



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΡΑΜΠΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Διπλωματική εργασία

Υπό
ΠΑΠΠΑ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΧΑΝΙΑ 2014

Η διπλωματική εργασία της Παππά Θεοδώρας εγκρίνεται από την εξεταστική επιτροπή :

Παπαμιχαήλ Ιωάννης , Επίκουρος Καθηγητής

Παπαγεωργίου Μάρκος , Καθηγητής

Νικολός Ιωάννης , Αναπληρωτής Καθηγητής

Περιεχόμενα

Ευρετήριο σχημάτων και πινάκων	7
Ευρετήριο διαγραμμάτων	8
Ευχαριστίες	10
Περίληψη	11
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Η έννοια της κυκλοφοριακής συμφόρησης	13
1.2 Περιοχή συγχώνευσης	14
1.3 Μέτρα ελέγχου της κυκλοφορίας	15
1.3.1 Συνέπειες ελέγχου ραμπών εισόδου	15
1.4 Στρατηγικές ελέγχου	16
1.5 Το Θεμελιώδες διάγραμμα	17
1.6 Παρουσίαση προβλήματος	18
2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	19
2.1 Παρουσίαση προβλήματος	19
2.2 Επεξεργασία δεδομένων	21
2.2.1 Δεδομένα	21
2.2.2 Θεμελιώδες διάγραμμα	22
2.2.3 Διάγραμμα κατάληψης	24
2.2.4 Διάγραμμα ροής	25
2.2.5 Διάγραμμα ποσοστού εξομαλυμένων τιμών ροής	26
2.2.6 Διάγραμμα ροής ράμπας	28
2.3 Μέσοι όροι αποτελεσμάτων	28
2.4 Διάγραμμα ροής ράμπας – κυρίως ροής	29
3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	31
3.1 Αποτελέσματα διαγραμμάτων	31
3.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων	31
3.2.1 Γενικές παρατηρήσεις	32
3.2.2 Ανάλυση με βάση τις τιμές του μέσου όρου	33
3.2.3 Ανάλυση με βάση τις τιμές του capacity drop.....	42
3.2.4 Ανάλυση με βάση τις τιμές του ποσοστού του capacity drop	45
3.3 Συσχέτιση ροής ράμπας και ροής κυρίως ρεύματος	49

3.3.1	Ράμπες με κατεύθυνση εκτός του κέντρου της πόλης	51
3.3.2	Ράμπες με κατεύθυνση προς το κέντρο της πόλης	54
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
4.1	Σύνοψη εργασίας	59
4.2	Συμπεράσματα	59
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	61
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σχήμα 1-1 Περιοχή συγχώνευσης	14
Σχήμα 1-2 Θεμελιώδες διάγραμμα	17
Πίνακας 2-1 Χαρακτηριστικά ραμπών εισόδου	20
Χάρτης 2-1 Monash Freeway	20
Πίνακας 3-1 Μέσοι όροι της ροής των ραμπών εισόδου πριν και μετά το capacity drop	33
Πίνακας 3-2 Μέσοι όροι των ποσοστών που αφορούν τη ροή των ραμπών εισόδου πριν και μετά το capacity drop	33
Πίνακας 3-3 Τυπική απόκλιση της ροής των ραμπών εισόδου πριν και μετά το capacity drop	34
Πίνακας 3-4 Τυπική απόκλιση των ποσοστών που αφορούν τη ροή των ραμπών εισόδου πριν και μετά το capacity drop	34
Πίνακας 3-5 Μέγιστες τιμές- Ελάχιστες τιμές – Διασπορά	35
Πίνακας 3-6 Σύγκριση Toorak Rd- Belgrave Hallam Rd	47
Πίνακας 3-7 Σύγκριση Toorak Rd- Heatherton Rd	48
Πίνακας 3-8 Σύγκριση Toorak Rd- Burke Rd	48
Πίνακας 3-9 Σύγκριση Toorak Rd- Gibdon St	48
Πίνακας 3-10 Συντελεστές συσχέτισης των σημείων για τα διαγράμματα συσχέτισης της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά την εμφάνιση του capacity drop	51
Π1 Belgrave Hallam Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες	61
Π2 Belgrave Hallam Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες	61
Π3 Heatherton Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες	62
Π4 Heatherton Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες	63
Π5 Burke Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες	63
Π6 Burke Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες	64
Π7 Gibdon St – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες	65
Π8 Gibdon St – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες	65
Π9 Toorak Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες	66
Π10 Toorak Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες	67

EYPETHPIO ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2-1 Θεμελιώδες Διάγραμμα	23
Διάγραμμα 2-2 Εξομαλυμένο Θεμελιώδες Διάγραμμα	23
Διάγραμμα 2-3 Διάγραμμα κατάληψης	24
Διάγραμμα 2-4 Διάγραμμα ροής	26
Διάγραμμα 2-5 Διάγραμμα ποσοστού εξομαλυμένων τιμών της ροής	27
Διάγραμμα 2-6 Διάγραμμα ροής ράμπας	28
Διάγραμμα 2-7 Συσχέτιση ροής της ράμπας και ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop	30
Διάγραμμα 2-8 Συσχέτιση ροής της ράμπας και ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop	30
Διάγραμμα 3-1 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd	35
Διάγραμμα 3-2 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd	36
Διάγραμμα 3-3 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Burke Rd	36
Διάγραμμα 3-4 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Gibdon St	37
Διάγραμμα 3-5 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd	37
Διάγραμμα 3-6 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν το capacity drop σε σχέση με το ποσοστό του capacity drop	38
Διάγραμμα 3-7 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν το capacity drop σε σχέση με το ποσοστό του capacity drop για όλες τις ημέρες	38
Διάγραμμα 3-13 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd	43

Διάγραμμα 3-14 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd	44
Διάγραμμα 3-15 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Burke Rd	44
Διάγραμμα 3-16 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Gibdon St	45
Διάγραμμα 3-17 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd	45
Διάγραμμα 3-18 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop, Belgrave Hallam Rd 29-08-2013	52
Διάγραμμα 3-19 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop, Belgrave Hallam Rd 29-08-2013	52
Διάγραμμα 3-20 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop, Heatherton Rd 21-08-2013	53
Διάγραμμα 3-21 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop, Belgrave Hallam Rd 21-08-2013	53
Διάγραμμα 3-22 Συσχέτιση εξομαλυσμένων τιμών της ροής της ράμπας και εξομαλυσμένων τιμών της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop, Burke Rd Rd 21-08-2013	54
Διάγραμμα 3-23 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop, Burke Rd Rd 21-08-2013	54
Διάγραμμα 3-24 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop, Gibdon St 20-08-2013	56
Διάγραμμα 3-25 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop, Belgrave Hallam Rd 20-08-2013	56

Διάγραμμα 3-26 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop, Toorak Rd 23-08-2013	57
Διάγραμμα 3-27 Συσχέτιση της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά το capacity drop, Belgrave Hallam Rd 23-08-2013	57

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Παπαμιχαήλ και τον κ. Μάρκο Παπαγεωργίου για την πολύτιμη βοήθειά τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και το σύντροφό μου Κυριάκο για την υποστήριξη τους σε ότι κάνω.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την αύξηση του πλήθους των οχημάτων αλλά και των μετακινήσεων, η χρήση των αστικών και περιαστικών αυτοκινητοδρόμων γίνεται μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται κυκλοφοριακή συμφόρηση σε ολόένα και περισσότερες περιοχές. Η ικανότητα των υποδομών τους περιορίζεται, και δυσχεραίνεται η χρήση των αυτοκινητοδρόμων. Η λύση στο πρόβλημα δεν μπορεί να είναι πάντα η ανάπτυξη νέων υποδομών, αλλά ο έλεγχος της κυκλοφορίας που μπορεί να αξιοποιήσει αυτές τις υποδομές καλύτερα.

Η παρούσα εργασία διερευνά δεδομένα που προέρχονται από περιοχές ραμπών εισόδου. Πρόκειται για υποδομές όπου οι κυκλοφοριακές ροές της ράμπας και του κυρίως ρεύματος, συγχωνεύονται στο ίδιο σημείο του αυτοκινητοδρόμου. Όταν η κοινή ροή που έχει δημιουργηθεί, δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από τις υπάρχουσες υποδομές, δημιουργείται συμφόρηση στην περιοχή συγχώνευσης που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφοριακής ροής. Η παρούσα εργασία ερευνά τις συνέπειες που παρουσιάζονται από αυτό το φαινόμενο, με την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τη χρήση στρατηγικής ελέγχου, η οποία βοηθά στην αύξηση της κυκλοφοριακής ροής και στην ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων εντός του αυτοκινητοδρόμου.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη δημιουργία των αστικών δικτύων και την εξέλιξή τους, έγινε πιο επιτακτική η ανάγκη για ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων που διευκολύνουν την κυκλοφορία και διαμορφώνουν ασφαλέστερες και πιο ευνοϊκές συνθήκες μετακίνησης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ποικίλουν τόσο με τις ανάγκες των χρηστών τους, όσο και με την ιδιομορφία και τα χαρακτηριστικά των υποδομών των οδικών δικτύων.

Τα χαρακτηριστικά που κάνουν αναγκαία τη δημιουργία μεθόδων ή την εξέλιξή τους σε μακροσκοπικό επίπεδο μπορούν να είναι η περιοχή στην οποία βρίσκεται ο υπό εξέταση αυτοκινητόδρομος καθώς και οι χρήστες που εξυπηρετεί. Σε μικροσκοπικό επίπεδο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου, οι λωρίδες που τον απαρτίζουν, το πλήθος των ραμπών εισόδου και εξόδου και οι φωτεινοί σηματοδότες.

Για την υλοποίηση των απαραίτητων ενεργειών που οδηγούν στην καλύτερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά, αλλά και στην αποφυγή συμφόρησης εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση κατάλληλα μέτρα ελέγχου της κυκλοφορίας. Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων προκύπτουν ορισμένα αποτελέσματα και έπειτα ακολουθεί η ανάλυση τους, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται μόνο την ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν κατά την περίοδο της συμφόρησης για τα δεδομένα που την αφορούν.

1.1 Η έννοια της κυκλοφοριακής συμφόρησης

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση εμφανίζεται σε περιοχές, όπου μεγάλος αριθμός οχημάτων προσπαθεί να κάνει χρήση κοινών υποδομών με περιορισμένη ικανότητα. Όταν οι υποδομές αυτές δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες, ορισμένες από τις περιπτώσεις που η συμφόρηση γίνεται αισθητή, είναι οι εξής:

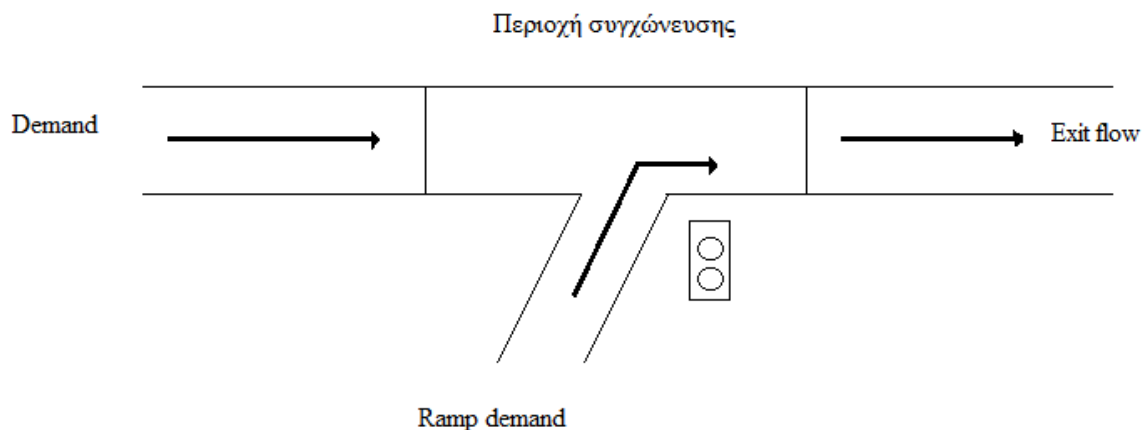
- Όταν η ροή της ράμπας εισόδου (ramp flow) διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και σε συνδυασμό με τη ροή του κυρίως ρεύματος (mainstream flow) υπερβαίνει τη χωρητικότητα του αυτοκινητοδρόμου που μπορεί να εξυπηρετήσει.
- Όταν σε κάποιο σημείο του αυτοκινητοδρόμου έχει συμβεί ατύχημα, βλάβη των φωτεινών σηματοδοτών ή εκτελούνται έργα εντός του αυτοκινητοδρόμου.

Πολύ σημαντικός παράγοντας είναι και οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εκάστοτε ημέρα που εξετάζεται.

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορεί να αποφευχθεί είτε αυξάνοντας τη χωρητικότητα του αυτοκινητοδρόμου, είτε μειώνοντας τη ζήτησή του (Papageorgiou and Kotsialos, 2002). Εξετάζοντας και τα δύο ενδεχόμενα μια λύση που εφαρμόζεται είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου με ανάπτυξη μεθόδων που διευκολύνουν τη χρήση του.

1.2 Περιοχή συγχώνευσης

Για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας και την εξάλειψη της συμφόρησης πρέπει να γίνει εφαρμογή των μέτρων ελέγχου στην περιοχή ακριβώς που εμφανίζεται, δηλαδή στην περιοχή της συγχώνευσης. Όταν τα οχήματα εξέρχονται από τη ράμπα εισόδου και εισέρχονται στο κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου, για κάποιο μήκος του δρόμου η περιοχή εκείνη που προσπαθούν να ενσωματωθούν με το κυρίως ρεύμα καλείται περιοχή συγχώνευσης (Σχήμα 1-1) .



Σχήμα 1.1 Περιοχή συγχώνευσης

Στο Σχήμα 1-1 παρουσιάζονται τα τρία μέρη από τα οποία χαρακτηρίζεται η περιοχή συγχώνευσης. Το τμήμα πριν τη γραμμή αριστερά αφορά τη ροή στο κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου (demand). Η ράμπα εισόδου δίνει ροή στο κυρίως ρεύμα (Ramp demand) μέσω του φωτεινού σηματοδότη, ώσπου καταλήγει στην περιοχή συγχώνευσης, στην οποία συνυπάρχουν η ροή του κυρίως ρεύματος με τη ροή της ράμπας. Από εκείνο το σημείο και έπειτα, η ροή είναι ενιαία στο κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου και ονομάζεται ροή εξόδου (exit flow).

1.3 Μέτρα ελέγχου της κυκλοφορίας

Με σκοπό την καλύτερη ρύθμιση της κυκλοφορίας και τη μείωση των κυκλοφοριακών δυσκολιών, τα μέτρα ελέγχου που λαμβάνονται αφορούν στον περιορισμό της ροής, είτε στην ράμπα εισόδου, είτε στο κύριο ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου. Συγκεκριμένα, τα μέτρα ελέγχου που εφαρμόζονται είναι:

- *Έλεγχος ραμπών εισόδου (ramp metering)*: ο έλεγχος σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιείται με την τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών στο τέλος της ράμπας πριν ενωθεί με το κυρίως ρεύμα.
- *Έλεγχος του κυρίως ρεύματος του αυτοκινητοδρόμου (mainline metering)*: εδώ ο έλεγχος γίνεται με τη χρήση φωτεινών σηματοδοτών στο κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου.
- *Έλεγχος συνδέσμων (Link control)*: ο έλεγχος πραγματοποιείται μέσω ελέγχου των λωρίδων, όρια ταχύτητας κτλ.
- *Πληροφόρηση του οδηγού και συστήματα καθοδήγησης (driver information and guidance systems)*: ο έλεγχος σε αυτή την περίπτωση γίνεται με τη βοήθεια πινακίδων ή μηνυμάτων κτλ.

Για την παρούσα εργασία τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν, προέρχονται από έλεγχο ραμπών εισόδου.

1.3.1 Συνέπειες ελέγχου ραμπών εισόδου

Με την εφαρμογή του ελέγχου ραμπών εισόδου, επιτυγχάνονται τα εξής (Papamichail et al):

- Μείωση της υπάρχουσας και μελλοντικής συμφόρησης στον αυτοκινητόδρομο
- Μείωση του συνολικού χρόνου, συμπεριλαμβανόμενου και των χρόνων αναμονής στις ράμπες εισόδου
- Αύξηση του πλήθους των οχημάτων που εξυπηρετούνται από τον αυτοκινητόδρομο
- Βελτίωση της χρήσης των δυνατοτήτων του αυτοκινητοδρόμου.

Τέλος, οι ουρές που δημιουργούνται στις ράμπες εισόδου, είναι πιθανό να παρακινήσουν τους οδηγούς να χρησιμοποιούν για τις μεταφορές τους, δρόμους εκτός του αυτοκινητοδρόμου. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα επιπλέον ζήτηση για τους δρόμους των υποδικτύων.

1.4 Στρατηγικές ελέγχου

Οι στρατηγικές ελέγχου ραμπών διακρίνονται σε:

- Στρατηγικές σταθερού χρόνου (*Fixed-time ramp metering strategies*): χρησιμοποιούν παλαιότερα δεδομένα ζήτησης.
 - i. Συντονισμένες στρατηγικές ελέγχου (*Coordinated ramp metering strategies*)
- Στρατηγικές πραγματικού χρόνου (*real time ramp metering strategies*): λαμβάνουν μετρήσεις κυκλοφορίας πραγματικού χρόνου.
 - i. Τοπικές στρατηγικές ελέγχου (*Local ramp metering strategies*): κάνουν χρήση μετρήσεων της γύρω περιοχής της ράμπας εισόδου και για κάθε ράμπα εισόδου ανεξάρτητα.
 - ii. Συντονισμένες στρατηγικές ελέγχου (*Coordinated ramp metering strategies*): κάνουν χρήση μετρήσεων από ολόκληρο τον αυτοκινητόδρομο για τη ρύθμιση όλων των ραμπών εισόδου.

Οι συνηθέστερες τοπικές στρατηγικές ελέγχου είναι:

- Στρατηγική ελέγχου ζήτησης-ικανότητας (*Demand-Capacity Strategy (DC)*)
- Στρατηγική ελέγχου κατάληψης (*Occupancy Strategy (OCC)*)
- Στρατηγική ελέγχου ALINEA

Η εξίσωση που διέπει τη στρατηγική ALINEA είναι:

$$q_{AL}(k) = q_{AL}(k-1) + K_I[\bar{o} - o(k-1)]$$

όπου :

k: 1, 2, ..., n διακριτός χρόνος που αντιστοιχεί σε χρονικές περιόδους T των 15,...,60 δευτερολέπτων

$q_{AL}(k)$: η ροή των οχημάτων στη ράμπα την επόμενη χρονική περίοδο k

$q_{AL}(k-1)$: η ροή των οχημάτων στη ράμπα τη χρονική περίοδο k-1

K_I : σταθερά κέρδους

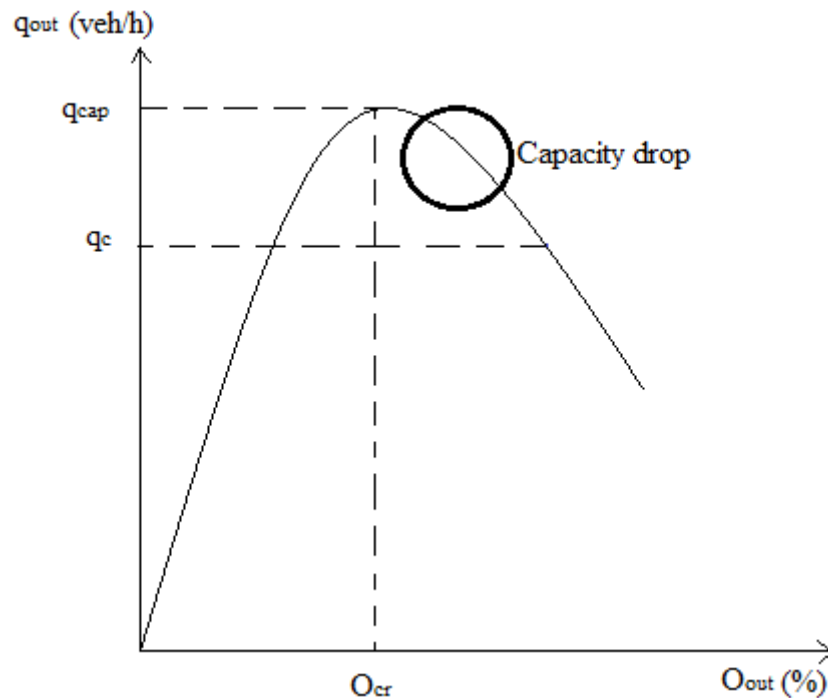
\bar{o} : σταθερή τιμή για το ποσοστό κατάληψης κατάντη της συγχώνευσης

$o(k-1)$: η κατάληψη στην περιοχή συγχώνευσης

Ο όρος \bar{o} , συνήθως παίρνει την τιμή της κρίσιμης κατάληψης O_{cr} όπου η ροή αποκτά τη μέγιστη τιμή της q_{cap} . Η ροή q_{AL} είναι μια φραγμένη τιμή όπου το κάτω όριο της q_{min} είναι η ελάχιστη αποδεκτή τιμή και το άνω όριο της δίνεται από μέγιστη ροή q_{cap} που μπορεί να λάβει η εκάστοτε ράμπα (Papamichail et al 2010).

