του ορίου ταχύτητας τις νυχτερινές ώρες, θα βοηθούσε στην μείωση των ατυχημάτων λόγω υπερβολικής ταχύτητας των οδηγών. Πιθανώς, και η μείωση του μέγιστου ορίου ταχύτητας στο δρόμους με τα πιο θερμά σημεία που προέκυψαν από τις αναλύσεις της έρευνα να βοηθούσε στην περεταίρω μείωση των ατυχημάτων.

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε από τον μήνα Ιούνιο έως το μήνα Νοέμβριο του έτους 2019. Αυτό καλύπτει το μισό έτος, εμπεριέχοντας τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Μια πρόταση για μελλοντικές έρευνες είναι η μεθοδολογία να ακολουθηθεί για όλη τη διάρκεια ενός έτους ώστε να τονιστούν πιο σαφέστατα οι υπάρχουσες διακυμάνσεις μεταξύ εποχών. Μια άλλη αδυναμία στη μεθοδολογία, είναι η επιλογή δύο ημερών την εβδομάδα για την πραγματοποίηση της έρευνας. Αυτό είχε πιθανώς σαν αποτέλεσμα, την αδυναμία καταγραφής ορισμένων ατυχημάτων, ίσως λόγω αφαίρεσής τους από τον δρόμο. Επομένως, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η καθημερινή καταγραφή των ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο. Να τονιστεί, όμως ότι αυτό, κρίνεται κοστοβόρο, καθώς τα οχήματα για την διεξαγωγή της έρευνας, έχουν λειτουργικά έξοδα και κόστη συντήρησης. Ο χρόνος που δαπανήθηκε για την καταγραφή των ατυχημάτων ήταν σημαντικός, καθώς όλη η μεθοδολογία ακολουθήθηκε από ένα μόνο άτομο. Μέσος χρόνο για την πραγματοποίηση και των τριών διαδρομών ήταν συνολικά δέκα ώρες. Για την ευκολότερη πραγματοποίηση της, προτείνεται να υπάρχουν περισσότερα άτομα για την εκπόνηση της έρευνας, με σκοπό το μοίρασμα του χρόνου ή και των διαδρομών. Κλείνοντας, προτείνεται στις μελλοντικές έρευνες, πέρα από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στην παρούσα έρευνα, να συλλεχθούν, μορφολογικά χαρακτηριστικά των θυμάτων για την σύγκριση και τη μεγαλύτερη εμβάθυνση των αναλύσεων. Στην παρούσα έρευνα, έγινε απόπειρα συλλογής τους, αλλά πολλές φορές οι συνθήκες των πτωμάτων δεν ήταν κατάλληλες για την καταγραφή τους, λόγω επανειλημμένων χτυπημάτων τους από τα οχήματα. Το πρόβλημα αυτό, αναμένεται να μειωθεί με τη συστηματικότερη παρακολούθηση των διαδρομών. Άλλα στοιχεία που μπορεί να συλλεχτούν για μελλοντικές έρευνες είναι ο χρόνος θανάτου, ο βαθμός κατακερματισμού του τοπίου γύρω από το συμβάν, και τα χαρακτηριστικά του δρόμου, όπως μήκος, όριο ταχύτητας και φωτισμός ανά εκατό μέτρα.

Ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων από τα οδικά δίκτυα της εκάστοτε περιοχής είναι ένα φαινόμενο που ξεκίνησε αρκετά χρόνια πριν και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα καθώς το οδικό δίκτυο της Λέσβου συνεχίζει και αυξάνεται. Παρόλα αυτά, η μελέτη του στην επίδραση πάνω στην άγρια ζωή, είναι σχετικά πρόσφατη. Η σημασία αυτής της έρευνας είναι στο να δείξει την επιτακτική ανάγκη για συστηματικές μελέτες πριν, καθώς και μετά από την ολοκλήρωση νέων τμημάτων του οδικού δικτύου, και ίσως να θέσει παραπάνω κριτήρια στην διαδικασία που λαμβάνεται απόφαση στο πού και πώς θα δημιουργηθεί ένας νέος δρόμος.

