



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

**«Μακροσκοπική Συσχέτιση Οδικών Ατυχημάτων
και Καιρικών Συνθηκών σε Ευρωπαϊκές Πόλεις»**

Θανάσκο Αρετή

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2019

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας



Η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών, της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, στα οδικά ατυχήματα.

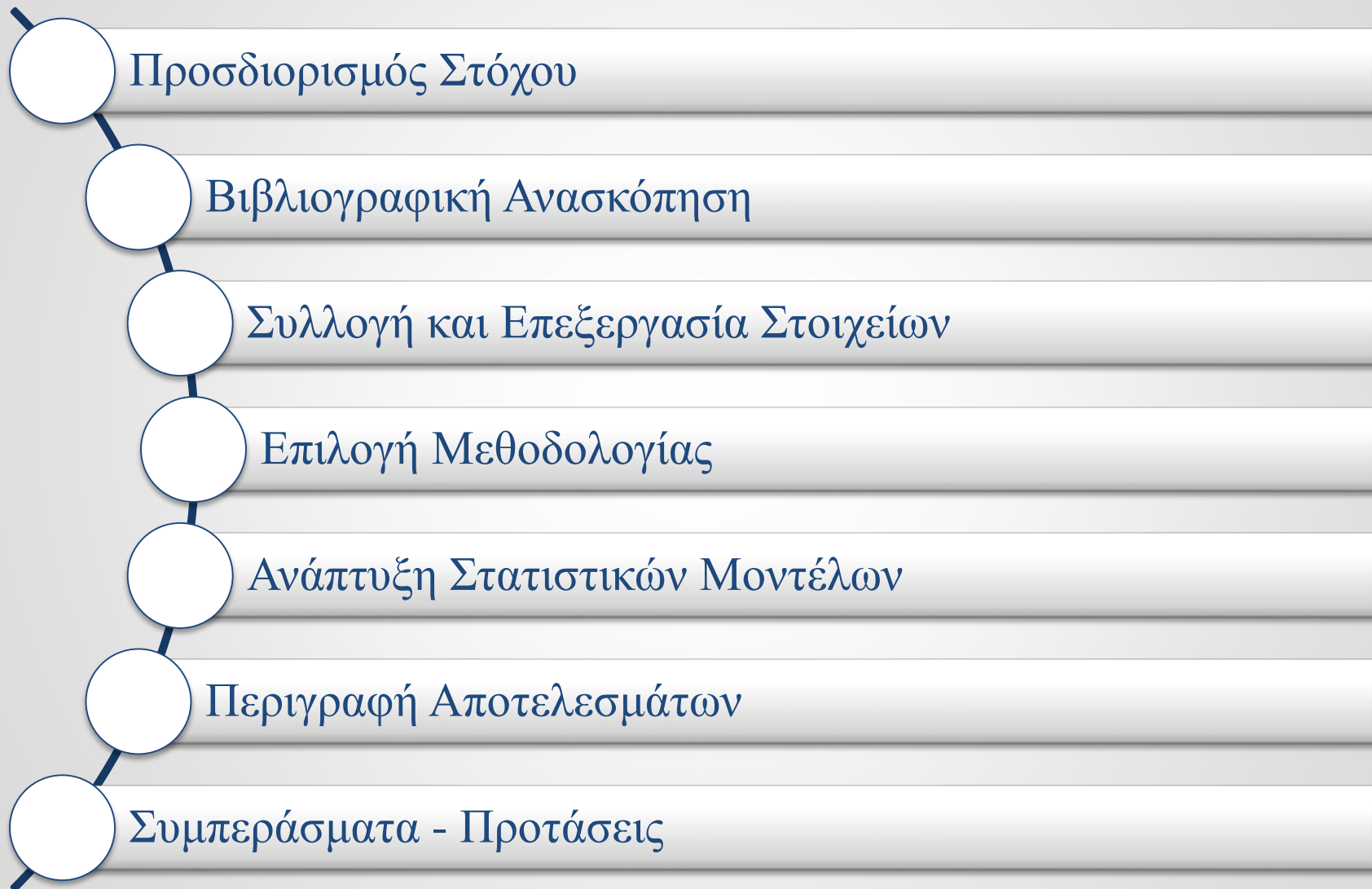


Πραγματοποιήθηκε μακροσκοπική ανάλυση, για διάστημα 27 ετών. Αλλά και ανάλυση για επιμέρους χρονικά διαστήματα.