1.5 Το Θεμελιώδες Διάγραμμα (Fundamental diagram)

Το κυριότερο από τα κριτήρια που βοηθούν στην εξαγωγή των συμπερασμάτων είναι το Θεμελιώδες Διάγραμμα (Σχήμα 1-2). Το Θεμελιώδες Διάγραμμα αναπαριστά τη σχέση μεταξύ του πλήθους των οχημάτων που βρίσκονται στο δίκτυο (ποσοστό κατάληψης του δικτύου) με τη συνολική ροή του δικτύου.



Σχήμα 1-2 Θεμελιώδες διάγραμμα

Όταν οι τιμές της κατάληψης O_{out} είναι μικρές, οι τιμές της ροής εξόδου q_{out} είναι εξίσου μικρές. Αυτό συμβαίνει γιατί τα οχήματα που εισέρχονται στον αυτοκινητόδρομο δεν είναι αρκετά για να προκαλέσουν μεγάλες αλλαγές στη ροή. Επομένως, όταν παρατηρείται αύξηση της κατάληψης, συμβαίνει το ίδιο και για τη ροή. Η ροή εξόδου αυξάνεται μέχρις ότου φτάσει στη μέγιστη δυνατή τιμή που μπορούν να εξυπηρετήσουν οι υποδομές του αυτοκινητοδρόμου, q_{cap} , και σε αυτή τη μέγιστη τιμή αντιστοιχεί η κρίσιμη τιμή της κατάληψης O_{cr} . Η αύξηση της κατάληψης πέρα από την κρίσιμη τιμή O_{cr} , οδηγεί σε μείωση της ροής εξόδου σε μικρότερες τιμές q_c . Η διαφορά της ροής εξόδου q_c από τη ροή q_{cap} ονομάζεται capacity drop. Το capacity drop οδηγεί σε υποβάθμιση των τοπικών υποδομών του αυτοκινητοδρόμου. Έτσι, αποφεύγοντάς το αυξάνεται και η απόδοση του αυτοκινητοδρόμου (Carlson et al 2010) .

1.6 Παρουσίαση προβλήματος

Για τις ανάγκες της εργασίας μελετήθηκαν πέντε συγκεκριμένες περιοχές συγχώνευσης ραμπών εισόδου του περιαστικού αυτοκινητοδρόμου Monash στη Μελβούρνη της Αυστραλίας. Σκοπός είναι η διερεύνηση του φαινομένου της συγχώνευσης, καθώς και των συνεπειών που έχει στην κυκλοφοριακή ροή. Τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν είναι πραγματικά και οι πέντε περιοχές συγχώνευσης αφορούν τις περιοχές κατάντη των ραμπών εισόδου με κατεύθυνση από και προς το κέντρο της Μελβούρνης.

Αφού διερευνήθηκαν οι ημέρες και αποκλείστηκαν εκείνες όπου τα δεδομένα τους παραπέμπουν είτε σε ατυχήματα, είτε σε άλλου είδους καθυστερήσεις, εντοπίστηκε η χρονική στιγμή κατά την οποία εμφανίζεται το capacity drop. Έπειτα, βρέθηκαν τα δεδομένα λίγο πριν ή μετά από το capacity drop για τις μετρήσεις που θεωρήθηκαν ότι μπορεί να βοηθήσουν στην έρευνα, τα οποία και επεξεργάστηκαν. Από την επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε συμφόρηση στις ράμπες εισόδου που οδηγούν στο κέντρο της Μελβούρνης κατά τις πρωινές ώρες και για εκείνες που οδηγούν εκτός του κέντρου της κατά τις απογευματινές ώρες.

Στην επόμενη ενότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν και τα γραφήματα που δημιουργήθηκαν.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στην παρούσα εργασία η διερεύνηση των συνεπειών για την περίοδο της συμφόρησης, πραγματοποιήθηκε με δεδομένα που προήλθαν από τον έλεγχο ραμπών εισόδου (*ramp metering*). Με την τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών μεταξύ των ραμπών εισόδου και του κυρίως ρεύματος, ρυθμίζεται η συγχώνευση της ροής της ράμπας και της ροής του κυρίως ρεύματος.

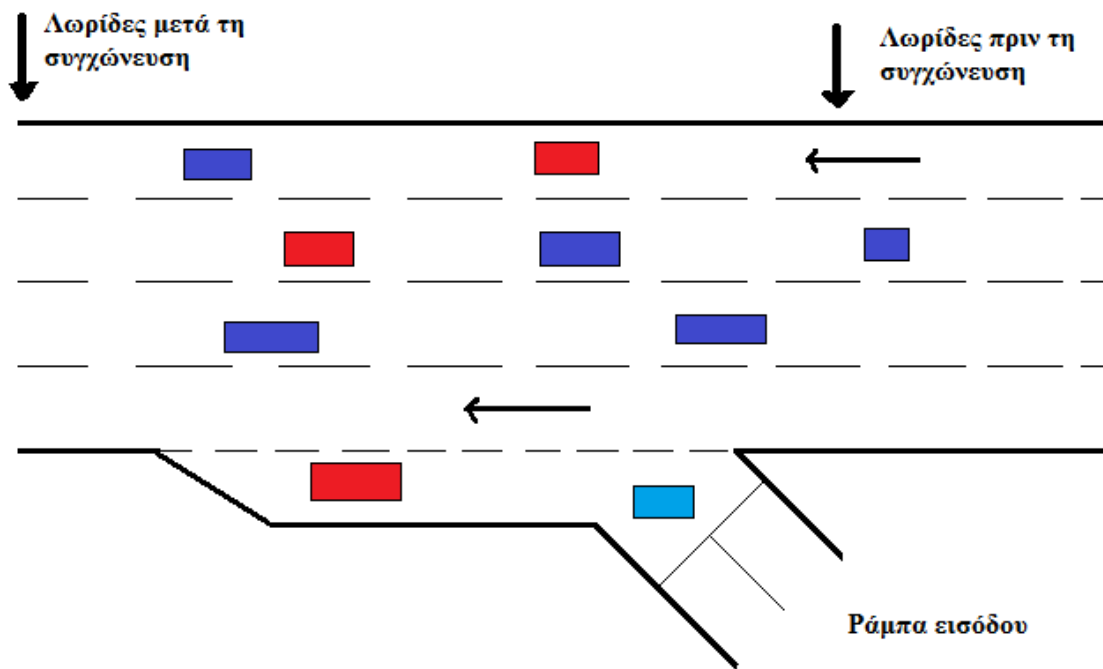
Η ροή που προέρχεται από τις ράμπες εισόδου, ενσωματώνεται με τη ροή του κυρίως ρεύματος του αυτοκινητοδρόμου. Η ροή στο κυρίως ρεύμα κατάντη της συγχώνευσης αυξάνεται, αυξάνοντας τη ζήτηση του αυτοκινητοδρόμου. Τα κυκλοφοριακά προβλήματα δημιουργούνται όταν η ζήτηση στον αυτοκινητόδρομο είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορούν να εξυπηρετήσουν οι υποδομές του.

2.1 Παρουσίαση προβλήματος

Τα δεδομένα που εξετάστηκαν προέρχονται από πραγματικές μετρήσεις του περιαστικού αυτοκινητοδρόμου *Monash* της Μελβούρνης στη Βικτώρια της Αυστραλίας, από πέντε ράμπες εισόδου με κατεύθυνση από και προς το κέντρο της. Οι ράμπες εισόδου που οδηγούν στο κέντρο της πόλης αναφέρονται ως *Inbound* και αυτές που οδηγούν εκτός, αναφέρονται ως *Outbound*. Οι μετρήσεις αντιστοιχούν σε πραγματικά δεδομένα από τρεις εβδομάδες για πέντε εργάσιμες ημέρες ανά εβδομάδα, για κάθε ράμπα.

Οι ράμπες εισόδου που οδηγούν προς το κέντρο της Μελβούρνης είναι οι *Toorak Rd*, *Burke Rd* και *Gibdon St*. Οι ράμπες που οδηγούν εκτός του κέντρου είναι οι *Belgrave Hallam Rd* και *Heatherton Rd*. Η διάταξή τους στον αυτοκινητόδρομο φαίνεται στο χάρτη 2-1.

Εκτός από τη διάταξή τους στον αυτοκινητόδρομο και τον χαρακτηρισμό τους σε σχέση με την κατεύθυνσή τους, έμφαση δόθηκε και σε κάποια ακόμα χαρακτηριστικά, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 2-1.



Σχήμα 2-1 Περιοχή συγχώνευσης

Ακόμη ένα χαρακτηριστικό που αναφέρεται στον Πίνακα 2-1, είναι η ώρα αιχμής για την κάθε ράμπα εισόδου. Η μέτρηση αυτή, είναι η μέση τιμή του χρόνου και προέκυψε από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, μέσω ορισμένων δεδομένων, όπως παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

2.2 Επεξεργασία δεδομένων

Η ενότητα αυτή έχει ως στόχο, την ακριβή επεξήγηση της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις συνέπειες της εμφάνισης του capacity drop.

2.2.1 Δεδομένα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον έλεγχο ραμπών εισόδου συμπεριλήφθηκαν ως δεδομένα στην έρευνα και αφορούν τόσο στη ροή του αυτοκινητοδρόμου (ράμπες εισόδου, κυρίως ρεύμα κατάντη της συγχώνευσης), όσο και στο χρόνο. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν διαγράμματα τα οποία αποτελούν χρονοσειρές των τιμών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, με δεδομένα ανά είκοσι δευτερόλεπτα.

Στην έρευνα συνέβαλαν σημαντικά η ροή της εκάστοτε ράμπας (ramp flow) και η ροή του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης (mainstream flow). Η ροή κατάντη της συγχώνευσης (mainstream flow) λαμβάνει μέρος στη δημιουργία του

Θεμελιώδους Διαγράμματος. Μία μέτρηση που συμπεριλαμβάνεται στη δημιουργία αυτού του διαγράμματος είναι η κατάληψη του αυτοκινητοδρόμου (occupancy). Η τελευταία είναι πολύ βασική μέτρηση, όχι μόνο για την κατασκευή του Θεμελιώδους Διαγράμματος, αλλά και για άλλα διαγράμματα σημαντικά για την εξέλιξη της έρευνας.

Από τις τιμές που αφορούν την κυκλοφοριακή ροή (ροή κατάντη της συγχώνευσης, ροή ράμπας, κατάληψη), δημιουργήθηκαν νέες που δίνουν πιο ξεκάθαρη εικόνα του διαγράμματος και ονομάζονται *εξομαλυμένες τιμές (smoothed values)*. Οι τιμές αυτές προέκυψαν από την εξίσωση :

$$xs(k) = \varepsilon * x(k) + (1 - \varepsilon) * xs(k - 1)$$

όπου :

$k : 1, 2, \dots, n$ διακριτός χρόνος με διαστήματα 20 δευτερολέπτων

$x(k)$: η τιμή του εξεταζόμενου μεγέθους τη χρονική στιγμή k

$xs(k)$: η εξομαλυσμένη τιμή του εξεταζόμενου μεγέθους τη χρονική στιγμή k

$xs(k - 1)$: η εξομαλυσμένη τιμή του εξεταζόμενου μεγέθους τη χρονική στιγμή $k-1$

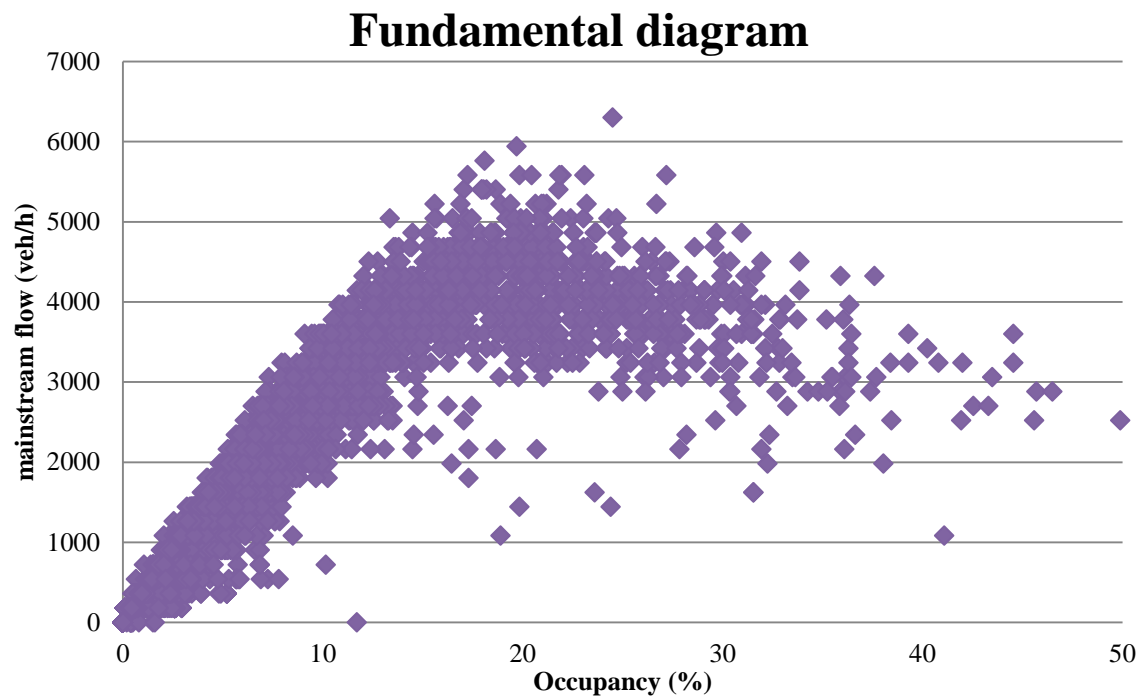
ε : σταθερά με τιμή 0,05.

2.2.2 Θεμελιώδες διάγραμμα

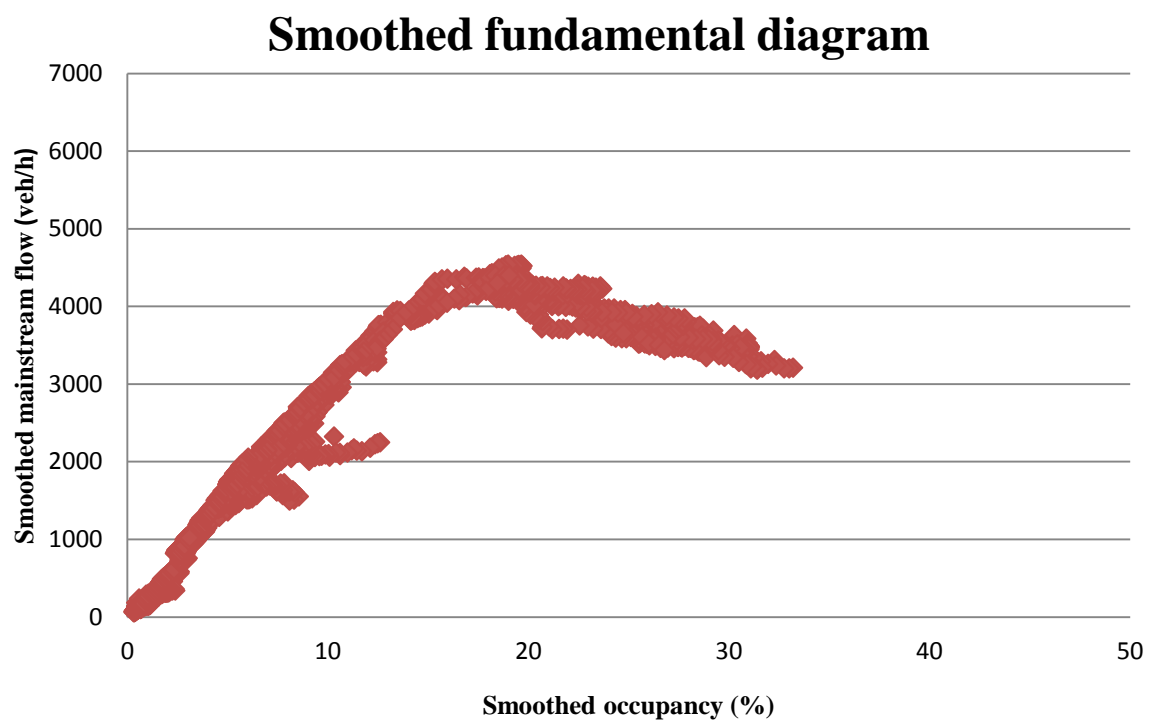
Το κυριότερο από τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν, είναι το Θεμελιώδες Διάγραμμα (Fundamental Diagram) και επιδεικνύει το capacity drop για την εξεταζόμενη ημέρα. Για τη δημιουργία του, χρησιμοποιούνται οι τιμές της ροής κατάντη της συγχώνευσης (mainstream flow) και της κατάληψης (occupancy) (Διάγραμμα 2-1).

Οι μετρήσεις της ροής και της κατάληψης που αντιστοιχούν στην αρχή της ημέρας ξεκινούν από την αρχή των αξόνων. Όταν σε κάποια στιγμή της ημέρας, η κατάληψη και η ροή φτάσουν στις κρίσιμες τιμές τους, δηλαδή τις μέγιστες που μπορούν να ικανοποιήσουν οι υποδομές του αυτοκινητοδρόμου, σταματούν να αυξάνονται. Όταν η κατάληψη τείνει να λάβει τιμές μεγαλύτερες από την κρίσιμη, δημιουργείται πτώση της ροής (βλέπε Ενότητα 1.5).

Με τη βοήθεια του διαγράμματος των εξομαλυσμένων τιμών της ροής (smoothed mainstream flow) και της κατάληψης (smoothed occupancy) (Διάγραμμα 2-2 - Εξομαλυσμένο Θεμελιώδες Διάγραμμα) γίνεται πιο σαφής η απεικόνιση των σημείων στο γράφημα.



Διάγραμμα 2-1 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

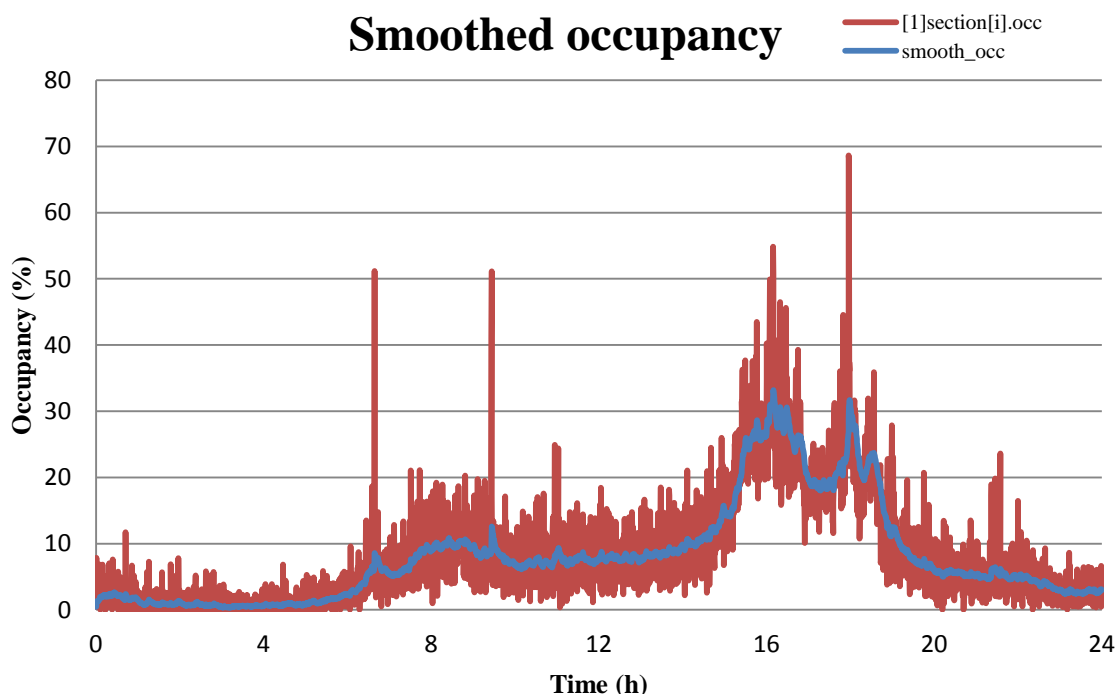


Διάγραμμα 2-2 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

2.2.3 Διάγραμμα κατάληψης

Το διάγραμμα κατάληψης (occupancy) πρόκειται για μία χρονοσειρά, με δεδομένα ανά είκοσι δευτερόλεπτα. Οι μετρήσεις που απαρτίζουν το διάγραμμα ξεκινούν για την αρχή της ημέρας, από την αρχή των αξόνων, και στην πορεία, ανάλογα με την τιμή που λαμβάνει η κατάληψη κάθε χρονική στιγμή, κατασκευάζεται το διάγραμμα και για τις εικοσιτέσσερις ώρες.

Στο Διάγραμμα 2-3 αναπαριστώνται οι μετρήσεις της κατάληψης, και των εξομαλυμένων τιμών της. Με τη βοήθεια των εξομαλυμένων τιμών, γίνεται γνωστή η χρονική στιγμή κατά την οποία η κατάληψη έφτασε στην υψηλότερη τιμή της, το οποίο επαληθεύεται από το *Θεμελιώδες Διάγραμμα*.