Βιβλιογραφία

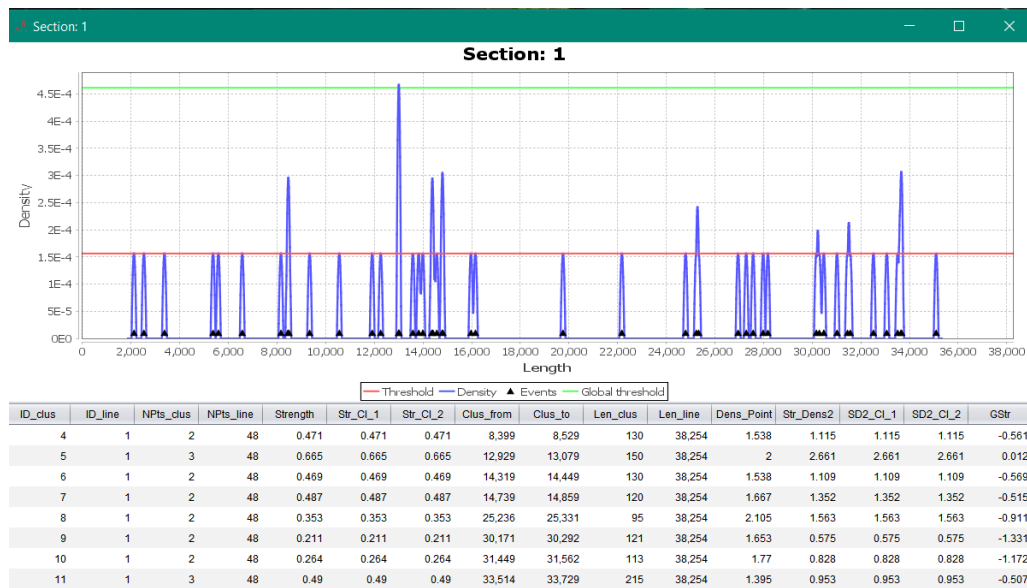
- Andrews, Kimberly, J. Gibbons, and T. Reeder. 2005. "How Do Highways Influence Snake Movement? Behavioral Responses to Roads and Vehicles." *Copeia* 2005:772–82.
- Baddeley, Adrian. 2010. "Multivariate and Marked Point Processes." *Handbook of Spatial Statistics* 371–402.
- Bailey, Trevor C., and Anthony C. Gatrell. 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*. Longman Scientific & Technical.
- Baker, Philip J., Stephen Harris, Charles P. J. Robertson, Glen Saunders, and Piran C. L. White. 2004. "Is It Possible to Monitor Mammal Population Changes from Counts of Road Traffic Casualties? An Analysis Using Bristol's Red Foxes *Vulpes Vulpes* as an Example." *Mammal Review* 34(1–2):115–30.
- Bakker, Martha M., Gerard Govers, Costas Kosmas, Veerle Vanacker, Kristof van Oost, and Mark Rounsevell. 2005. "Soil Erosion as a Driver of Land-Use Change." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105(3):467–81.
- Barthelmess, Erika L., and Margot S. Brooks. 2010. "The Influence of Body-Size and Diet on Road-Kill Trends in Mammals." *Biodiversity and Conservation* 19(6):1611–29.
- Bíl, Michal, Richard Andrášik, and Jiří Sedoník. 2019. "A Detailed Spatiotemporal Analysis of Traffic Crash Hotspots." *Applied Geography* 107:82–90.
- Briz-Redón, Álvaro, Francisco Martínez-Ruiz, and Francisco Montes. 2019a. "DRHotNet: An R Package for Detecting Differential Risk Hotspots on a Linear Network." *ArXiv:1911.07827 [Stat]*.
- Briz-Redón, Álvaro, Francisco Martínez-Ruiz, and Francisco Montes. 2019b. "Identification of Differential Risk Hotspots for Collision and Vehicle Type in a Directed Linear Network." *Accident Analysis & Prevention* 132:105278.
- Caro, T. M., J. A. Shargel, and C. J. Stoner. 2000. "Frequency of Medium-Sized Mammal Road Kills in an Agricultural Landscape in California." *The American Midland Naturalist* 144(2):362–69.
- Chakravorty, Sanjoy. 1995. "IDENTIFYING CRIME CLUSTERS: THE SPATIAL PRINCIPLES." 6.
- Coffin, Alisa W. 2007. "From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads." *Journal of Transport Geography* 15(5):396–406.
- D'Amico, M., J. Román, L. de los Reyes, and E. Revilla. 2015. "Vertebrate Road-Kill Patterns in Mediterranean Habitats: Who, When and Where." *Biological Conservation* 191:234–42.
- D'Amico, Marcello, Stéphanie Périquet, J. Roman, and Eloy Revilla. 2016. "Road Avoidance Responses Determine the Impact of Heterogeneous Road-Networks at a Regional Scale." *Journal of Applied Ecology* 53.
- Forman, Richard, Daniel Sperling, John Bissonette, and Anthony Clevenger. 2003. "Road Ecology: Science And Solutions." *Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press*.
- Fortin, Marie-Josée. 1999. "Spatial Statistics in Landscape Ecology." Pp. 253–79 in *Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications*, edited by J. M. Klopatek and R. H. Gardner. New York, NY: Springer.
- Fotheringham, A. Stewart, Chris Brunsdon, and Martin Charlton. 2000. *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*. SAGE.
- Gaetan, Carlo, and Xavier Guyon. 2010. *Spatial Statistics and Modeling*. New York, NY: Springer New York.
- Greig-Smith, Peter. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. University of California Press.