Προσπάθεια προσέγγισης ολόκληρης της Ευρώπης με επιλογή 14 αντιπροσωπευτικών πόλεων.

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

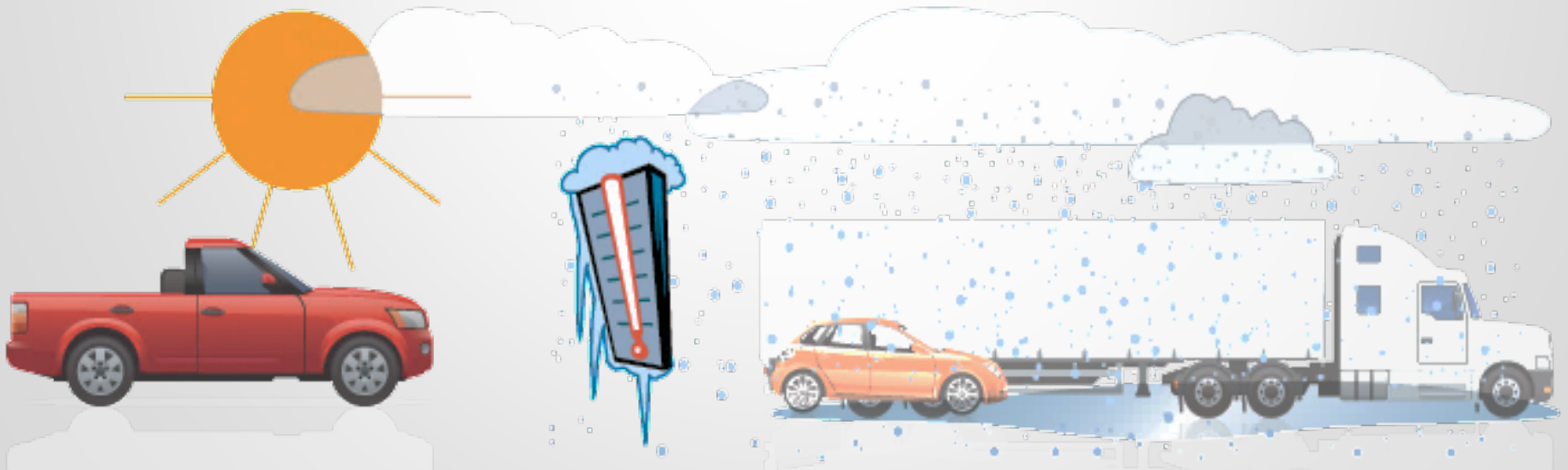


Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

Κύριος παράγοντας που συμβάλλει στα οδικά ατυχήματα είναι οι καιρικές συνθήκες: ομίχλη, βροχόπτωση, θερμοκρασία, χιόνι, άνεμος.



- Από έρευνες ωστόσο προκύπτει ότι οι βασικότεροι παράγοντες είναι η **θερμοκρασία** και η **βροχόπτωση**.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

Θερμοκρασία

Αύξηση θερμοκρασίας = Αύξηση συχνότητας ατυχημάτων (κυκλοφοριακός φόρτος, ψυχική και φυσική κατάσταση οδηγών, αύξηση χρόνου αντίδρασης κ.λπ.)

≠

Αρνητική σχέση θερμοκρασίας και οδικών ατυχημάτων με διαφοροποίηση που οφείλεται στην περιοχή μελέτης.

Βροχόπτωση

Αύξηση βροχόπτωσης = Αύξηση συχνότητας ατυχημάτων (δυσκολία πέδησης, χαμηλή ορατότητα κ.λπ.)

≠

Αρνητική σχέση βροχόπτωσης και ατυχημάτων, κυρίως σε μεσογειακές πόλεις (περιορισμένος αριθμός ευάλωτων χρηστών, πιο προσεκτικοί οδηγοί λόγω μη εξοικείωσης με τη βροχή)

❖ Αντιφατικά συμπεράσματα μεταξύ διαφορετικών ερευνών.