Διάγραμμα 2-3 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

Πιο συγκεκριμένα, η συμφόρηση γίνεται εμφανής από το *Εξομαλυμένο διάγραμμα κατάληψης* (Διάγραμμα 2-3) κατά τη χρονική στιγμή που για πρώτη φορά εμφανίζεται η τιμή της μέγιστης κατάληψης. Η τιμή που λαμβάνεται υπόψη είναι η αρχική μέτρηση και όχι η εξομαλυμένη τιμή η οποία κάνει το φαινόμενο σαφές. Η εξομαλυμένη τιμή βοηθά μόνο ώστε να γίνει εμφανής η χρονική στιγμή. Η τιμή της κατάληψης έπειτα χρησιμοποιείται για την ανεύρεση των υπόλοιπων τιμών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, όπως της ροής κατάντη της συγχώνευσης, του

ποσοστού των εξομαλυσμένων τιμών της ροής και της ροής της ράμπας, όπως φαίνεται στις επόμενες ενότητες.

2.2.4 Διάγραμμα ροής

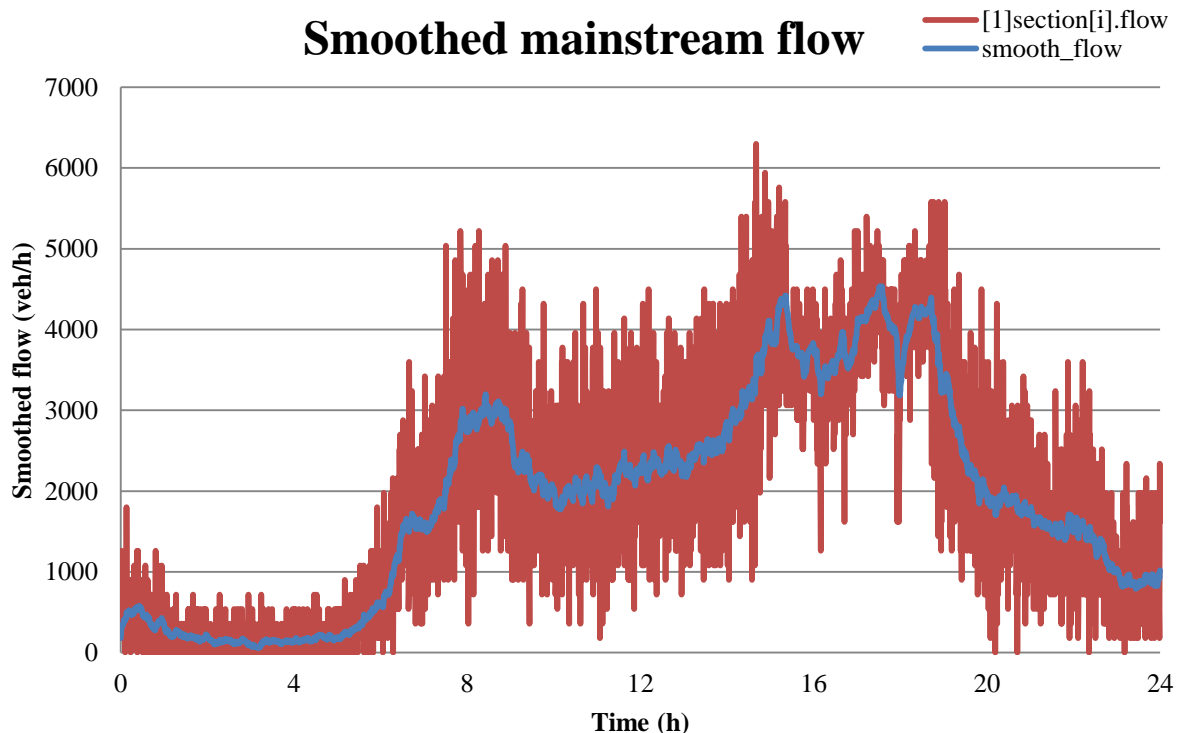
Τα δεδομένα που συμπεριλήφθηκαν για τη δημιουργία αυτής της χρονοσειράς, αφορούν στη ροή του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης (*mainstream flow*). Οι μετρήσεις αφορούν σε χρονικά διαστήματα είκοσι δευτερολέπτων, για τις εικοσιτέσσερις ώρες κάθε ημέρας που ερευνάται, όπως και στο διάγραμμα της κατάληψης.

Το *διάγραμμα ροής*, ξεκινά και πάλι από την αρχή των αξόνων για την αρχή της ημέρας, και φτάνει ως και το τέλος της εξεταζόμενης ημέρας. Από το *διάγραμμα κατάληψης*, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, βρέθηκε η χρονική στιγμή κατά την οποία η κατάληψη παίρνει τη μέγιστη τιμή της. Με βάση την τιμή αυτή βρέθηκε για την αντίστοιχη χρονική στιγμή η τιμή της ροής (*mainstream flow*), η οποία δεν είναι αυτή που λήφθηκε υπόψη για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Συγκεκριμένα, αφού βρέθηκε ο χρόνος από το *διάγραμμα της ροής*, εντοπίστηκαν οι τιμές γύρω από αυτή που αντιστοιχεί στο χρόνο. Από αυτές βρέθηκαν οι μέσοι όροι τους, οι οποίοι αναφέρονται σε επόμενες ενότητες ως *capacity flow* και *discharge flow*. Με τον όρο *capacity flow*, χαρακτηρίζεται ο μέσος όρος της ροής μέχρι το *capacity drop*, δηλαδή πριν το διάστημα της μέγιστης ροής και μέγιστης κατάληψης και ως *discharge flow* χαρακτηρίζεται ο μέσος όρος της ροής μετά από το *capacity drop*.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανεύρεση των παραπάνω μέσων όρων είναι η εξής : Για κάθε ημέρα, για το χρονικό διάστημα πριν ή μετά την εμφάνιση του *capacity drop*, η ροή παίρνει κάποιες τιμές. Για τον ακριβή προσδιορισμό της τιμής που χαρακτηρίζει τα διαστήματα πριν και μετά από αυτό, βρέθηκαν οι αριθμητικοί μέσοι όροι τους, οι οποίοι ισχύουν για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα μέχρι τη χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής της ροής – το χρονικό διάστημα μπορεί να είναι από ένα ενίοτε έως και δέκα λεπτά. Το πλήθος των τιμών που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα και το διάστημα που διαρκούν αλλάζει για κάθε ημέρα και ράμπα, ανάλογα με τις μετρήσεις που σχετίζονται με το κάθε *διάγραμμα*, εφόσον τα πέντε τμήματα του αυτοκινητοδρόμου δε διαθέτουν ίδια χαρακτηριστικά και κάθε ημέρα ο αυτοκινητόδρομος παρουσιάζει διαφορετική χρήση.

Συμπερασματικά, οι τιμές *capacity flow* και *discharge flow* είναι οι μέσοι όροι της ροής κατάντη της συγχώνευσης πριν και μετά την εμφάνιση του *capacity drop* αντίστοιχα.



Διάγραμμα 2-4 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

2.2.5 Διάγραμμα ποσοστού εξομαλυμένων τιμών ροής

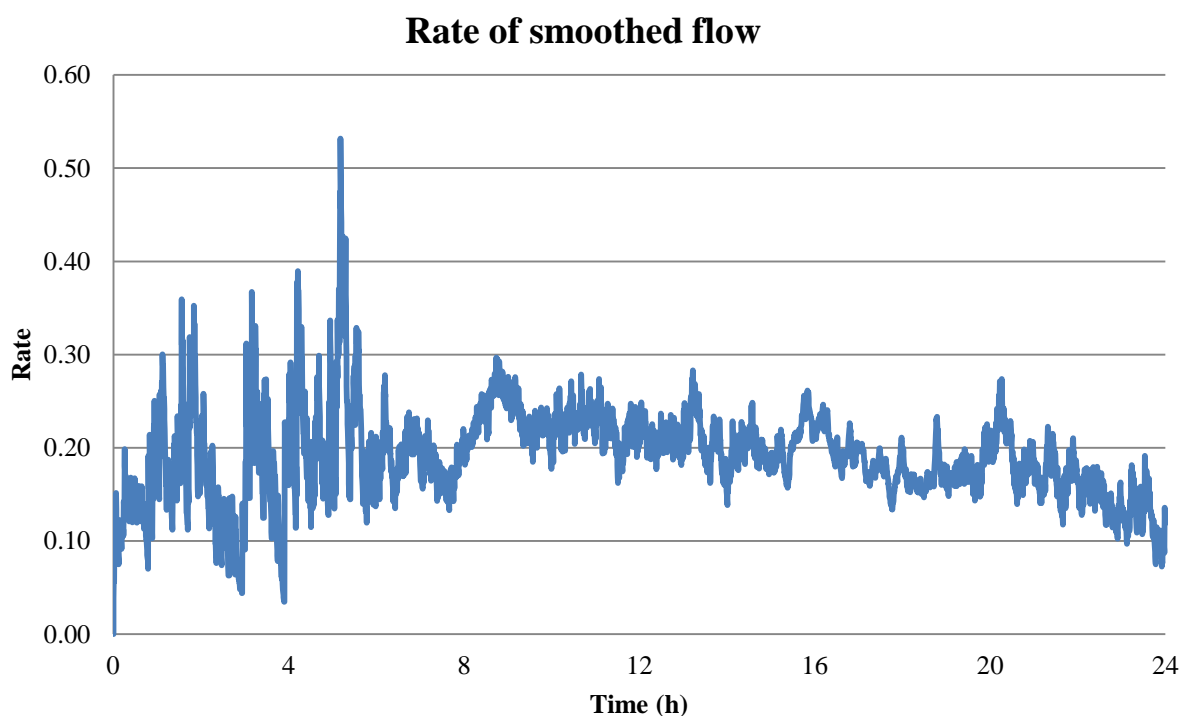
Με τον όρο *ποσοστό εξομαλυμένων τιμών της ροής* (*rate of smoothed flow*) νοείται ο λόγος των εξομαλυμένων τιμών της ροής της ράμπας (*smoothed ramp flow*) προς τις εξομαλυμένες τιμές της ροής του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης (*smoothed mainstream flow*). Σκοπός της δημιουργίας αυτής της παραμέτρου (*rate of smoothed flow*) είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της ροής της ράμπας (δηλαδή του πλήθους των οχημάτων που αποχωρούν από την ράμπα εισόδου και εισάγονται στον αυτοκινητόδρομο κάθε διάστημα 20 δευτερολέπτων) και της ροής κατάντη της συγχώνευσης.

Το *διάγραμμα ποσοστού εξομαλυμένων τιμών της ροής* (Διάγραμμα 2-5), ξεκινά από την αρχή των αξόνων, που αντιστοιχεί στην αρχή της ημέρας, και φτάνει ως το τέλος της. Για την αρχή της ημέρας όπου η διέλευση των οχημάτων δεν είναι μεγάλη, τα ποσοστά παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ τους, και απότομες

αλλαγές. Το διάγραμμα διαφοροποιείται ανάλογα με την ράμπα εισόδου και την ημέρα στην οποία αναφέρεται.

Στα προηγούμενα διαγράμματα, ο χρόνος είναι το χαρακτηριστικό που βοήθησε στον προσδιορισμό των τιμών του ποσοστού που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα. Όπως για το *διάγραμμα ροής*, έτσι και για το *διάγραμμα ποσοστού εξομαλυμένων τιμών ροής*, συμπεριλήφθηκαν οι μέσοι όροι πριν και μετά από τη μέτρηση του ποσοστού, που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που βρέθηκε προηγουμένως με βάση την κατάληψη.

Συγκεκριμένα, λίγα λεπτά πριν την τιμή που αντιστοιχεί στον παραπάνω χρόνο, οι μετρήσεις είναι μεγαλύτερες από την τιμή αυτή και έπειτα μικρότερες. Ο μέσος όρος του πλήθους των μετρήσεων πριν την τιμή αυτή, ονομάστηκε *rate of smoothed flow before capacity drop* και ο μέσος όρος των τιμών μετά από αυτή την τιμή, *rate of smoothed flow after capacity drop*. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στους αριθμητικούς μέσους όρους, για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα, για τη δεδομένη χρονική στιγμή, κάτι που αλλάζει από ημέρα σε ημέρα, ακόμα και για την ίδια ράμπα εισόδου.

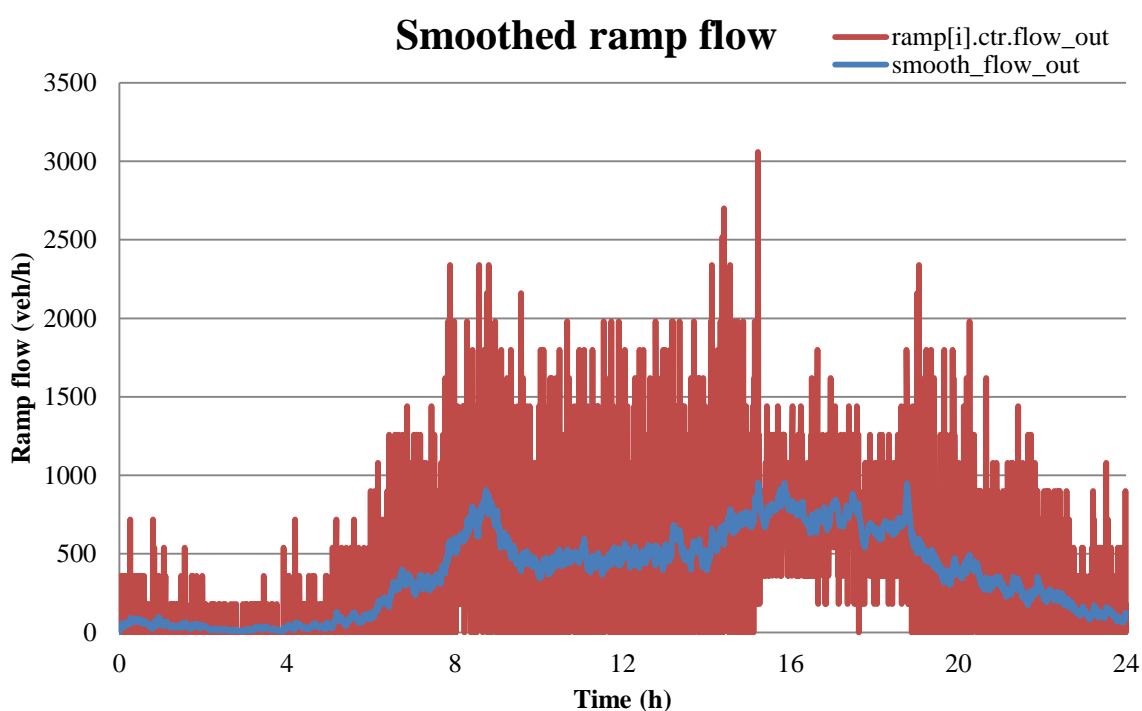


Διάγραμμα 2-5 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

2.2.6 Διάγραμμα ροής ράμπας

Τα δεδομένα που σχηματίζουν αυτή τη χρονοσειρά αφορούν τη ροή της ράμπας εισόδου (ramp flow). Σκοπός της δημιουργίας του είναι να βρεθούν οι μέσοι όροι της ροής της ράμπας πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop. Για την εύρεση των μέσων όρων ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία, με εκείνη του *διαγράμματος ροής*. Ομοίως δημιουργήθηκε διάγραμμα με τις εξομαλυμένες τιμές της ροής (Διάγραμμα 2-6).

Έτσι οι μέσοι όροι χαρακτηρίστηκαν, ως ramp flow before capacity drop για το διάστημα πριν το capacity drop και ramp flow after capacity drop για το διάστημα μετά το capacity drop.



Διάγραμμα 2-6 Belgrave Hallam Rd (20-08-2013)

2.3 Μέσοι όροι αποτελεσμάτων

Στην προηγούμενη ενότητα περιγράφηκε αναλυτικά η δημιουργία των διαγραμμάτων που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα. Από αυτά τα διαγράμματα, αφού εντοπίστηκαν οι τιμές που είναι απαραίτητες σε κάθε περίπτωση, δημιουργήθηκαν πίνακες με αυτά τα δεδομένα, για κάθε ράμπα εισόδου, και για τις δεκαπέντε ημέρες.

Σκοπός της έρευνας είναι να διευκρινιστούν οι συνθήκες που επικρατούν τη στιγμή της εμφάνισης του capacity drop. Για την πιο αποτελεσματική εξέτασή τους, από τις τιμές που εντοπίστηκαν, βρέθηκαν οι αριθμητικοί μέσοι όροι τους για κάθε ράμπα εισόδου. Έπειτα, προέκυψαν νέα διαγράμματα, που αφορούν στην ανάλυση, και

παρουσιάζονται σε επόμενα κεφάλαια. Με βάση αυτούς τους μέσους όρους, προέκυψαν ακόμα, δύο νέοι όροι, που βοήθησαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων, οι οποίοι ορίζονται ως *capacity drop* και *rate of capacity drop*.

Οι τιμές του *capacity drop* αφορούν τη ροή και είναι αποτέλεσμα της διαφοράς των μέσων όρων των δύο τιμών της ροής πριν και μετά από αυτό, $capacity\ drop = capacity\ flow - discharge\ flow$, για κάθε ράμπα. Ο όρος αυτός δείχνει την πτώση της ροής κατά την εμφάνιση του *capacity drop*, όπου η ροή και η κατάληψη λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές τους.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η σχέση που υπάρχει μεταξύ της τιμής *capacity drop*, και της ροής του διαστήματος λίγο πριν από αυτό. Για το λόγο αυτό, ο όρος *rate of capacity drop* αντιπροσωπεύει το λόγο της ροής κατά την εμφάνιση του *capacity drop*, προς τη ροή πριν από αυτό, $rate\ of\ capacity\ drop = capacity\ drop / capacity\ flow$

2.4 Διάγραμμα ροής ράμπας – κυρίως ροής

Ύστερα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, δημιουργήθηκαν διαγράμματα τα οποία δεν σχετίζονται άμεσα με το χρόνο αλλά με τη ροή. Τα δεδομένα από τα οποία δημιουργήθηκαν είναι αυτά που αφορούν τη ροή της ράμπας (*ramp flow*) και τη ροή κατάντη της συγχώνευσης (*mainstream flow*). Σκοπός είναι να αναδειχθεί η σχέση μεταξύ των τιμών αυτών, μέχρι τη στιγμή της δημιουργίας του *capacity drop*, αλλά και μετά από αυτό. Τα δεδομένα δεν αντιστοιχούν σε διαστήματα των είκοσι δευτερολέπτων αλλά σε διαστήματα ενός λεπτού.

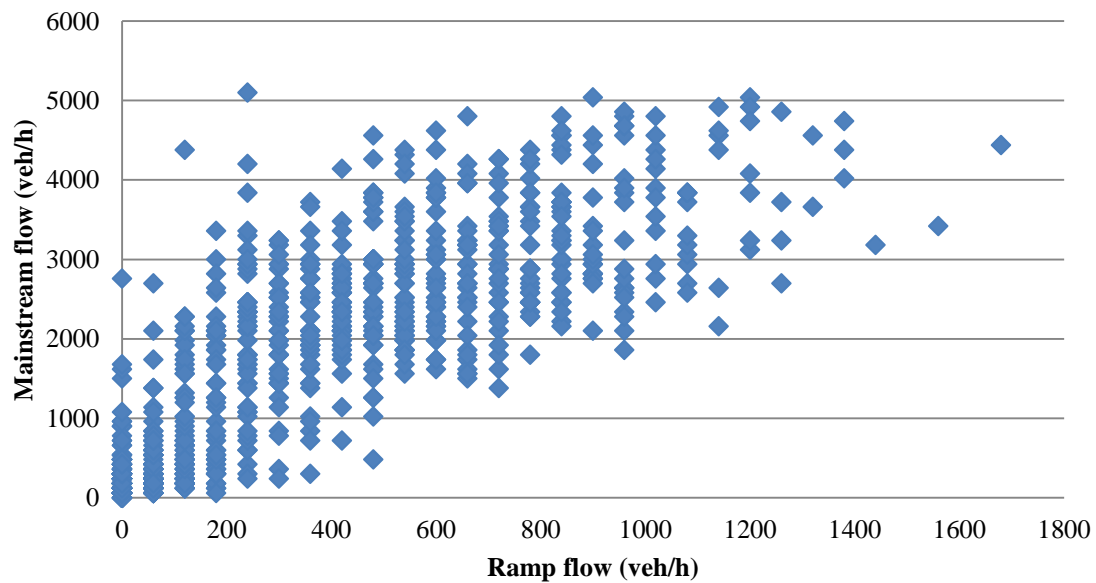
Πραγματοποιήθηκε συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων που χαρακτηρίζουν τη ροή της ράμπας και τη ροή κατάντη της συγχώνευσης. Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων έγινε χρήση δεδομένων πριν και μετά την εμφάνιση του *capacity drop*, τόσο για τις αρχικές όσο και για τις εξομαλυσμένες τιμές.

Οι εξομαλυσμένες τιμές δεν παρέμειναν ως έχουν, όπως στα υπόλοιπα διαγράμματα, αλλά δημιουργήθηκαν νέες με βάση τα νέα δεδομένα των παραπάνω μετρήσεων της ροής, για το διακριτοποιημένο διάστημα του ενός λεπτού. Οι τιμές αυτές χαρακτηρίζονται όπως και στις άλλες περιπτώσεις ως *smoothed mainstream flow* και *smoothed ramp flow*.