- Harris, L. D., and J. Scheck. 1999. "From Implications to Applications: The Dispersal Corridor Principle Applied to the Conservation of Biological Diversity." *NCASI Technical Bulletin* (781 I):223.
- Hobday, Alistair J., and Melinda L. Minstrell. 2008. "Distribution and Abundance of Roadkill on Tasmanian Highways: Human Management Options." *Wildlife Research* 35(7):712–26.
- Huijser, Marcel, and Piet Bergers. 2000. "The Effect of Roads and Traffic on Hedgehog (*Erinaceus Europaeus*) Populations." *Biological Conservation* 95:111–16.
- Jaarsma, Catharinus F., Frank van Langevelde, and Hein Botma. 2006. "Flattened Fauna and Mitigation: Traffic Victims Related to Road, Traffic, Vehicle, and Species Characteristics." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 11(4):264–76.
- Kershaw, K. A. 1964. "Quantitative and Dynamic Ecology." *Quantitative and Dynamic Ecology*.
- Kosmas, C., N. G. Danalatos, and St Gerontidis. 2000. "The Effect of Land Parameters on Vegetation Performance and Degree of Erosion under Mediterranean Conditions." *CATENA* 40(1):3–17.
- Kosmas, C., St Gerontidis, and M. Marathianou. 2000. "The Effect of Land Use Change on Soils and Vegetation over Various Lithological Formations on Lesvos (Greece)." *CATENA* 40(1):51–68.
- Nallan, Sreedhar, Leisa Armstrong, Amiya Tripathy, and Pardhasaradhi Teluguntla. 2015. "Hot Spot Analysis Using NDVI Data for Impact Assessment of Watershed Development." *Proceedings - International Conference on Technologies for Sustainable Development, ICTSD 2015*.
- Okabe, Atsuyuki, Toshiaki Satoh, and Kokichi Sugihara. 2009. "A Kernel Density Estimation Method for Networks, Its Computational Method and a GIS-based Tool." *International Journal of Geographical Information Science* 23(1):7–32.
- Okabe, Atsuyuki, and Kokichi Sugihara. 2012. *Spatial Analysis Along Networks: Statistical and Computational Methods*. John Wiley & Sons.
- Périquet, Stéphanie, Lizanne Roxburgh, Aliza le Roux, and Wendy J. Collinson. 2018. "Testing the Value of Citizen Science for Roadkill Studies: A Case Study from South Africa." *Frontiers in Ecology and Evolution* 6.
- Ramp, Daniel, Joanne Caldwell, Kathryn A. Edwards, David Warton, and David B. Croft. 2005. "Modelling of Wildlife Fatality Hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia." *Biological Conservation* 126(4):474–90.
- Silverman, Bernard W. 1986. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. CRC Press.
- Taylor, Brendan D., and Ross L. Goldingay. 2004. "Wildlife Road-Kills on Three Major Roads in North-Eastern New South Wales." *Wildlife Research* 31(1):83–91.
- Trombulak, Stephen, and Christopher Frissell. 2000. "Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities." *Conservation Biology* 14:18–30.
- Waller, Lance A., and Carol A. Gotway. 2004. *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. John Wiley & Sons.
- Zannetos S.P., Zevgolis Y., Christopoulos A., Akriotis T. (2019), Preliminary results of the Lesvos Wildlife Roadkill Monitoring Scheme: implications for mammal conservation, In: "Proceedings of the 14th International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions (ICZEGAR)", pp. 178, 27-30/06/2019, Thessaloniki, Greece.