Τι ισχύει τελικά στο σύνολο της Ευρώπης ??

Συλλογή Στοιχείων

Βάση Δεδομένων:

- **Ευρωπαϊκή Βάση Οδικών Ατυχημάτων (CARE)**



Βάση Δεδομένων:

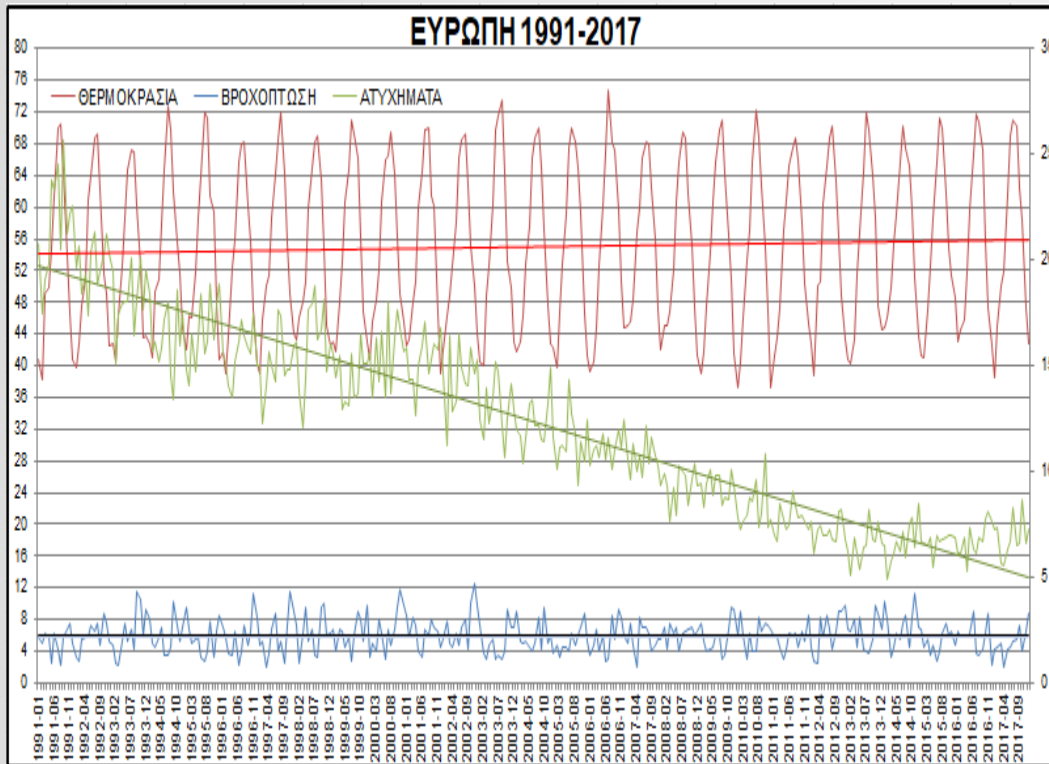
- **Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA)** του Υπουργείου Εμπορίου των ΗΠΑ
- **KNMI Climate Explorer**, διαδικτυακή εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης κλιματικών δεδομένων

Βάση Δεδομένων:

- **Στατιστική Υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EUROSTAT)**

⇒ Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

Επεξεργασία Στοιχείων



- ✓ Μηνιαία δεδομένα ατυχημάτων, θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, για το χρονικό διάστημα 1991-2017.
- ✓ Τα δεδομένα αναφέρονται σε 14 Ευρωπαϊκές πόλεις.
- ✓ Τριμηνιαία δεδομένα κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. για τις εξεταζόμενες πόλεις, για το διάστημα 1995-2017.

Γίνεται ομαδοποίηση των πόλεων:

- Βόρειες Πόλεις: Λουξεμβούργο, Παρίσι, Λονδίνο, Δουβλίνο, Άμστερνταμ, Στοκχόλμη, Λυών, Μπέρμινχαμ
- Νότιες Πόλεις: Αθήνα, Μαδρίτη, Ρώμη, Βαρκελώνη

Γραμμικό Μικτό Μοντέλο

$$\text{Μαθηματική Σχέση: } \mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zu} + \mathbf{e}$$

Περιλαμβάνει τόσο σταθερές όσο και τυχαίες επιδράσεις.