Τα διαγράμματα διαχωρίζονται ανάλογα με τα δεδομένα τα οποία εξετάζουν, σε σχέση με το αν προέρχονται από τα διαστήματα πριν ή μετά τη δημιουργία του *capacity drop*. Έτσι, οι τύποι των διαγραμμάτων που προέκυψαν, είναι οι εξής :

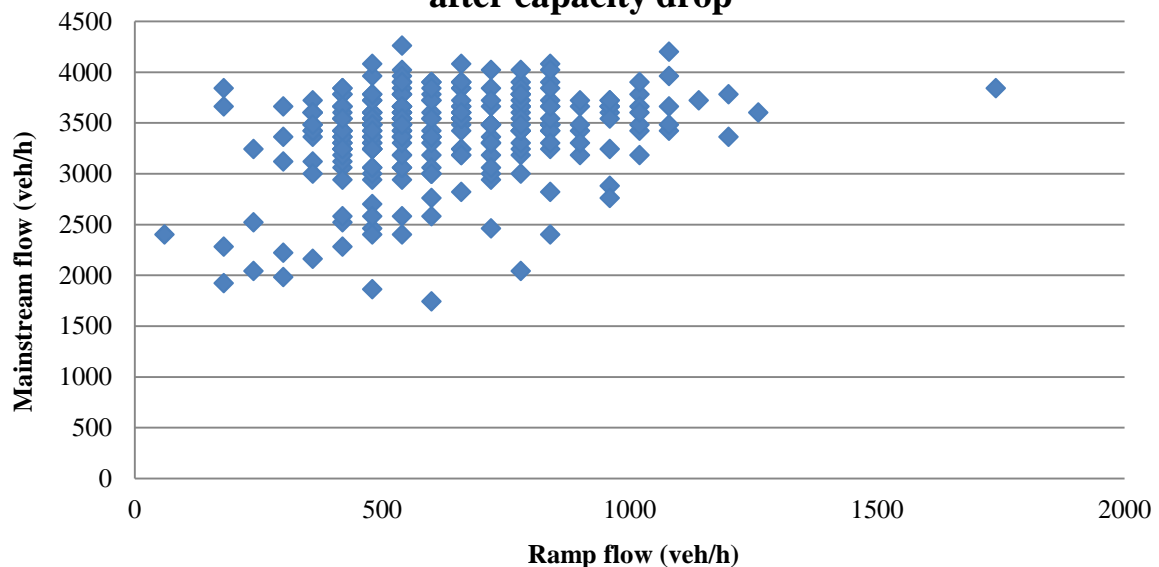
- *Ramp flow–mainstream flow before capacity drop* : αντιστοιχούν σε μετρήσεις από την αρχή της ημέρας έως και τη χρονική στιγμή ακριβώς πριν το capacity drop (Διάγραμμα 2-7).
- *Ramp flow – mainstream flow after capacity drop* : αντιστοιχούν σε μετρήσεις από τη στιγμή που συμβαίνει το capacity drop έως και τη χρονική στιγμή που σταματά η πτώση της κατάληψης (Διάγραμμα 2-8) .

Correlation between ramp flow and mainstream flow before capacity drop



Διάγραμμα 2-7 Belgrave Hallam Rd (23-08-2013)

Correlation between ramp flow and mainstream flow after capacity drop



Διάγραμμα 2-8 Belgrave Hallam Rd (23-08-2013)

3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκε εκτενώς η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εύρεση των χαρακτηριστικών που βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων που προέκυψαν με βάση τα παραπάνω, και επεξήγηση τους.

3.1 Αποτελέσματα διαγραμμάτων

Από τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν, ως τα σημαντικότερα για την εύρεση των τιμών που καθορίζουν την εμφάνιση του capacity drop, προέκυψαν πίνακες που δίνουν αναλυτικά αυτές τις τιμές (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ σελ.54). Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν αφαιρεθεί ημέρες από διάφορες ράμπες εισόδου, επειδή τα διαγράμματα δεν είναι αντιπροσωπευτικά για το δείγμα, όσο των υπόλοιπων ημερών. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε κάποιο ατύχημα που ίσως συνέβη εκείνη την ημέρα, είτε στην ύπαρξη πολλών βαρέων οχημάτων, είτε ακόμα και σε άσχημες καιρικές συνθήκες, αν ληφθεί υπόψη ότι το διάστημα του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου (19/08/2013-26/09/2013) που εξετάζεται ανήκει στους χειμερινούς μήνες.

3.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Σε αυτή την ενότητα, εξετάστηκε η σχέση των παραπάνω δεδομένων σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο, αφορά στα χαρακτηριστικά που απαρτίζουν την ίδια ράμπα, και το δεύτερο αφορά στη σχέση και των πέντε ραμπών εισόδου μεταξύ τους.

Για την ανάλυση που εφαρμόστηκε σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της ίδιας ράμπας εισόδου, δημιουργήθηκαν διαγράμματα που έχουν σχέση με τη συχνότητα εμφάνισης των τιμών που πήρε η μέτρηση capacity drop, όπως ονομάστηκε. Ακόμη, αφορούν στις μετρήσεις του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής, όλων των ημερών, για κάθε ράμπα.

Όσον αφορά τη συσχέτιση μεταξύ των πέντε ραμπών, χρησιμοποιήθηκαν και πάλι διαγράμματα σε σχέση με το ποσοστό των εξομαλυμένων τιμών της ροής, αλλά πλέον αφορούν στο μέσο όρο αυτών των τιμών. Εκτός όμως από τα διαγράμματα, προέκυψαν και συγκρίσεις, σχετικά με την ισότητα του ποσοστού εμφάνισης του

capacity drop μεταξύ δύο ραμπών εισόδου, κάτι που δίνεται πιο αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

3.2.1 Γενικές παρατηρήσεις

Οι δρόμοι που εξετάζονται, που οδηγούν εκτός του κέντρου της πόλης (Outbound), είναι οι Belgrave Hallam Rd και Heatherton Rd. Η κατάληψη είναι περίπου σε ίδια επίπεδα και για τις δύο ράμπες εισόδου. Οι ώρες που παρατηρείται η εμφάνιση του φαινομένου, είναι οι απογευματινές, και ξεκινούν κατά μέσο όρο, μετά τις τέσσερις το απόγευμα. Συγκεκριμένα :

Belgrave Hallam Rd : Για αυτή τη ράμπα εισόδου, την πρώτη εβδομάδα, η τιμή της κατάληψης κυμαίνεται μεταξύ 27 – 30 %, τη δεύτερη εβδομάδα 20 - 23 % και την τρίτη εβδομάδα 22 – 24 %. Στις περισσότερες περιπτώσεις διαρκεί ως τις έξι και μισή το απόγευμα.

Heatherton Rd : Την πρώτη εβδομάδα η κατάληψη βρίσκεται μεταξύ 27 – 30 %, τη δεύτερη μεταξύ 28 - 29 % και την τρίτη εβδομάδα 27 – 28 % .

Στη συνέχεια, οι τρεις ράμπες εισόδου που οδηγούν στο κέντρο της πόλης (Inbound), ακολουθούν μια βαθμιδωτή απεικόνιση της occupancy, ανάλογα με το ύψος του αυτοκινητοδρόμου στο οποίο βρίσκονται. Σε αυτή την περίπτωση, το φαινόμενο του capacity drop εμφανίζεται μεταξύ οχτώ και δέκα το πρωί.

Burke Rd : Την πρώτη εβδομάδα η κατάληψη βρίσκεται μεταξύ των ποσοστών 23 – 26 %, τη δεύτερη εβδομάδα μεταξύ 29 – 30 %, και την τρίτη εβδομάδα κυμαίνεται μεταξύ 24 – 28 % . Η ώρα που έχει παρουσιαστεί ως συνηθέστερη για την εμφάνιση συμφόρησης είναι στις δέκα το πρωί.

Gibdon St : Την πρώτη εβδομάδα οι τιμές της κατάληψης κυμαίνονται μεταξύ 33 – 37 % περίπου, τη δεύτερη εβδομάδα 32 – 36 % και τέλος την τρίτη εβδομάδα μεταξύ 35 – 38 % . Η πτώση της ροής συνεχίζεται από αυτή τη στιγμή έως και μία με μιάμιση ώρα, δηλαδή έως τις δέκα το πρωί.

Toorak Rd : Την πρώτη εβδομάδα η κατάληψη βρίσκεται σε ποσοστά μεταξύ 20 – 25 % , εκτός από την ημέρα 22-08-2013 που η κατάληψη φτάνει έως και 30 % ,τη δεύτερη εβδομάδα μεταξύ 30 – 33 % και την τρίτη εβδομάδα μεταξύ 22 – 25 % . Η ροή ακολουθεί πτωτική τάση για μισή με μιάμιση ώρα μετά, δηλαδή στις περισσότερες περιπτώσεις περίπου έως τις δέκα το πρωί.

Έτσι, τα παραπάνω χαρακτηριστικά, συνοψίζονται σε πίνακες που αποτελούνται από τους μέσους όρους τους.

3.2.2 Ανάλυση με βάση τις τιμές του μέσου όρου

Για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των χαρακτηριστικών των ραμπών εισόδου, σε σχέση με τις ημέρες για τις οποίες έγινε η έρευνα, βρέθηκαν οι *αριθμητικοί μέσοι όροι* όλων των τιμών, που συνοψίζονται στους Πίνακες 3-1 και 3-2.

Ramps	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Belgave Hallam Rd	5124	4740	1244	1070	384	2562
Heatherton Rd	8496	7884	1053	920	612	2124
Burke Rd	9290	8319	653	588	971	1858
Gibdon St	8304	7692	1168	1041	612	2076
Toorak Rd	8940	8220	1239	981	720	2235

Πίνακας 3-1 Μέσοι όροι της ροής των ραμπών εισόδου πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop

Ramps	Time (h)	Occupancy (%)	Rate of smoothed flow before capacity drop (%)	Rate of smoothed flow after capacity drop (%)	Rate of capacity drop (%)	Rate of ramp flow (%)
Belgave Hallam Rd	16,4	24,93	18,00	19,00	7,00	24,50
Heatherton Rd	16,9	28,49	10,00	11,00	7,23	13,41
Burke Rd	8,6	27,11	5,80	5,80	10,40	7,00
Gibdon St	8,4	36,10	12,00	13,00	7,35	14,10
Toorak Rd	8,5	26,47	11,07	11,56	8,09	13,80

Πίνακας 3-2 Μέσοι όροι των ποσοστών που αφορούν τη ροή των ραμπών εισόδου πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop

Ο μέσος όρος των τιμών δεν είναι απαραίτητα αντιπροσωπευτικός του δείγματος. Μια τιμή που καταδεικνύει τη διασπορά των τιμών γύρω από το μέσο όρο, είναι η τυπική απόκλιση. Όσο πιο μικρή είναι η τυπική απόκλιση του δείγματος, τόσο

πιο κοντά βρίσκεται στο μέσο όρο και επομένως τόσο πιο αντιπροσωπευτικός είναι. Στους πίνακες 3-3 και 3-4, δίνονται οι *τυπικές αποκλίσεις* για το σύνολο των ημερών, για τις πέντε ράμπες εισόδου.

Ramps	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Belgrave Hallam Rd	529	472	137	125	129	132
Heatherton Rd	535	581	94	66	216	134
Burke Rd	331	377	58	55	141	83
Gibson St	328	282	83	75	128	82
Toorak Rd	346	444	275	187	186	86

Πίνακας 3-3 Τυπική απόκλιση για τη ροή των ραμπών εισόδου πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop

Ramps	Time (h)	Occupancy (%)	Rate of smoothed flow before capacity drop (%)	Rate of smoothed flow after capacity drop (%)	Rate of capacity drop (%)	Rate of ramp flow (%)
Belgrave Hallam Rd	0,73	3,00	2,00	2	2,0	3,29
Heatherton Rd	0,88	1,31	1,00	1	3,0	1,28
Burke Rd	0,34	2,56	0,80	7	1,6	0,62
Gibson St	0,38	1,58	1,00	1	1,0	1,09
Toorak Rd	0,52	4,40	1,00	1	2,0	2,66

Πίνακας 3-4 Τυπική απόκλιση των ποσοστών της ροής των ραμπών εισόδου πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop

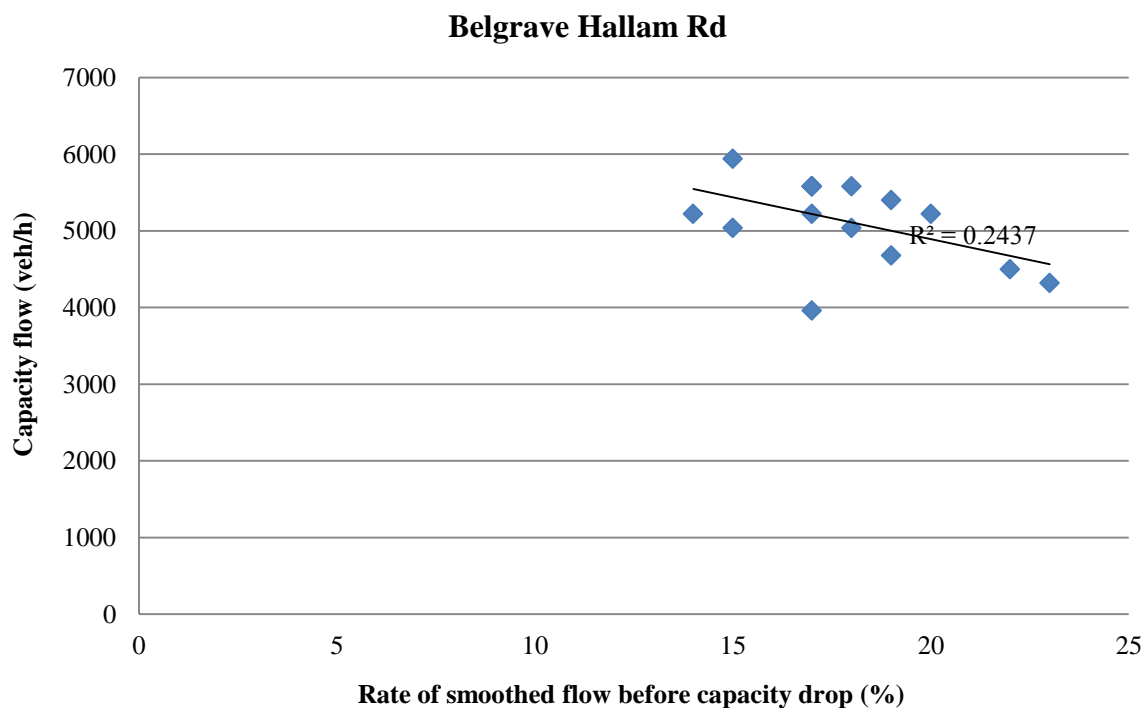
Αν συγκριθούν οι τιμές μία προς μία των Πινάκων 3-1 και 3-3, καθώς και των Πινάκων 3-2 και 3-4, φαίνεται ότι οι τιμές της τυπικής απόκλισης είναι σε όλες τις περιπτώσεις αρκετά μικρότερες από τις τιμές του μέσου όρου. Σύμφωνα με την έννοια της τυπικής απόκλισης, όσο μικρότερη είναι σε σχέση με το μέσο όρο, τόσο πιο αντιπροσωπευτικός είναι ο μέσος όρος για το δείγμα. Στην προκειμένη περίπτωση λοιπόν, ο μέσος όρος είναι αρκετά αντιπροσωπευτικός για το δείγμα των δεκαπέντε ημερών, λόγω της μεγάλης διαφοράς τους.

Ο Πίνακας 3-5 δίνει τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές καθώς και τη διασπορά των τιμών capacity flow και capacity drop.

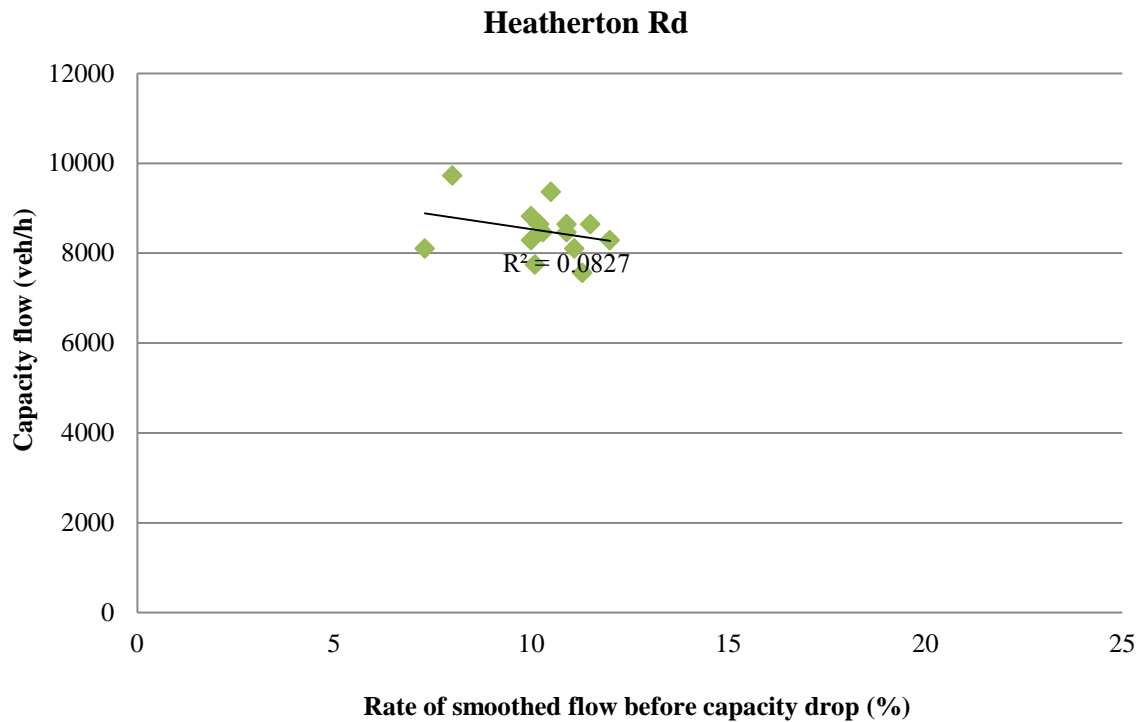
Ramps	max		min		var	
	Capacity flow (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow (veh/h)	Capacity drop (veh/h)
Belgrave Hallam Rd	5940	720	3960	180	280224	16704
Heatherton Rd	9720	1080	7560	360	306411	49989
Burke Rd	9900	1080	8640	540	118508	21677
Gibson St	8820	900	7560	540	115097	17589
Toorak Rd	9540	1080	8280	360	28057	37029

Πίνακας 3-5 Μέγιστες τιμές – Ελάχιστες τιμές - Διασπορά

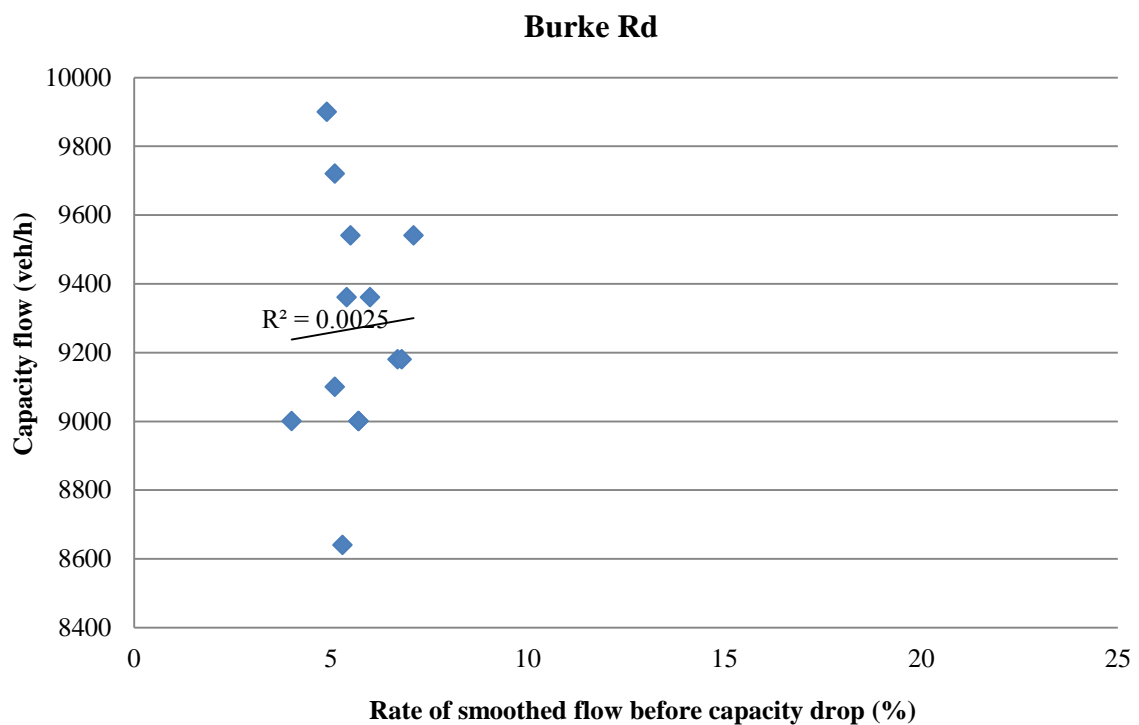
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3-5 η μεγαλύτερη τιμή της ροής πριν την συμφόρηση, εμφανίζεται για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd, η οποία εξακολουθεί να έχει τη μεγαλύτερη τιμή και κατά τη συμφόρηση μαζί με τις ράμπες εισόδου Toorak Rd και Burke Rd. Η μικρότερη τιμή και για τις δύο ροές είναι από τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd.