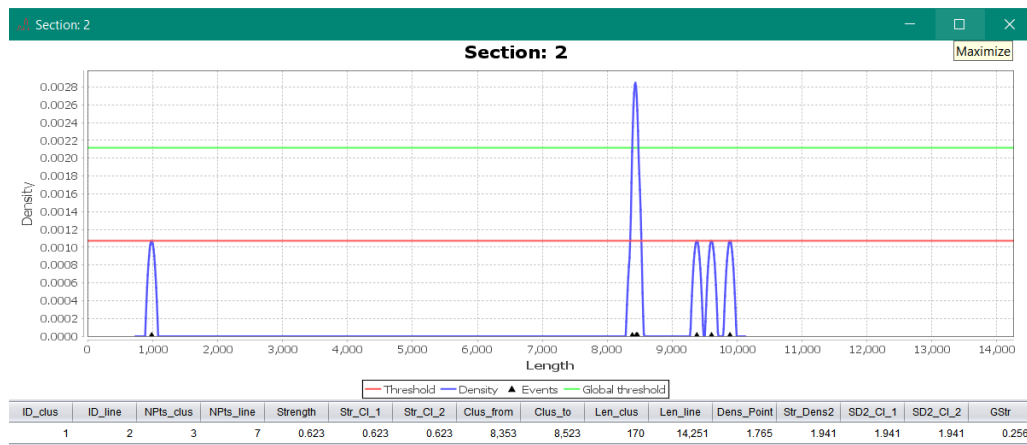
Παράρτημα

ID_clus - ID of the cluster
 ID_line - ID of the line section on which the cluster is located
 NPts_clus - number of points within the cluster
 NPts_line - number of points on the line section on which the cluster is located
 Strength - a relative number which measures the degree of violation of the null hypothesis (uniform distribution of traffic crashes along the road section); cluster strength is important for individual drivers, it represents the individual risk
 Clus_from - relative position of the cluster start point on the section
 Clus_to - relative position of the cluster end point on the section
 Len_clus - length of the cluster
 Len_line - length of the line section
 Dens_Point - density of points within the cluster per 100 m
 Str_Dens2 = Strength*Dens_point^2 (collective risk) - a measure of collective importance of a cluster
 GStr - global strength - suitable for reducing the false alarm rate, possible miss of less important clusters

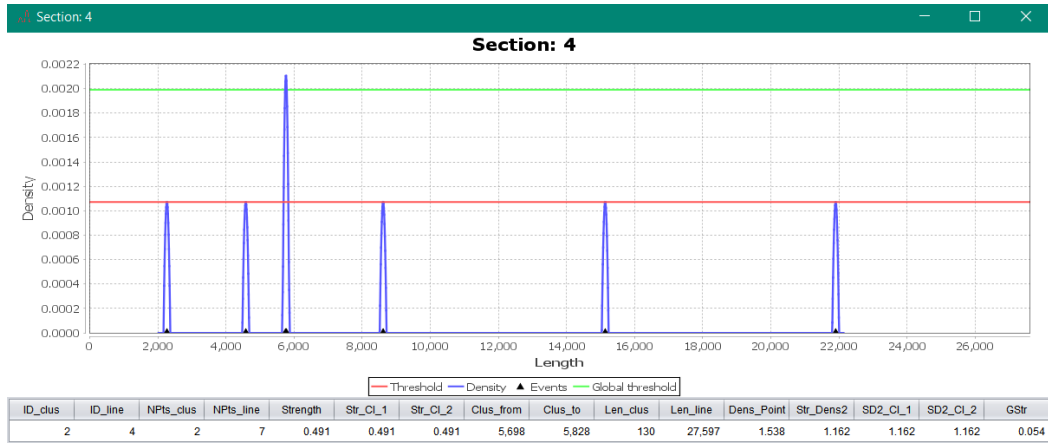
Πίνακας Π1. Επεξηγήσεις ορισμών των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση KDE+



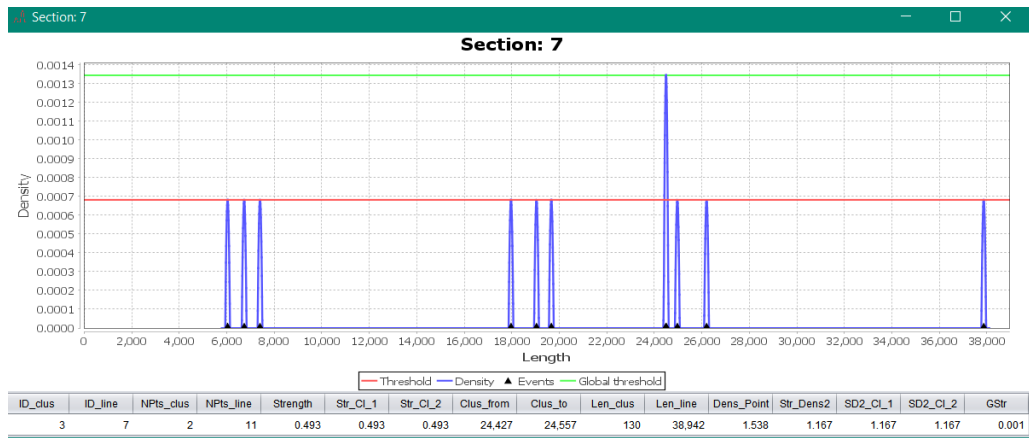
Διάγραμμα Π1. Διάγραμμα και πίνακας του τμήματος 1, όπως προκύπτει από την ανάλυση KDE+



Διάγραμμα Π2. Διάγραμμα και πίνακας του τμήματος 2, όπως προκύπτει από την ανάλυση KDE+



Διάγραμμα Π3. Διάγραμμα και πίνακας του τμήματος 4, όπως προκύπτει από την ανάλυση KDE+



Διάγραμμα Π4. Διάγραμμα και πίνακας του τμήματος 1, όπως προκύπτει από την ανάλυση KDE+



Εικόνα Π1. Όχημα που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή δεδομένων της παρούσας διπλωματικής διατριβής