➤ Μεταβλητές:

Σταθερών επιδράσεων:

Παράγοντας (ομάδα πόλεων)
Συμμεταβλητές (TAVG, PRCP)

Στατιστικοί Έλεγχοι

Στατιστική Εμπιστοσύνη Μοντέλου → Κριτήριο Λόγου Πιθανοφάνειας (LRT)

Έλεγχος Σταθερών Επιδράσεων → F-tests

Έλεγχος Συντελεστών Σταθερών Επιδράσεων → t-tests

Έλεγχος Υπολοίπων → Κριτήριο Wald Z

Αποτελέσματα Στατιστικών Μοντέλων (1/2)

1991-2017

$$\text{LNFATALITIES} = 1,083 + 0,053 * \text{PRCP} + 0,008 * \text{TAVG} + 2,077 * \text{GROUP}_{=1} - 0,046 * \text{GROUP}_{=1} * \text{PRCP} - 0,007 * \text{GROUP}_{=1} * \text{TAVG}$$

1991-2005

$$\text{LNFATALITIES} = 1,346 + 0,063 * \text{PRCP} + 0,008 * \text{TAVG} + 2,161 * \text{GROUP}_{=1} - 0,080 * \text{GROUP}_{=1} * \text{PRCP} - 0,007 * \text{GROUP}_{=1} * \text{TAVG}$$

2006-2017

$$\text{LNFATALITIES} = 0,765 + 0,065 * \text{PRCP} + 0,008 * \text{TAVG} + 1,806 * \text{GROUP}_{=1} - 0,045 * \text{GROUP}_{=1} * \text{PRCP}$$

GDPde-TAVGin

$$\text{FATALITIESch} = - 1,103 * \text{GDPde} + 0,725 * \text{TAVGin} - 9,070 * \text{GROUP}_{=1}$$

Όπου: LNFATALITIES: Λογάριθμος ατυχημάτων

PRCP: Βροχόπτωση

TAVG: Θερμοκρασία

GROUP₌₁: Ομάδα νότιων πόλεων

FATALITIESch: Ποσοστιαία μεταβολή ατυχημάτων

GDPde: Μείωση Α.Ε.Π.

TAVGin: Αύξηση θερμοκρασίας

Αποτελέσματα Στατιστικών Μοντέλων (2/2)