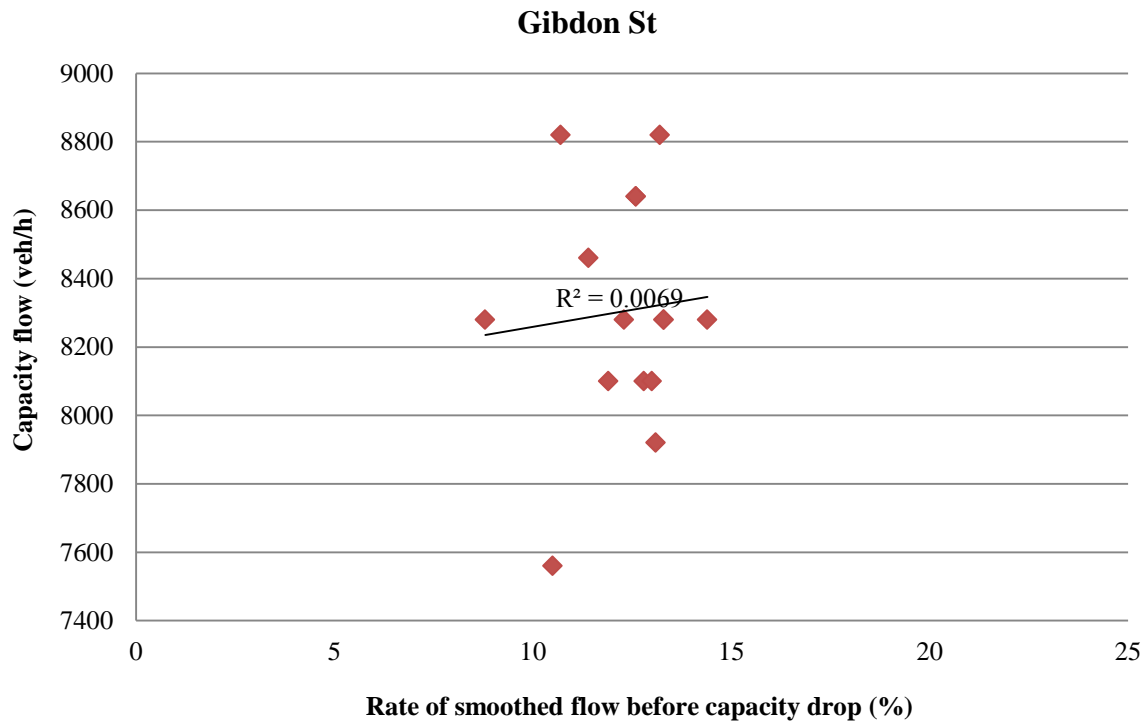
Διάγραμμα 3-1 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυσμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd



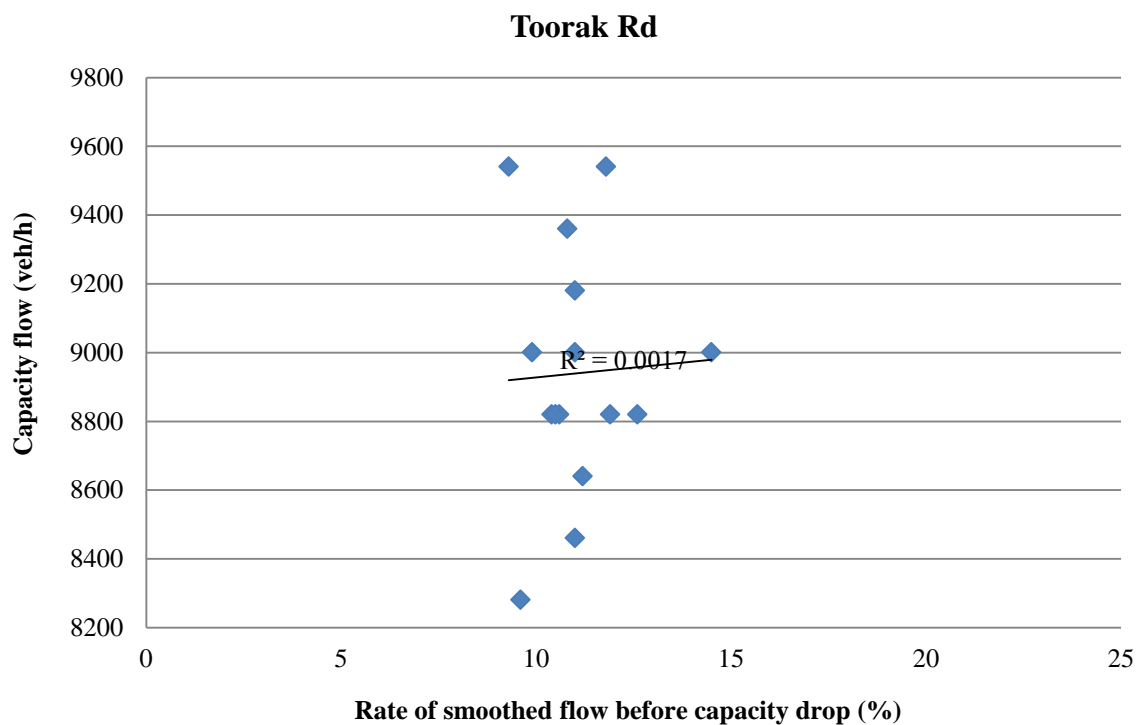
Διάγραμμα 3-2 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd



Διάγραμμα 3-3 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Burke Rd



Διάγραμμα 3-4 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυσμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Gibdon St



Διάγραμμα 3-5 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυσμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τη ροή πριν το capacity drop για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd

Τα Διαγράμματα 3-1 έως 3-5 δίνουν τη σχέση της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με τις εξομαλυμένες τιμές της ροής πριν από αυτό. Για όλες τις ράμπες εισόδου προέκυψε ότι η συσχέτιση μεταξύ τους είναι αρκετά μικρή. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ αυτών των τιμών.

Στο επόμενο βήμα της ανάλυσης δημιουργήθηκαν διαγράμματα που δείχνουν τη διαφορά των μέσων όρων των ραμπών της τιμής capacity drop. Συγκεκριμένα το Διάγραμμα 3-6, δίνει τη σχέση μεταξύ των μέσων όρων του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν από την εμφάνιση του capacity drop (rate of smoothed flow before capacity drop) με το ποσοστό του capacity drop (rate of capacity drop), για όλες τις ράμπες. Το Διάγραμμα 3-7, παρουσιάζει τη σχέση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop με το ποσοστό εμφάνισης του capacity drop, για όλες τις ράμπες και όλες της ημέρες.

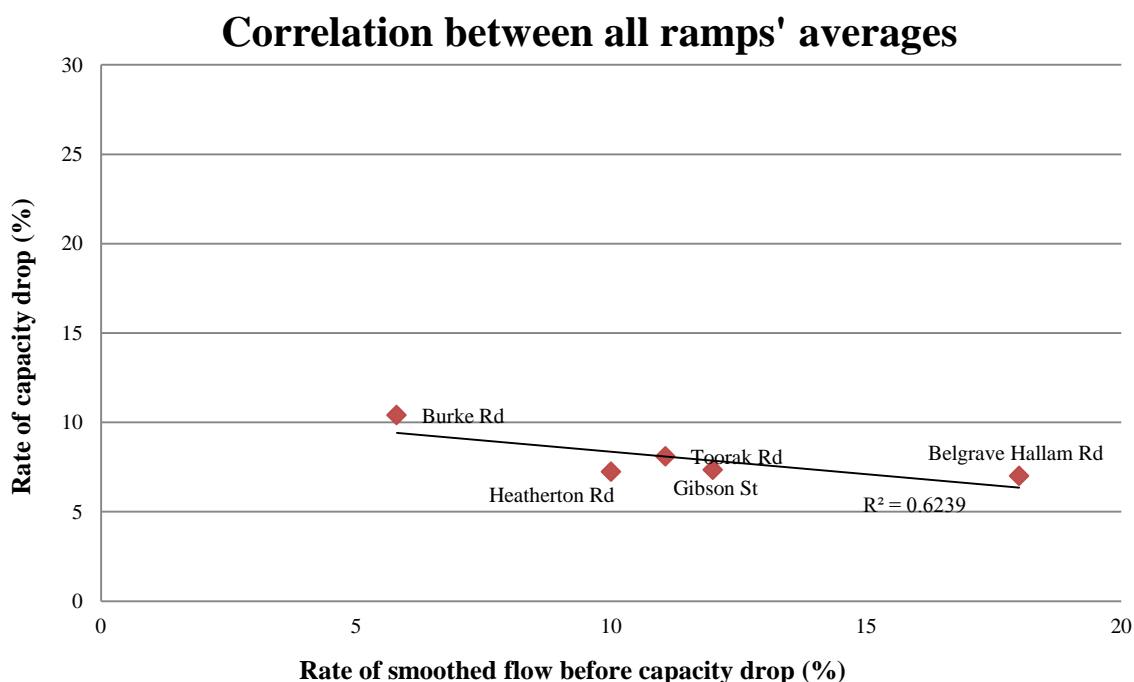
Από το διάγραμμα 3-6, είναι εμφανές ότι οι μέσοι όροι διαθέτουν διαφορά της τάξεως του 3%, η οποία δεν είναι αξιοσημείωτη. Για το διάγραμμα 3-7, η διαφορά των τιμών είναι περίπου της τάξεως του 6%. Δηλαδή αυξήθηκαν οι τιμές που λαμβάνουν μέρος στο διάγραμμα, και αυξήθηκε η διαφορά τους κατά 3% το ποσοστό εμφάνισης του capacity drop.

Με άλλα λόγια, το σύνολο των μέσων όρων και των πέντε ραμπών (Διάγραμμα 3-6), παρουσιάζει γραμμική σχέση, με συντελεστή $r^2 = 0,623$. Ενώ για το σύνολο και των εβδομήντα τριών ημερών – έχουν αφαιρεθεί δύο ημέρες όπως έχει αναφερθεί (Διάγραμμα 3-7) ο συντελεστής είναι $r^2 = 0,487$.

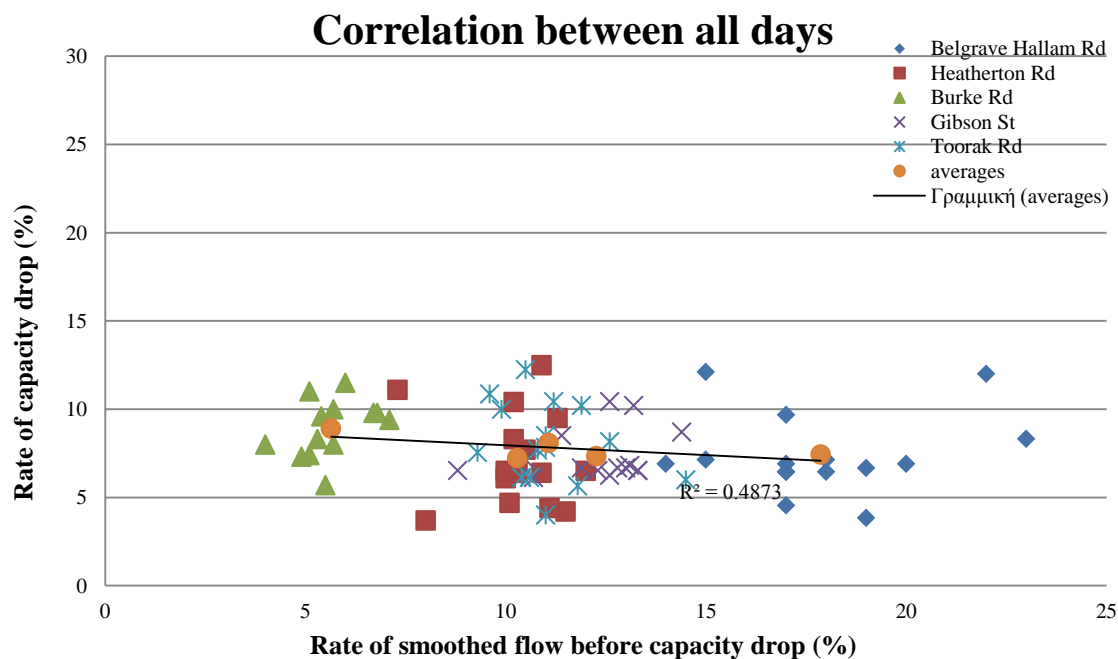
Ο συντελεστής που αναγράφεται στα παραπάνω διαγράμματα, μεταβλήθηκε γιατί αυξήθηκαν τα στοιχεία που συμμετέχουν στην ανάλυση. Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης r^2 , της ευθείας που δείχνει την τάση των σημείων, τόσο πιο μεγάλη είναι η εξάρτηση μεταξύ των εξεταζόμενων σημείων. Αντίστροφα, όσο πιο μικρός ο συντελεστής, τόσο πιο μικρή η εξάρτησή τους. Αυτό σημαίνει ότι, στην περίπτωση που εξετάζονται μόνο οι μέσοι όροι, η συσχέτιση μεταξύ τους είναι μεγαλύτερη, σε σχέση με τη σύγκριση όλων των ημερών.

Όσο περισσότερα αυξάνονται τα σημεία, τόσο μικραίνει ο συντελεστής, επομένως μειώνεται και η συσχέτιση μεταξύ τους. Έτσι αν αφαιρεθεί κάποια ημέρα επιπλέον, ο συντελεστής της γραμμής τάσης θα μειωθεί ακόμα περισσότερο, και έτσι θα μειωνόταν και η εξάρτηση μεταξύ τους. Όπως φαίνεται, οι αποκλίσεις δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ως προς το ποσοστό της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop, σε σχέση με το ποσοστό των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν από αυτό.

Από τα παραπάνω διαγράμματα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σημαντική μεταβολή του ποσοστού της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop και της ροής πριν από αυτό.

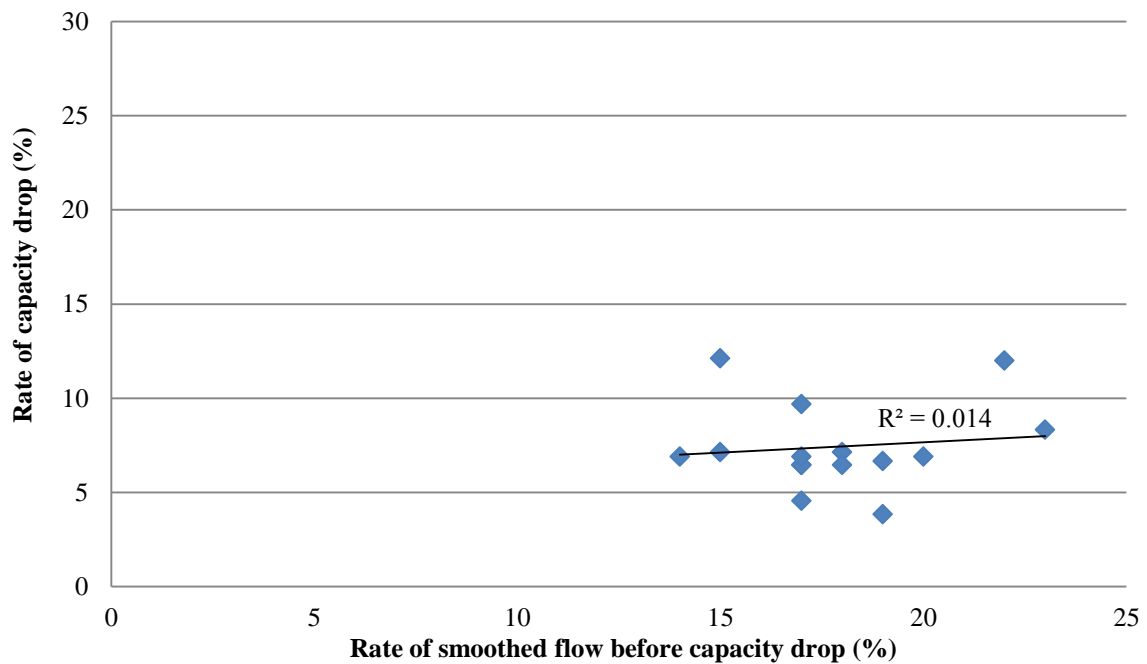


Διάγραμμα 3-6 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop, σε σχέση με το ποσοστό του capacity drop για όλες τις ράμπες



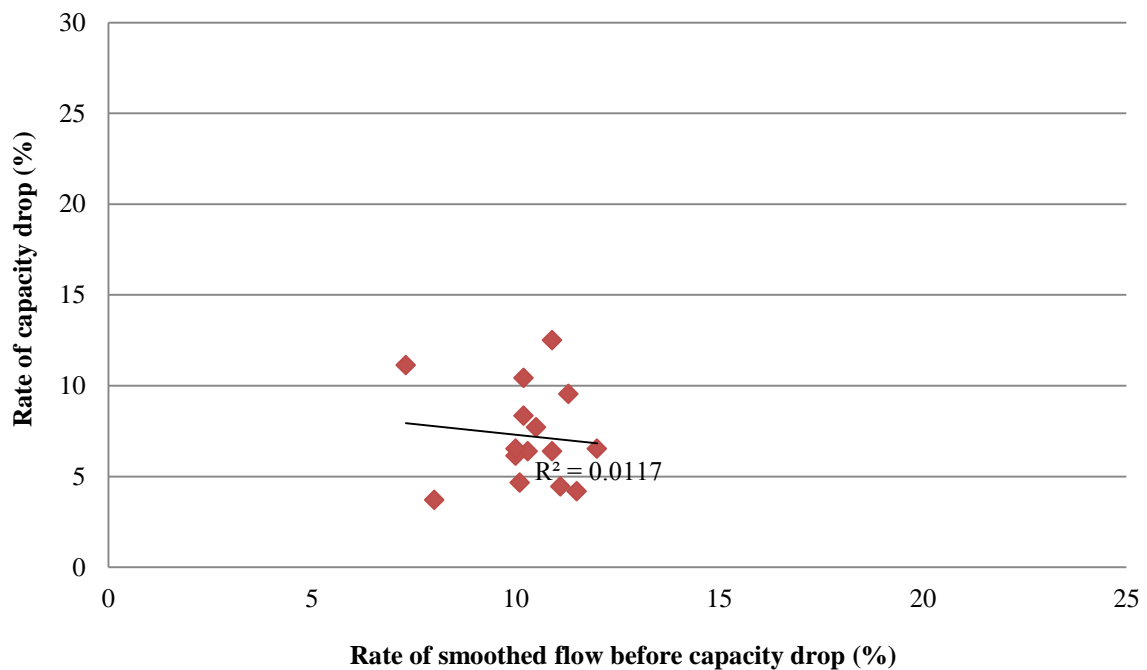
Διάγραμμα 3-7 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop, σε σχέση με το ποσοστό του capacity για όλες τις ράμπες και όλες τις ημέρες

Belgrave Hallam Rd - Correlation between all days

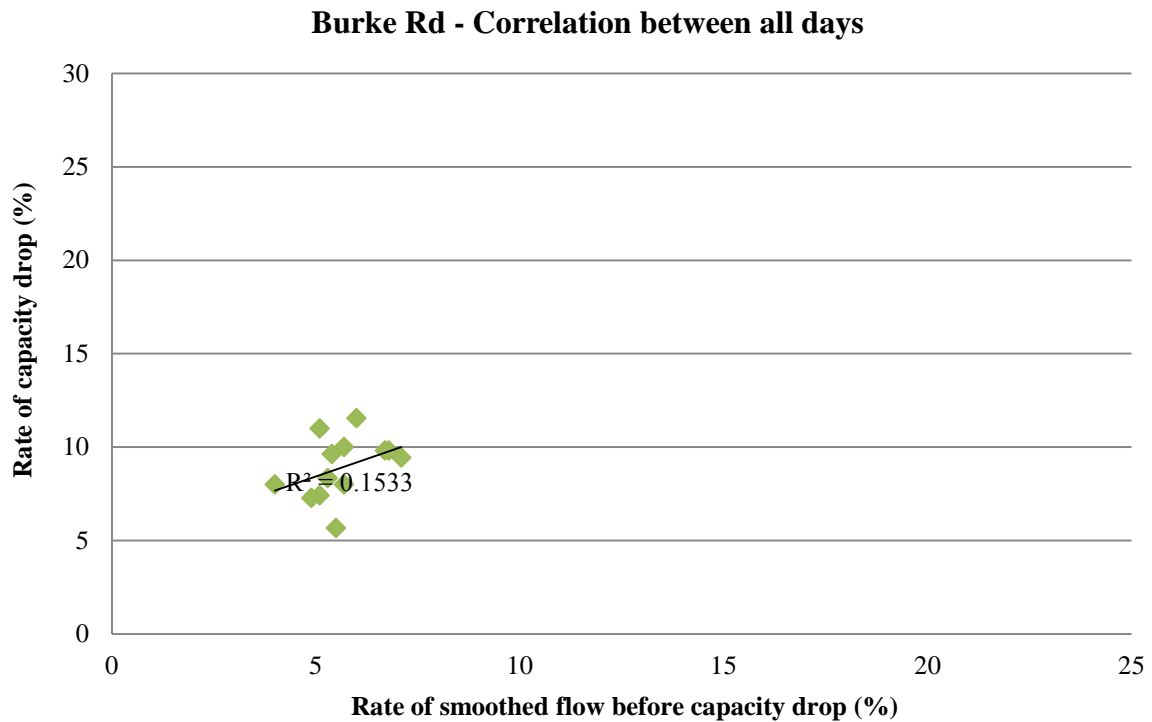


Διάγραμμα 3-8 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής σε σχέση με τις τιμές του ποσοστού του capacity drop για όλες τις ημέρες για τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd