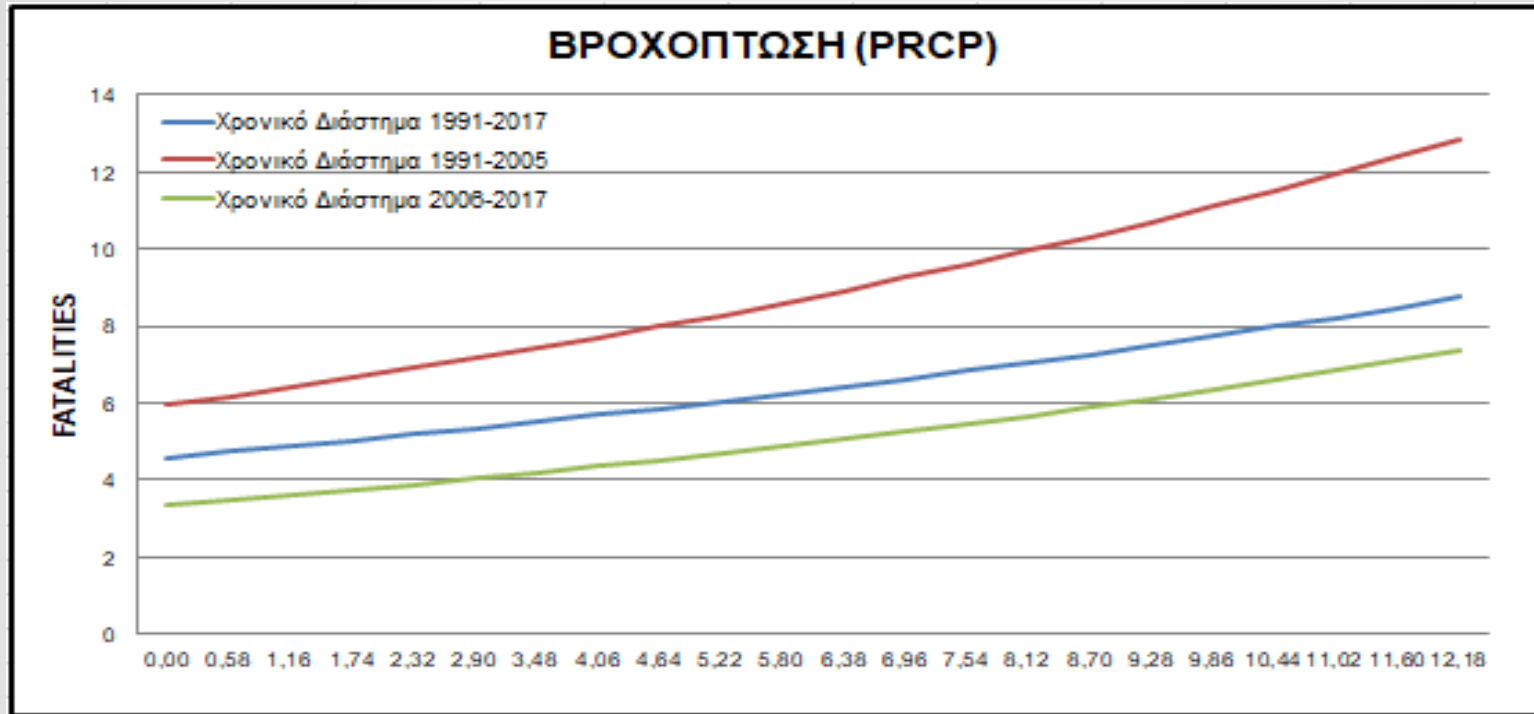
- ✓ Για τα στατιστικά μοντέλα του ενιαίου χρονικού διαστήματος 1991-2017, καθώς και για τα επιμέρους χρονικά διαστήματα 1991-2005 και 2006-2017 παρατηρείται ότι ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων για αύξηση της βροχόπτωσης (PRCP) και αύξηση της θερμοκρασίας (TAVG) αυξάνεται.
- ✓ Σχετικά με την ομάδα των βόρειων πόλεων που αποτελεί και ομάδα αναφοράς των στατιστικών μοντέλων:
 - οι νότιες πόλεις συμβάλλουν περισσότερο στον αριθμό των ατυχημάτων
 - η βροχόπτωση (PRCP) και η θερμοκρασία (TAVG) στις νότιες πόλεις συμβάλλει λιγότερο στον αριθμό των ατυχημάτων
- ✓ Σε σχέση με τη μεταβολή των ατυχημάτων, παρατηρείται ότι:
 - η μείωση του Α.Ε.Π. επιδρά αρνητικά
 - η αύξηση της θερμοκρασίας επιδρά θετικά

Σχετική Επιρροή Ανεξάρτητων Μεταβλητών

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ												
	Χρονικό Διάστημα 1991-2017				Χρονικό Διάστημα 1991-2005				Χρονικό Διάστημα 2006-2017			
Parameter	Estimate	t	Sig.	e _i *	Estimate	t	Sig.	e _i *	Estimate	t	Sig.	e _i *
Intercept	1,083	14,526	0,000		1,346	15,670	0,000		0,765	6,678	0,000	
GROUP ₌₁	2,077	14,373	0,000		2,161	13,075	0,000		1,806	8,048	0,000	
Βροχόπτωση	0,053	5,190	0,000	1,00	0,063	5,446	0,000	1,00	0,065	4,016	0,000	1,00
Θερμοκρασία	0,008	5,531	0,000	3,45	0,008	4,765	0,000	2,90	0,008	3,746	0,000	2,82
GROUP ₌₁ *(Βροχόπτωση)	-0,046	-2,824	0,005		-0,080	-4,400	0,000		-0,045	-1,656	0,098	
GROUP ₌₁ *(Θερμοκρασία)	-0,007	-3,003	0,003		-0,007	-2,476	0,013		-0,005	-1,297		

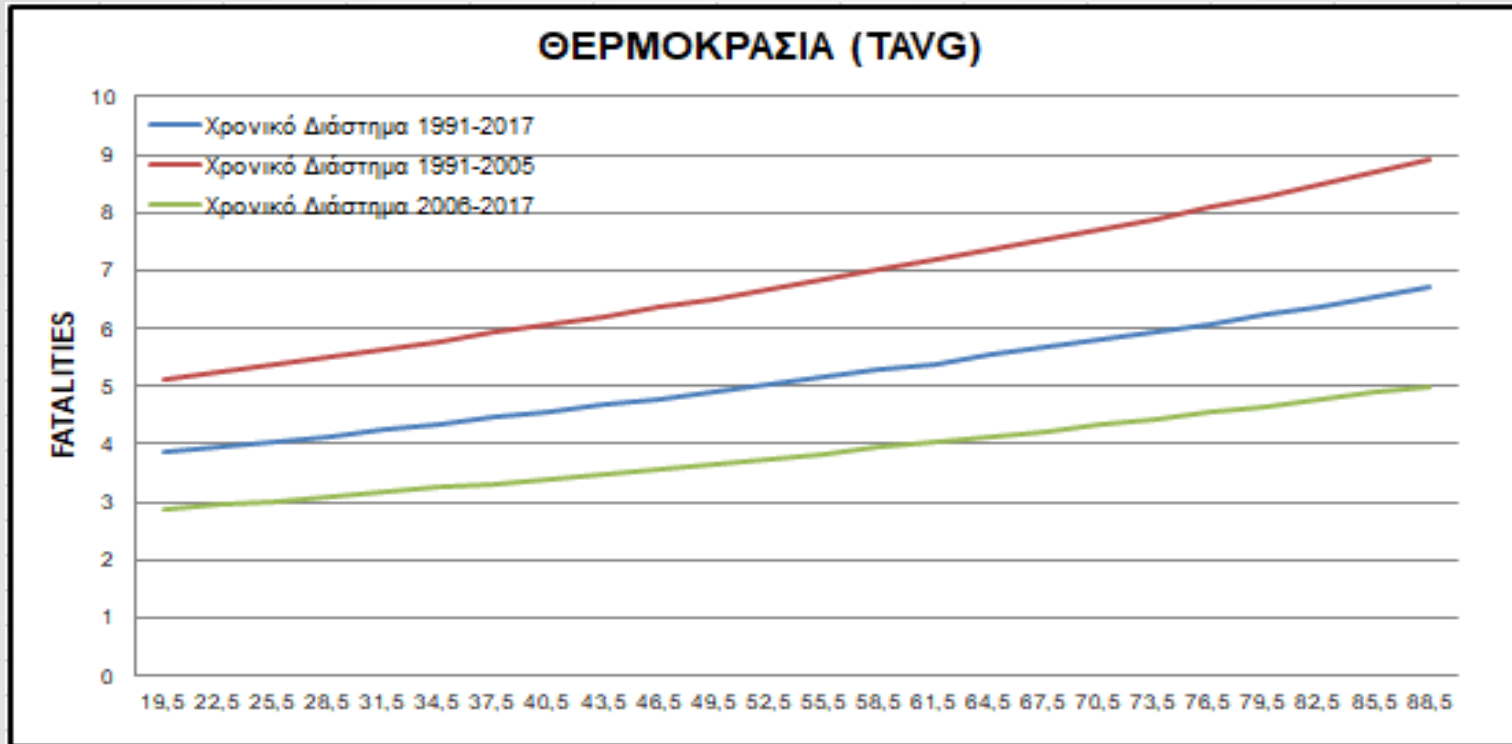
Α.Ε.Π. - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			
	Χρονικό Διάστημα 1995-2017		
Parameter	Estimate	t	Sig.
Intercept			
GROUP ₌₁	-9,070	-2,560	0,011
Μείωση Α.Ε.Π.	-1,103	-1,693	0,091
Αύξηση Θερμοκρασίας	0,725	1,679	0,093

Ανάλυση Ευαισθησίας (1/2)



- Επιβεβαιώνεται ότι αύξηση της βροχόπτωσης, με σταθερή τη θερμοκρασία, επιφέρει αύξηση στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων, σε κάθε μια από τις χρονικές περιόδους.
- Η επιρροή των οδικών ατυχημάτων λόγω της βροχόπτωσης ήταν μεγαλύτερη το χρονικό διάστημα 1991-2005 σε σχέση με τις άλλες χρονικές περιόδους.