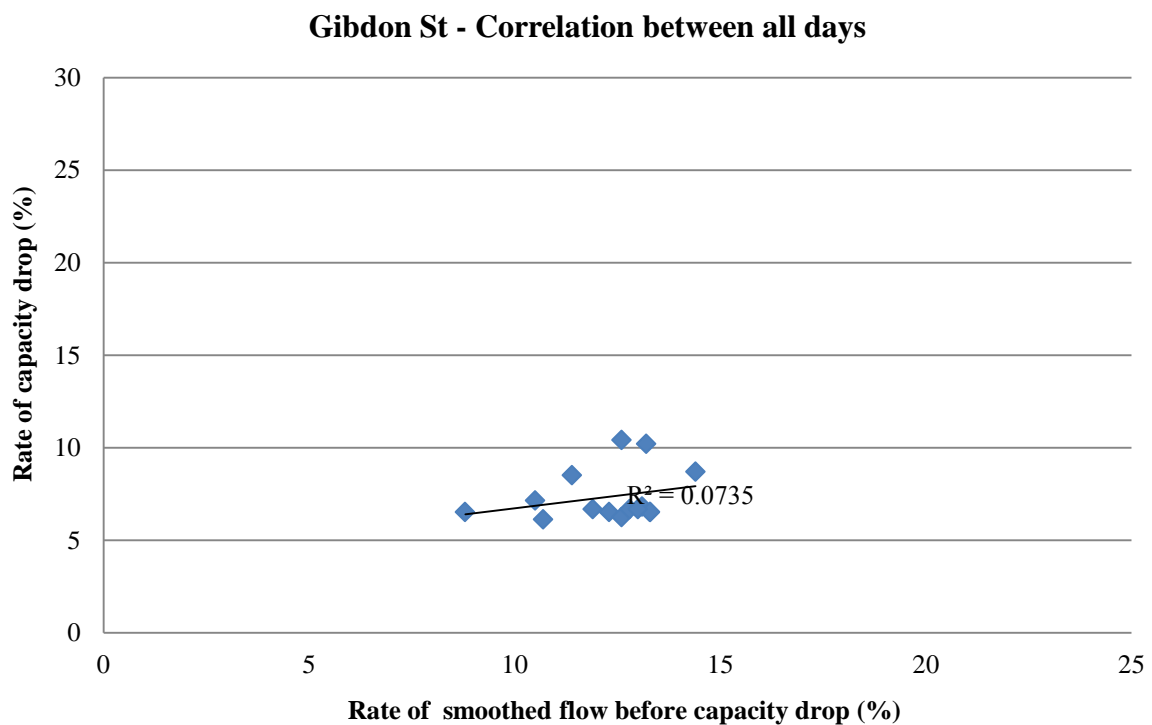
Heatherton Rd - Correlation between all days



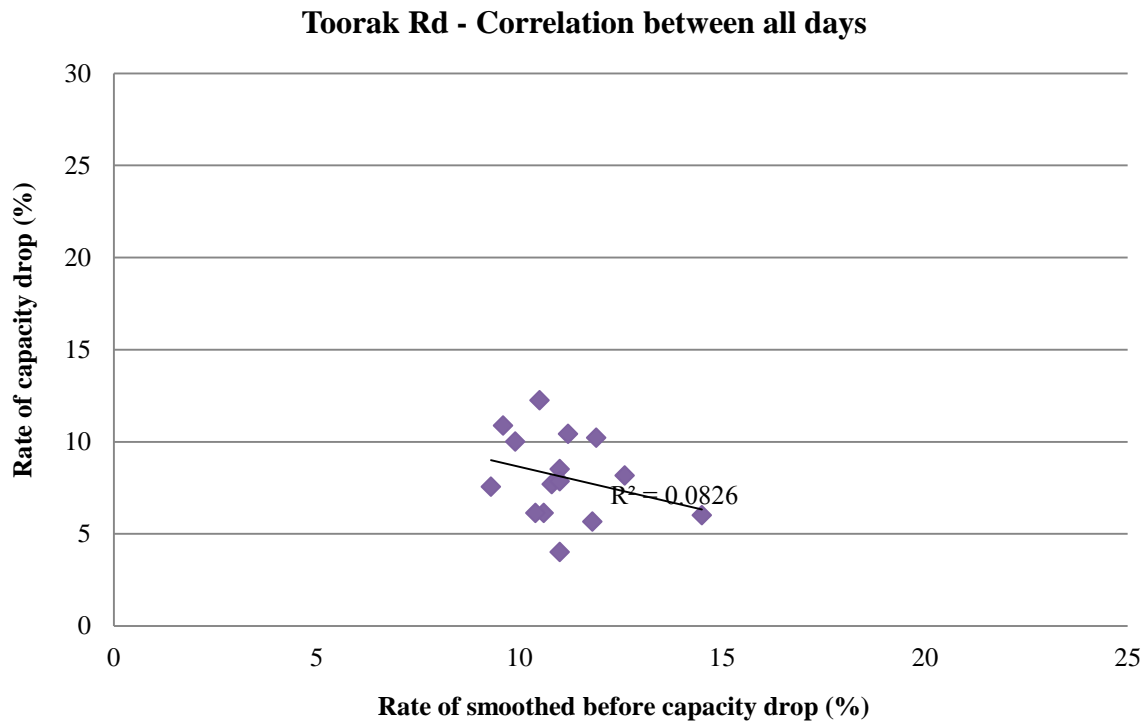
Διάγραμμα 3-9 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής σε σχέση με τις τιμές του ποσοστού του capacity drop για όλες τις ημέρες για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd



Διάγραμμα 3-10 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής σε σχέση με τις τιμές του ποσοστού του capacity drop για όλες τις ημέρες για τη ράμπα εισόδου Burke Rd



Διάγραμμα 3-11 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής σε σχέση με τις τιμές του ποσοστού του capacity drop για όλες τις ημέρες για τη ράμπα εισόδου Gibdon St



Διάγραμμα 3-12 Συσχέτιση του ποσοστού των εξομαλυμένων τιμών της ροής σε σχέση με τις τιμές του ποσοστού του capacity drop για όλες τις ημέρες για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd

Τα διαγράμματα 3-8 έως 3-12 δίνουν τη σχέση μεταξύ των εξομαλυμένων τιμών της ροής πριν την εμφάνιση του capacity drop σε σχέση με το ποσοστό του capacity drop. Για κάθε ράμπα εισόδου συσχετίζονται και οι δεκαπέντε ημέρες. Σε όλες τις περιπτώσεις φαίνεται ότι δεν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των τιμών εφόσον ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ μικρός.

Συμπερασματικά, όσον αφορά τη σχέση μεταξύ της ροή της ράμπας και τη ροή του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης, δεν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ τους, κάτι που γίνεται σαφές σε επόμενες ενότητες.

3.2.3 Ανάλυση με βάση τις τιμές του capacity drop

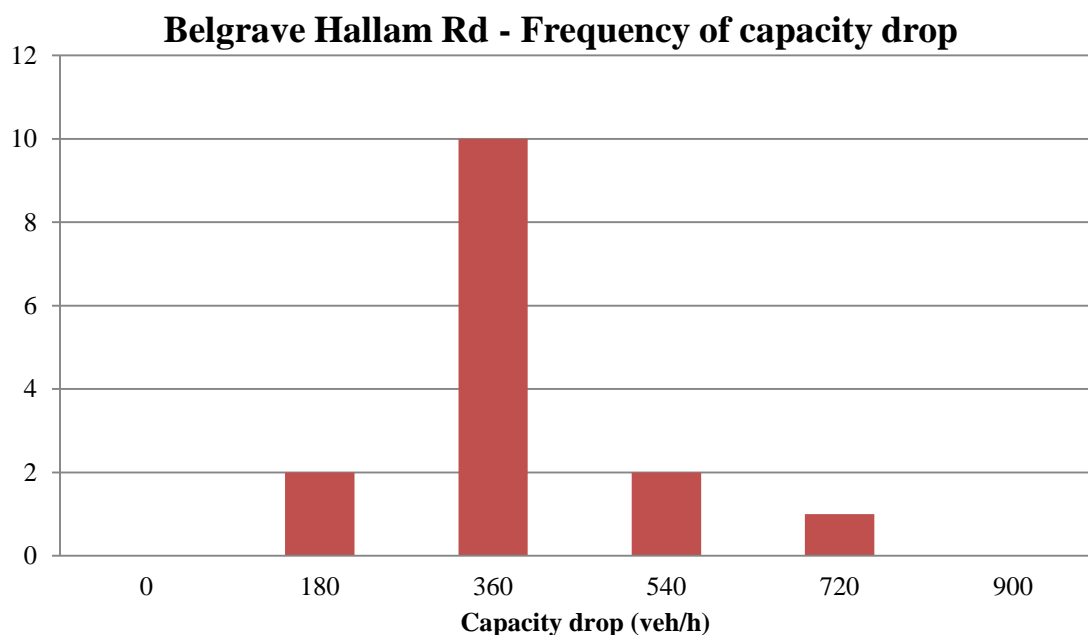
Ένα ακόμα μέσο που βοήθησε στην διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κάθε ράμπα ξεχωριστά, είναι τα διαγράμματα που δείχνουν τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμής που παίρνει η μέτρηση που χαρακτηρίστηκε ως capacity drop. Για τα διαγράμματα που εμφανίζουν την κατανομή των τιμών του capacity drop, πραγματοποιήθηκε συσχέτιση για κάθε ράμπα χωριστά, σε σχέση με τις τιμές. Δεν πραγματοποιήθηκε η αντίστοιχη κατανομή των μέσων όρων όλων των ραμπών, διότι δεν έχουν νόημα σε αυτό, εφόσον αναφέρονται σε διαφορετικό αριθμό λωρίδων ανά δρόμο, διαφορετικές ώρες της ημέρας και διαφορετικό ποσοστό συμμετοχής της κάθε

ράμπας. Οι αριθμοί που αναγράφονται στον οριζόντιο άξονα, αντιστοιχούν στις τιμές της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop. Δεν πρόκειται για διάστημα τιμών στο οποίο περιλαμβάνονται οι τιμές της κάθε ράμπας, αλλά για τις ακριβείς τιμές τους.

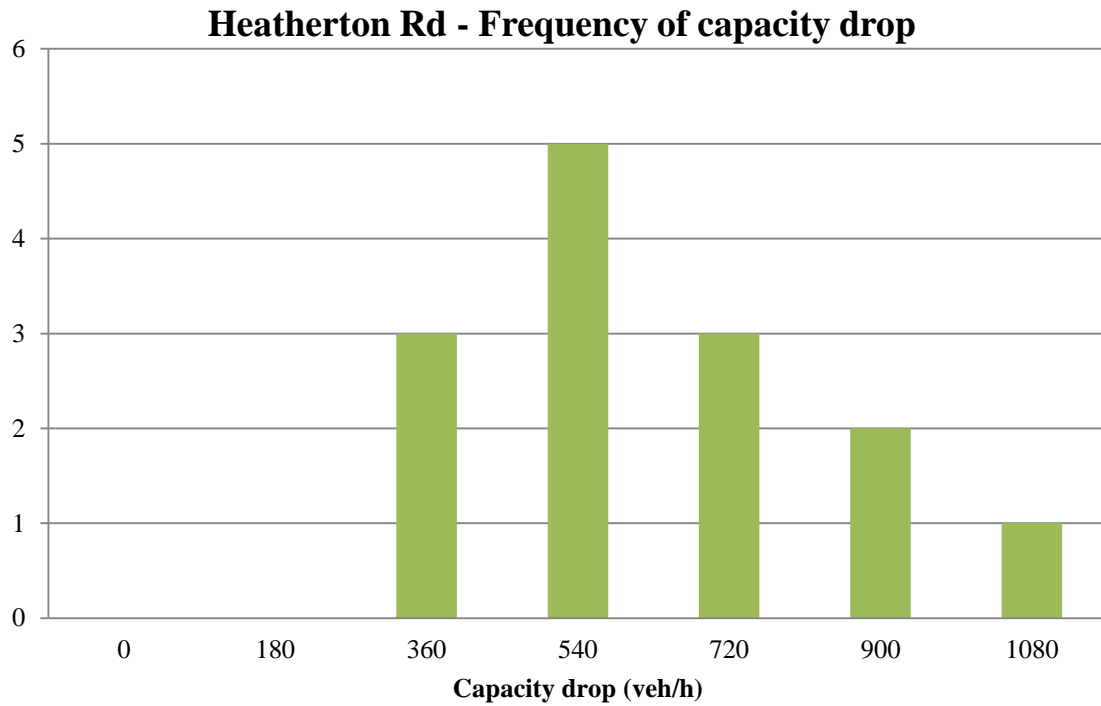
Τα διαγράμματα που παρουσιάζουν την κατανομή είναι, για τις πέντε ράμπες τα διαγράμματα 3-13 έως 3-17. Σκοπός της δημιουργίας τους είναι ο εντοπισμός στατιστικής κατανομής, που θα βοηθήσει στην κατηγοριοποίηση των πέντε ραμπών εισόδου, ανάλογα με την κατανομή την οποία σχηματίζουν οι μετρήσεις τους.

Τα διαγράμματα που αφορούν στις ράμπες εισόδου, που οδηγούν εκτός του κέντρου της Μελβούρνης, Belgrave Hallam Rd και Heatherton Rd, δηλαδή τα 3-13 και 3-14 αντίστοιχα, δε σχηματίζουν κάποια κατανομή, αλλά τείνουν προς την κανονική κατανομή. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στη ράμπα εισόδου, με κατεύθυνση προς το κέντρο της Μελβούρνης, Burke Rd. Ενώ για τη ράμπα Gibdon St, δεν εμφανίζεται καμία κατανομή, κάτι που σημαίνει ότι για να αλλάξει το διάγραμμα, και να δίνει κάποια κατανομή, δεν αρκεί να αυξηθούν ή να μειωθούν, ορισμένες ημέρες, όπως θα μπορούσε να υποτεθεί για τις άλλες περιπτώσεις.

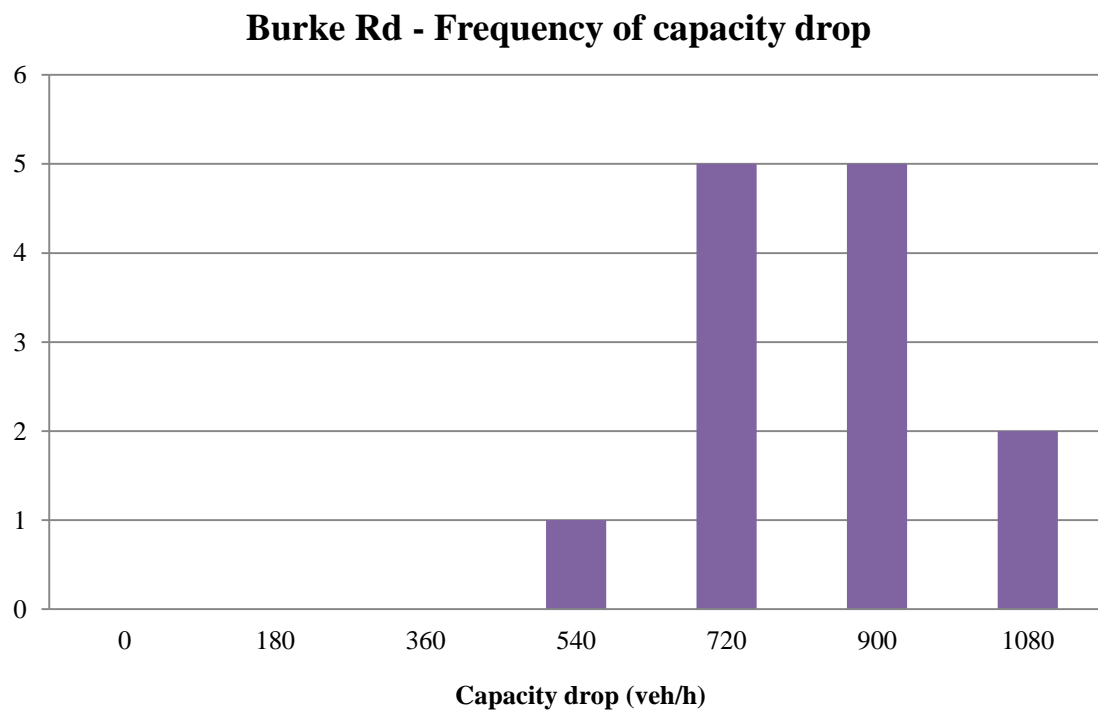
Τέλος, από το Διάγραμμα 3-17 που αφορά τις τιμές του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd, η οποία οδηγεί και αυτή στο κέντρο της πόλης, παρουσιάζεται η κανονική κατανομή. Αυτό γίνεται σαφές από το γεγονός ότι οι τιμές είναι συμμετρικές γύρω από το μέσο όρο. Ακόμη για την κανονική κατανομή ισχύουν τα εξής : $E(X) = \mu = 720$ και $V(X) = \sigma^2 = 34560$.



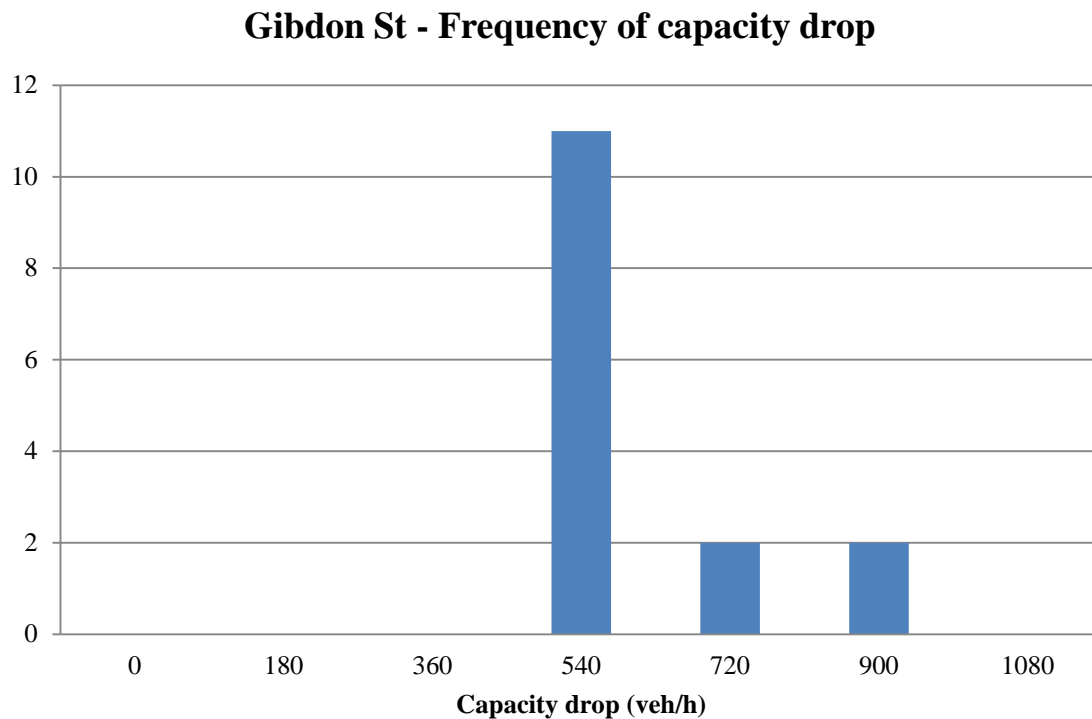
Διάγραμμα 3-13 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Belgrave Hallam Rd



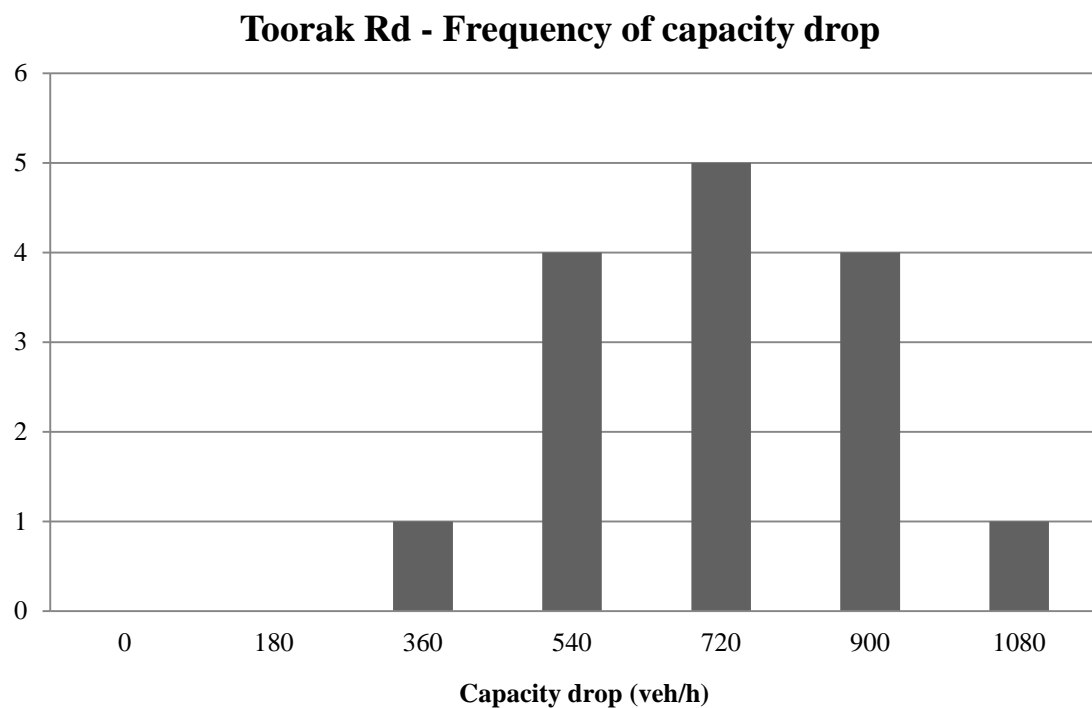
Διάγραμμα 3-14 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Heatherton Rd



Διάγραμμα 3-15 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Burke Rd



Διάγραμμα 3-16 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Gibdon St



Διάγραμμα 3-17 Συχνότητα εμφάνισης των τιμών της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop για τη ράμπα εισόδου Toorak Rd

3.2.4 Ανάλυση με βάση τις τιμές του ποσοστού *capacity drop*

Μετά το στατιστικό έλεγχο που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ημερών για μία ράμπα πραγματοποιήθηκε έλεγχος μεταξύ των πέντε ραμπών όπου συγκρίθηκαν ανά δύο. Ένα ακόμα στατιστικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των ραμπών εισόδου είναι ο Έλεγχος Στατιστικών Υποθέσεων.

Με τον όρο στατιστική υπόθεση, νοείται μια πρόταση που αφορά είτε τη δυνατότητα της παραμέτρου ορισμένης κατανομής πιθανότητας να λάβει μια συγκεκριμένη τιμή (ή να βρίσκεται σε ένα διάστημα τιμών) είτε τη μορφή της κατανομής πιθανότητας μίας ή περισσότερων τυχαίων μεταβλητών (Δρακάτος 1984).

Ως έλεγχος μιας στατιστικής υπόθεσης, νοείται μία διαδικασία κατά την οποία, χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο τυχαίο δείγμα, αποφαινόμεστε, με ορισμένη πιθανότητα, αν πρέπει να μην απορρίψουμε την υπόθεση (ή με άλλη διατύπωση, να δεχτούμε ότι είναι αληθινή) ή αν πρέπει να απορρίψουμε την υπόθεση (να δεχθούμε, δηλαδή, ότι είναι ψευδής) (Δρακάτος 1984).

Στατιστικός έλεγχος μπορεί να εφαρμοστεί, μόνο σε μία περίπτωση η οποία είναι αρκετά εξειδικευμένη, και δεν είναι ασαφής ή γενική. Στην παρούσα εργασία, εξετάστηκαν οι ράμπες εισόδου ανά δύο, και η σύγκριση έγινε με γνώμονα την τιμή που λαμβάνει το ποσοστό της ροής κατά την εμφάνιση του *capacity drop* προς τη ροή πριν από αυτό (*rate of capacity drop and flow before capacity drop*).

Η ράμπα εισόδου που συγκρίνεται με τις υπόλοιπες είναι η *Toorak Rd*, η οποία έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Μελβούρνης, γιατί ο μέσος όρος της βρίσκεται πιο κοντά στη γραμμή τάσης, σε σχέση με τις υπόλοιπες. Έτσι έγινε προσπάθεια διερεύνησης των χαρακτηριστικών που τη διαφοροποιούν, σε σχέση με τις υπόλοιπες ράμπες εισόδου. Η υπόθεση στην οποία βασίστηκε ο έλεγχος είναι :

H_0 : Οι τιμές του ποσοστού του *capacity drop* (*rate of capacity drop*), δε διαφέρουν μεταξύ των δύο ραμπών εισόδου.

H_1 : Οι τιμές του ποσοστού του *capacity drop* (*rate of capacity drop*), διαφέρουν μεταξύ των δύο ραμπών εισόδου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε έλεγχο συνοψίζονται στους αντίστοιχους πίνακες.

Στη σύγκριση που έγινε μεταξύ των ραμπών εισόδου *Toorak Rd* και *Belgrave Hallam Rd*, Πίνακας 3-6, βρέθηκε η διακύμανση τους, η οποία ήταν ίση και για τις δύο περιπτώσεις. Έτσι ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε, αφορούσε δείγματα με ίσες

διακυμάνσεις. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, οι μέσοι όροι έχουν απόκλιση 0,01, η οποία δεν είναι σημαντική. Για την αποδοχή ή όχι της μηδενικής υπόθεσης, σημαντικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι η τιμή t είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή $-t$ για το δίπλευρο έλεγχο. Ή με άλλα λόγια, η τιμή t είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή t για δίπλευρο έλεγχο. Επομένως, η *μηδενική υπόθεση επαληθεύεται* για αυτή την περίπτωση. Δηλαδή οι μέσοι όροι του ποσοστού που εξετάστηκαν είναι ίσοι.

Ο Πίνακας 3-7, αναφέρεται στη σύγκριση των ραμπών εισόδου *Toorak Rd* που οδηγεί στο κέντρο της πόλης, με τη *Heatherton Rd* που οδηγεί εκτός του κέντρου. Οι διακυμάνσεις που βρέθηκαν δεν ήταν απολύτως ίσες, έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις, και χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος για άνισες διακυμάνσεις. Οι μέσοι όροι που προέκυψαν από τον έλεγχο, δεν παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους, είναι μόλις 0,01. Έπειτα κατά την απόρριψη ή αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης, ελέγχθηκε αν η τιμή t είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή t για δίπλευρο έλεγχο, κάτι που ισχύει. Έτσι, *επαληθεύεται η μηδενική υπόθεση*.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των ραμπών εισόδου που οδηγούν στο κέντρο της Μελβούρνης, *Toorak Rd* και *Burke Rd*, οι μέσες τιμές τους δε διαφέρουν σημαντικά, και οι διακυμάνσεις τους διαφέρουν κατά 0,0002. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε έλεγχος των δειγμάτων με άνισες διακυμάνσεις. Ως αποτέλεσμα αυτού του ελέγχου είναι και πάλι η *επαλήθευση της μηδενικής υπόθεσης*, εφόσον η τιμή t είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή t για δίπλευρο έλεγχο.

Η τελευταία σύγκριση αναφέρεται και πάλι σε δύο ράμπες με κατεύθυνση προς το κέντρο της πόλης, τις *Toorak Rd* και *Gibdon St*. Και σε αυτή την περίπτωση η *μηδενική υπόθεση επαληθεύεται*, εφόσον οι μέσες τιμές τους δε διαφέρουν κατά πολύ και η τιμή t είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή t για δίπλευρο έλεγχο. Ο έλεγχος από τον οποίο προέκυψαν τα αποτελέσματα, είναι για άνισες διακυμάνσεις, εφόσον διαφέρουν κατά 0,0003.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, πως για τις ράμπες όπου η διαφορά μεταξύ των διακυμάνσεων, για κάθε ζεύγος που συγκρίνεται, είναι πολύ μικρή, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο έλεγχος για υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν και στις τρεις περιπτώσεις δεν έχουν ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις με αυτά των Πινάκων 3-7 έως 3-9, και η μηδενική υπόθεση επαληθεύεται και πάλι.

**Έλεγχος t δύο δειγμάτων με
υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις**

	<i>Toorak Rd</i>	<i>Belgrave Hallam Rd</i>
Μέσος	0,080931337	0,074346965
Διακύμανση	0,000493051	0,000495977
Μέγεθος δείγματος	16	16
Διάμεση διακύμανση	0,000494514	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	30	
t	0,837471502	
P(T<= t) μονόπλευρη	0,204475027	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,697260851	
P(T<= t) δίπλευρη	0,408950054	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,042272449	

Πίνακας 3-6 Toorak Rd – Belgrave Hallam Rd

**Έλεγχος t δύο δειγμάτων με
υποτιθέμενες άνισες διακυμάνσεις**

	<i>Toorak Rd</i>	<i>Heatherton Rd</i>
Μέσος	0,080931337	0,072316727
Διακύμανση	0,000493051	0,000663845
Μέγεθος δείγματος	16	16
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	29	
t	1,013091052	
P(T<= t) μονόπλευρη	0,159697556	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,699126996	
P(T<= t) δίπλευρη	0,319395111	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,045229611	

Πίνακας 3-7 Toorak Rd – Heatherton Rd

**Έλεγχος t δύο δειγμάτων με
υποτιθέμενες άνισες διακυμάνσεις**

	<i>Toorak Rd</i>	<i>Burke Rd</i>
Μέσος	0,080931337	0,089121929
Διακύμανση	0,000493051	0,000248282
Μέγεθος δείγματος	16	14
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	27	
t	-1,175493143	
P(T<= t) μονόπλευρη	0,12502971	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,703288423	
P(T<= t) δίπλευρη	0,250059419	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,051830493	

Πίνακας 3-8 Toorak Rd – Burke Rd

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες άνισες διακυμάνσεις

	<i>Toorak Rd</i>	<i>Gibdon St</i>
Μέσος	0,080931337	0,073498322
Διακύμανση	0,000493051	0,000185971
Μέγεθος δείγματος	16	16
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	25	
t	1,140993277	
P(T<= t) μονόπλευρη	0,132342589	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,708140745	
P(T<= t) δίπλευρη	0,264685177	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,059538536	

Πίνακας 3-9 Toorak Rd – Gibdon St

Η γενικότερη παρατήρηση που προέκυψε σε όλες τις περιπτώσεις είναι πως ο μέσος όρος του ποσοστού της ροής κατά την εμφάνιση του capacity drop δε διαφέρει μεταξύ των ραμπών εισόδου. Επειδή όμως στους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν ανά ζεύγος ραμπών, οι μέσες τιμές που προέκυψαν δε διαφέρουν σημαντικά, δεν μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η ισότητά τους παρουσιάζεται σε μεγάλο βαθμό. Αυτό γίνεται εμφανές και από το γεγονός, ότι οι τιμές τους κυμαίνονται μεταξύ 7 – 10%, περίπου.

3.3 Συσχέτιση ροής ράμπας και ροής κυρίως ρεύματος

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, σκοπός της δημιουργίας αυτών των διαγραμμάτων είναι η ανάδειξη της σχέσης μεταξύ των μετρήσεων της ροής της ράμπας πριν τη συγχώνευση (ramp flow) και της ροής του αυτοκινητοδρόμου μετά τη συγχώνευση (mainstream flow). Δηλαδή κατά πόσο επηρεάζεται η ροή του κυρίως ρεύματος κατάντη της συμφόρησης, από τη ροή της ράμπας, κατά την εμφάνιση του capacity drop και για όλη τη διάρκεια της συμφόρησης και αν υπάρχει κάποια εξάρτηση μεταξύ τους.

Πιο ξεκάθαρη εικόνα των δεδομένων, δίνουν τα διαγράμματα, με τις εξομαλυμένες τιμές της ροής, και με την προσθήκη γραμμής τάσης, γίνεται εμφανής η πορεία που ακολουθούν τα σημεία που αντιστοιχούν στα δεδομένα, είτε αυτή είναι ανοδική, είτε αυτή είναι καθοδική.

Πριν την εμφάνιση του capacity drop :

Με βάση τα διαγράμματα που προέκυψαν, έγινε γνωστό, ότι για τις τιμές που αφορούν το διάστημα πριν την εμφάνιση του capacity drop, σε όλες τις ημέρες, και για τις πέντε ράμπες εισόδου, όσο αυξάνεται η συμμετοχή της ράμπας αυξάνεται ταυτόχρονα και η ροή κατάντη της συγχώνευσης (Διάγραμμα 3-8). Το διάγραμμα ξεκινά από το μηδέν, εφόσον οι μετρήσεις αφορούν την αρχή της ημέρας, και έπειτα αυξάνει η ροή της ράμπας, όσο αυξάνει η ροή κατάντη της συγχώνευσης.

Αρχικά η άνοδος είναι απότομη και στην πορεία, λίγο πριν την εμφάνιση του capacity drop, η ραγδαία αύξηση σταματά, και συνεχίζει να αυξάνεται η συμμετοχή της ράμπας περισσότερο, σε σχέση με τη ροή του κυρίως ρεύματος. Δηλαδή η λειτουργία του αυτοκινητοδρόμου, στην περιοχή συγχώνευσης, κινείται σε σταθερά επίπεδα, μέχρις ότου φτάσει η ώρα αιχμής. Κατά την περίοδο αυτή, τα οχήματα που προέρχονται από τη ράμπα εισόδου ακόμη και αν μένουν σταθερά σε πλήθος, δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν πλέον, με τον ίδιο ρυθμό, γιατί το σημείο αυτό του αυτοκινητοδρόμου είναι ήδη κατειλημμένο.

Μετά την εμφάνιση του capacity drop :

Η δομή του διαγράμματος μετά την εμφάνιση του capacity drop, διαφέρει σε σχέση με τα διαγράμματα που αφορούν την περίοδο πριν από αυτό. Στην προηγούμενη περίπτωση, τα δεδομένα αφορούν από την αρχή της ημέρας έως και την εμφάνιση του φαινομένου, ενώ στη παρούσα περίπτωση, τα δεδομένα αφορούν από τη στιγμή της εμφάνισής του, έως και την πτώση της κατάληψης, σε επίπεδα κάτω του κρίσιμου.

Από το Διάγραμμα 3-9, είναι εμφανές ότι η συμμετοχή της ράμπας, αυξάνει και πάλι ταυτόχρονα με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης. Αυτό συμβαίνει γιατί στην πράξη, όσα οχήματα περάσουν από τη ράμπα εισόδου και βρεθούν στο κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου, θα προσαρτηθούν στα υπάρχοντα οχήματα, και θα αυξηθεί το πλήθος τους.

Εφόσον, τα δεδομένα που λαμβάνει το διάγραμμα αναφέρονται στην περίοδο της πτώσης της κατάληψης, μετά την εμφάνιση του capacity drop, οι υποδομές του αυτοκινητοδρόμου, επιτρέπουν την είσοδο οχημάτων, και επαναφέρουν τη ροή στο κυρίως ρεύμα, κατάντη της συγχώνευσης, σε κανονικά επίπεδα.

Οι συντελεστές συσχέτισης που προέκυψαν από όλα τα διαγράμματα μετά την εμφάνιση του capacity drop συνοψίζονται στον Πίνακα 3-10.

days	Belgrave Hallam Rd	Heatherton Rd	Burke Rd	Gibdon St	Toorak Rd
Monday 19-8-2013	0,23	0,004	0,179	0,059	0,0776
Tuesday 20-8-2013	0,1357	0,018	0,13	0,025	0,0095
Wednesday 21-8-2013	0,039	0,114	0,026	0	0,132
Thursday 22-8-2013	0,061	0,053	0,109	0,01	0,002
Friday 23-8-2013	0,079	0,05	0,006	0,012	0,218
Monday 26-8-2013	0,175	0,00002	0,027	0,111	0,0035
Tuesday 27-8-2013	0,13	0,036	0,002	0,13	0,043
Wednesday 28-8-2013	0,135	0,021	0,022	0,063	0,0009
Thursday 29-8-2013	0,134	0,051	-	0,026	-
Friday 30-8-2013	0,204	0,026	0,037	0,045	0,0336
Monday 02-8-2013	0,216	0,107	0,088	0	0,0000007
Tuesday 03-8-2013	0,256	0,217	0,031	0,129	0,222
Wednesday 04-8-2013	0,112	0,004	0,031	0,00004	0,059
Thursday 05-8-2013	0,198	0,004	0,009	0,038	0,049
Friday 06-8-2013	0,202	0,012	0,044	0,019	0,045

Πίνακας 3-10 Συντελεστές συσχέτισης των σημείων για τα διαγράμματα της συσχέτισης της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης μετά την εμφάνιση του capacity drop

3.3.1 Ράμπες με κατεύθυνση εκτός του κέντρου της πόλης

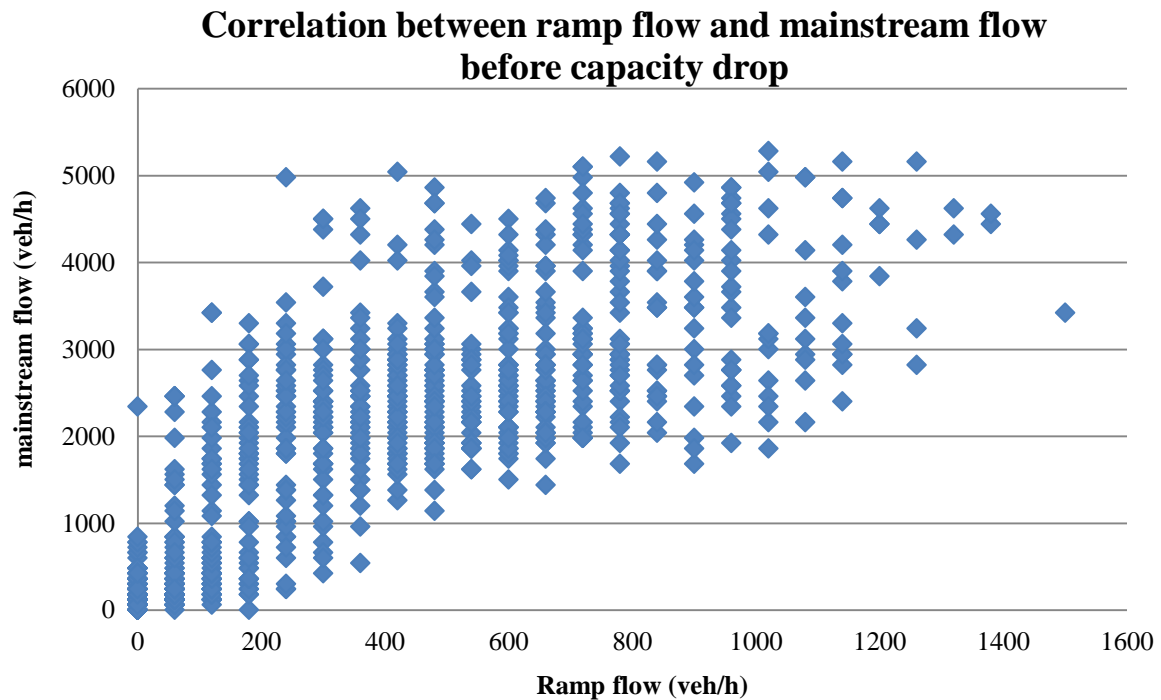
Από τη ράμπα εισόδου που οδηγεί εκτός του κέντρου της Μελβούρνης, Belgrave Hallam Rd, προέκυψαν τα Διαγράμματα 3-8 και 3-9. Το πρώτο δίνει τη σχέση της ροής της ράμπας με τη ροή κατάντη της συγχώνευσης, πριν την εμφάνιση του capacity drop, και το δεύτερο τη σχέση τους μετά από την εμφάνισή του.

Οι μετρήσεις για τη ροή της ράμπας και τη ροή του κυρίως ρεύματος, αυξάνονται ταυτόχρονα, μέχρι τη στιγμή που θα πραγματοποιηθεί η συμφόρηση. Δηλαδή η συμμετοχή της ράμπας αυξάνει ταυτόχρονα με την αύξηση της ροής του αυτοκινητοδρόμου μετά τη συγχώνευση.

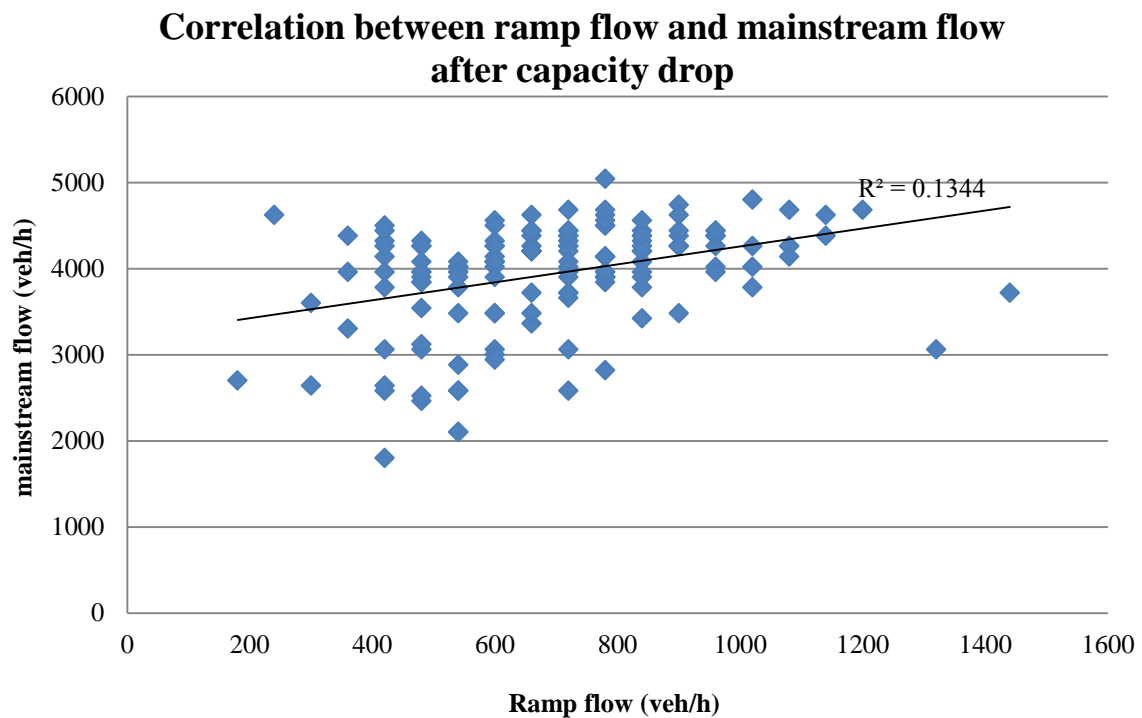
Συγκεκριμένα, για το διάγραμμα που αφορά στην περίοδο πριν τη συμφόρηση, Διάγραμμα 3-18, οι τιμές και των δύο μετρήσεων, ξεκινούν από το μηδέν και αυξάνονται σχεδόν ταυτόχρονα, ώπου φτάνουν σε ένα σημείο στο οποίο η ροή της ράμπας αυξάνεται χωρίς την αύξηση της ροής στο κυρίως ρεύμα. Επομένως, η ροή της ράμπας δεν παρουσιάζει κάποια εξάρτηση από τη ροή κατάντη της συγχώνευσης.