Ανάλυση Ευαισθησίας (2/2)



- Αύξηση της θερμοκρασίας, διατηρώντας σταθερή την μεταβλητή της βροχόπτωσης, επιφέρει αύξηση στον αριθμό των οδικών ατυχημάτων, σε κάθε μια από τις χρονικές περιόδους μελέτης.
- Και στην περίπτωση της θερμοκρασίας παρατηρείται ότι το χρονικό διάστημα 1991-2005 η επιρροή της είναι ελάχιστα μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες χρονικές περιόδους.

Συμπεράσματα (1/2)

- ✓ Αύξηση **θερμοκρασίας** συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων, λόγω αύξησης κυκλοφοριακού όγκου.
- ✓ Αύξηση της **βροχόπτωσης** συσχετίζεται θετικά με την αύξηση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων, λόγω μειωμένης πρόσφυσης ελαστικών, κακής ορατότητας κ.λπ.
- ✓ Στο χρονικό διάστημα **1991-2005 σε σχέση με την περίοδο 2006-2017** παρατηρείται:
 - α) μεγαλύτερη επιρροή της βροχόπτωσης, με πιθανή αιτία την εξέλιξη της τεχνολογίας στα οχήματα που οδηγεί σε βελτίωση της πέδησης σε υγρό οδόστρωμα.
 - β) μεγαλύτερη επιρροή της θερμοκρασίας, με πιθανή αιτία τη συνεχιζόμενη βελτίωση της παιδείας των οδηγών σε θέματα οδικής ασφάλειας.

Συμπεράσματα (2/2)

- ✓ Η επιρροή της θερμοκρασίας, σε σχέση με τη βροχόπτωση, για το χρονικό διάστημα 1991-2017 είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες επιρροές που αναφέρονται στα διαστήματα 1991-2005 και 2006-2017.
- ✓ Επιπλέον, από τη σύγκριση μεταξύ των διαστημάτων 1991-2005 και 2006-2017 παρατηρείται ότι στο πρώτο υπάρχει μεγαλύτερη επιρροή θερμοκρασίας έναντι της βροχόπτωσης.
- ✓ Όπως προέκυψε από τη συνολική ανάλυση των αποτελεσμάτων, η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής οδηγεί σε επιβράδυνση της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας.

Προτάσεις

Ο καθορισμός μεταβλητών ορίων ταχύτητας, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.

Η εντατικοποίηση της αστυνόμευσης, όταν επικρατούν δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά και σε περιόδους καλοκαιρίας.

Οι εκστρατείες ενημέρωσης σχετικά με τη σωστή οδήγηση και συμπεριφορά υπό βροχή, αλλά και σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες από κατάλληλους φορείς, όπως Υπουργεία, Σχολεία, Δήμοι κ.λπ.

Περαιτέρω Έρευνα

Η μελέτη περισσότερων δεικτών-μεταβλητών όπως ο τύπος οχήματος, τύπος σύγκρουσης, δείκτης σοβαρότητας, δείκτης επικινδυνότητας αλλά και μετεωρολογικοί δείκτες όπως η ομίχλη, ο άνεμος και το χιόνι.

Η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό πόλεων και εκτός Ευρώπης, ώστε να διερευνηθεί η παγκόσμια ισχύς της.

Η επανάληψη της έρευνας σε βάθος χρόνου ώστε να διαπιστωθεί η συσχέτιση της κλιματικής αλλαγής με την οδική ασφάλεια.



**Σας ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

**«Μακροσκοπική Συσχέτιση Οδικών Ατυχημάτων
και Καιρικών Συνθηκών σε Ευρωπαϊκές Πόλεις»**

Θανάσκο Αρετή

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2019