Από το Διάγραμμα 3-19, επιβεβαιώνεται η ύπαρξη του capacity drop, εφόσον υπάρχει πτώση στη ροή, τόσο της ράμπας όσο και του αυτοκινητοδρόμου. Το γεγονός

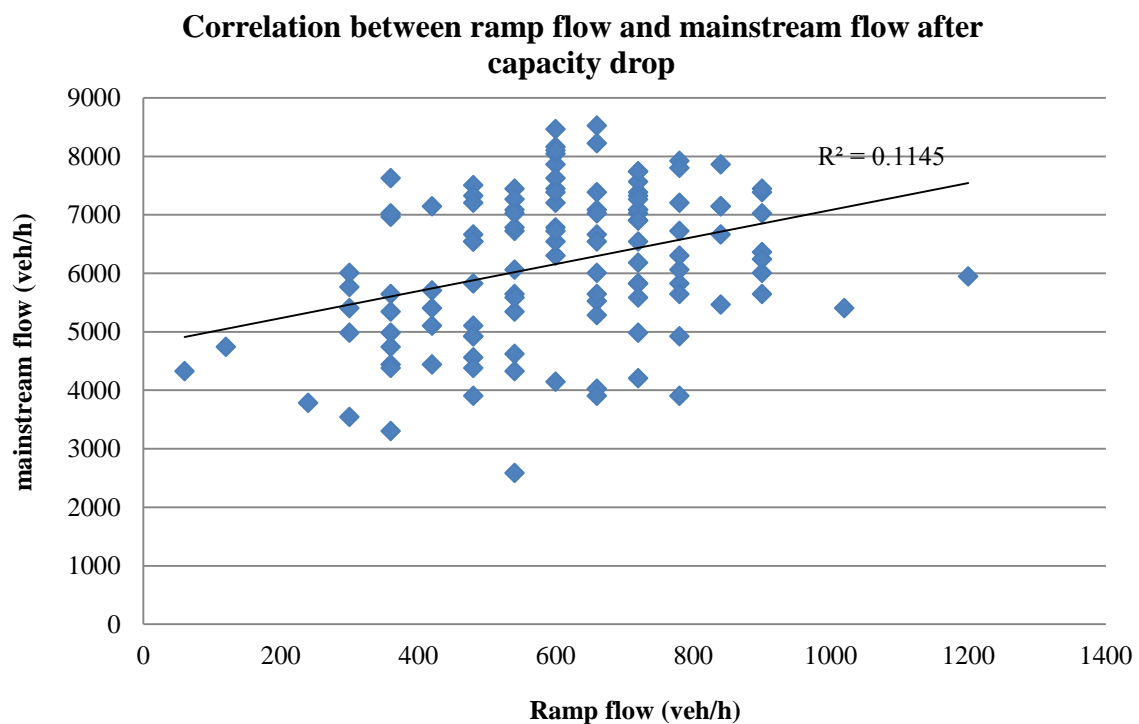
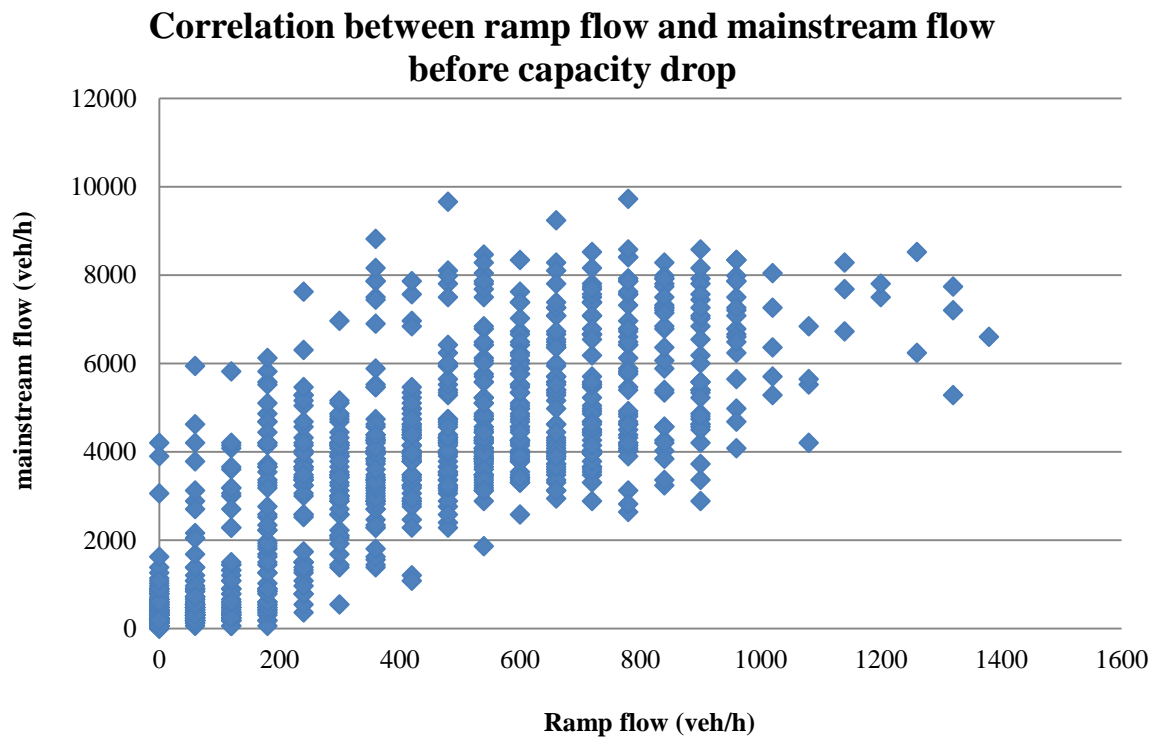
αυτό, γίνεται εμφανές και από τα δεδομένα που το αποτελούν. Συγκεκριμένα, αν συγκριθούν οι τιμές της ροής λίγα λεπτά πριν και μετά την εμφάνιση του capacity drop, η πτώση για τη ροή της ράμπας είναι περίπου στα 200 οχήματα και η πτώση της ροής κατάντη της συγχώνευσης, είναι 1000 με 1500 οχήματα.



Διάγραμμα 3-18 Belgrave Hallam Rd (29-08-2013)



Διάγραμμα 3-19 Belgrave Hallam Rd (29-08-2013)



Οι διαφορές αυτές δε συνεχίζονται για όλο το διάστημα της συμφόρησης και έπειτα, η ροή επανέρχεται σταδιακά στις ίδιες τιμές. Τα δεδομένα που αφορούν τη ροή της ράμπας έχουν κάποιες διακυμάνσεις, σε αντίθεση με τα δεδομένα της ροής του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης, όπου βρίσκονται σε σχεδόν σταθερά

επίπεδα. Επομένως προκύπτει και πάλι το συμπέρασμα ότι οι δύο τιμές της ροής δεν παρουσιάζουν κάποια εξάρτηση μεταξύ τους. Ακόμη και η ταυτόχρονη αύξηση των τιμών της ροής, δεν οφείλεται σε τυχόν εξάρτηση μεταξύ τους.

3.3.2 Ράμπες με κατεύθυνση προς το κέντρο της πόλης

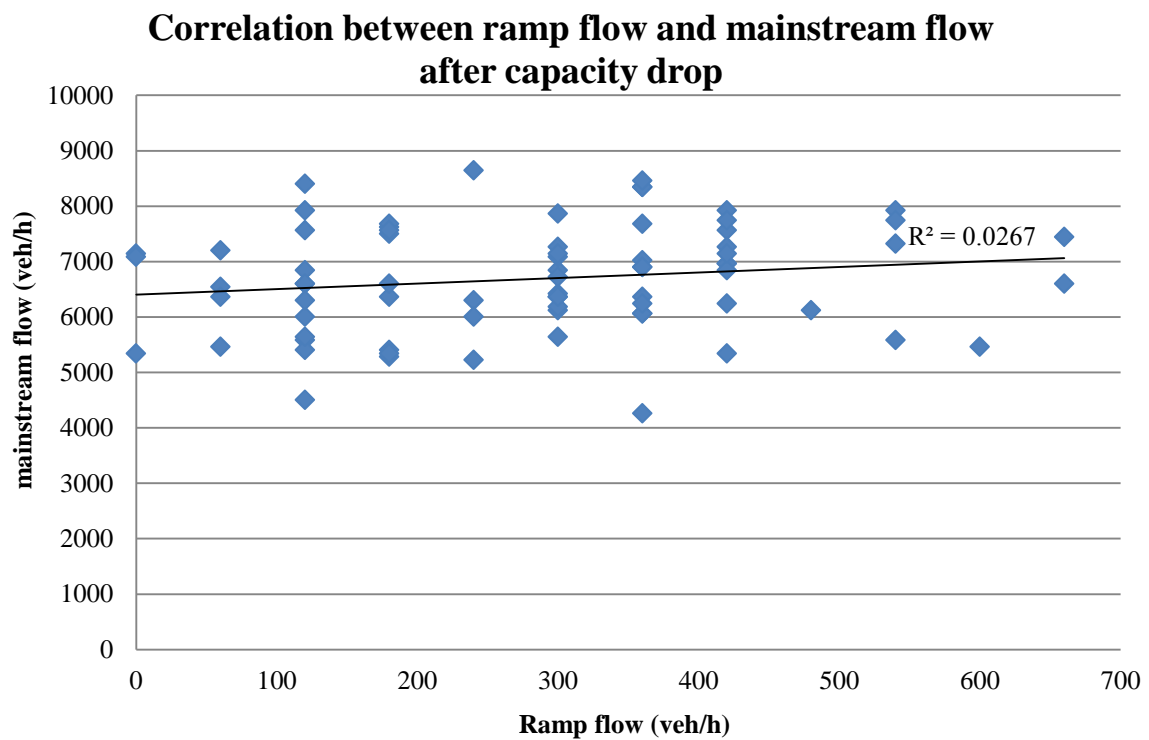
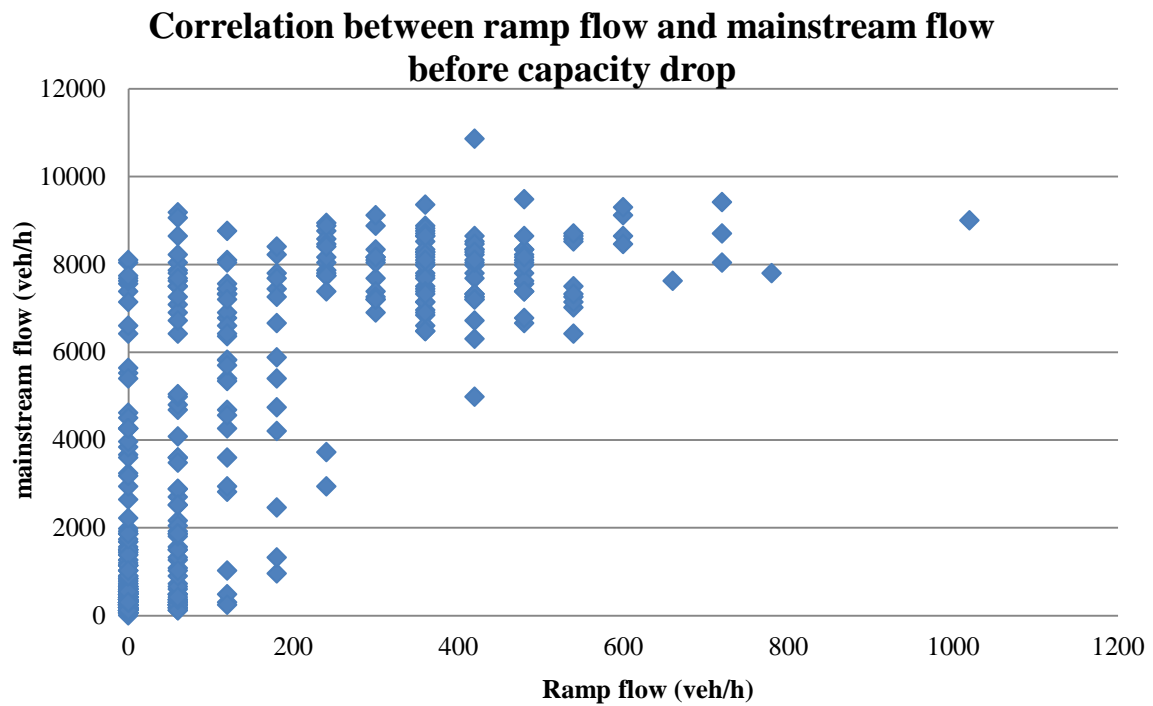
Τα χαρακτηριστικά των διαγραμμάτων των ραμπών εισόδου με κατεύθυνση προς το κέντρο της Μεμβούρνης, δε διαφέρουν και πολύ από αυτά που οδηγούν εκτός αυτού. Τα δεδομένα που αφορούν στην περίοδο πριν τη συμφόρηση, ξεκινούν και πάλι από την αρχή των αξόνων, μέχρι τη στιγμή που σταματούν να αυξάνονται ταυτόχρονα, και η ροή της ράμπας αυξάνεται ανεξάρτητα από τη ροή κατάντη της συγχώνευσης.

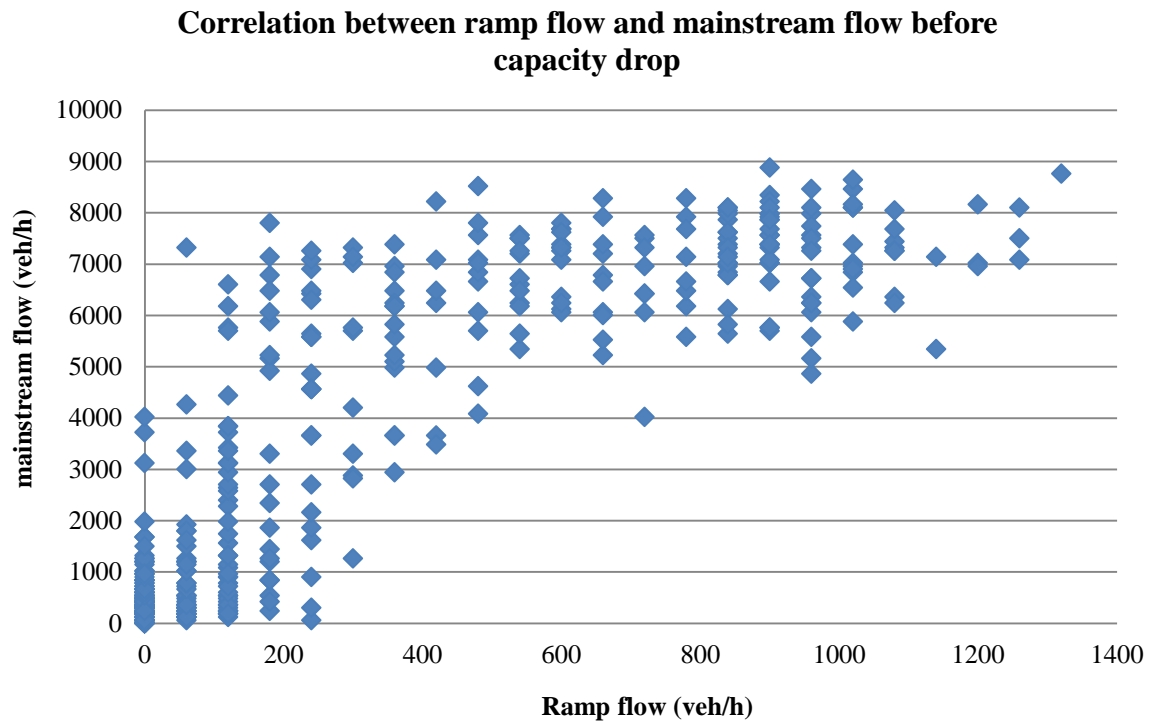
Το Διάγραμμα 3-21, επιβεβαιώνει την εμφάνιση του capacity drop, με την πτώση της ροής της ράμπας κατά 100 περίπου οχήματα και της ροής του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης κατά 1000 οχήματα. Έτσι και πάλι το συμπέρασμα που προκύπτει και για τους δύο τύπους διαγραμμάτων είναι πως η ροή κατάντη της συγχώνευσης δεν έχει καμία εξάρτηση με τη ροή της ράμπας.

Το γεγονός αυτό διαπιστώνεται παρατηρώντας τη διάταξη των δεδομένων στο διάγραμμα. Και οι δύο τιμές αυξομειώνονται ταυτόχρονα όχι απαραίτητα αναλογικά. Στην περίπτωση αυτή, η ροή του κυρίως ρεύματος, έχει πτώση ή άνοδο ανά 1000 οχήματα, και αντίστοιχα η ροή της ράμπας κατά 100 περίπου οχήματα. Ελέγχοντας τα ζεύγη των δύο τιμών, που αντιστοιχούν σε σημεία του διαγράμματος, παρατηρείται ότι ακόμα και για ίδιες τιμές της ροής κατάντη της συγχώνευσης, η τιμές που αντιστοιχούν στη ροή της ράμπας, διαφέρουν.

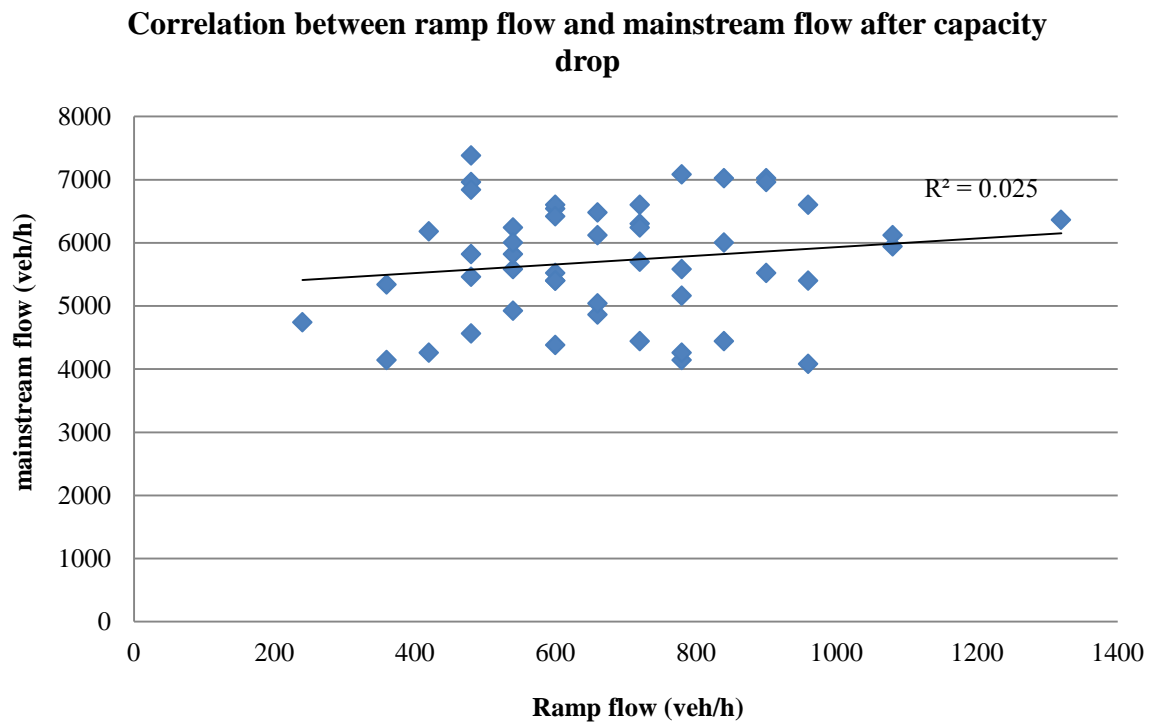
Επομένως, όσον αφορά τη ροή της ράμπας και τη ροή του κυρίως ρεύματος κατάντη της συγχώνευσης, δεν παρουσιάζεται εξάρτηση μεταξύ τους ανεξάρτητα από το διάστημα πριν ή μετά τη συμφόρηση ή ακόμα και την κατεύθυνση της ράμπας, σε σχέση με το κέντρο της πόλης. Παρόλα αυτά οι μετρήσεις των δύο τιμών αυξάνονται ή μειώνονται ταυτόχρονα.

Τα Διαγράμματα 3-22 έως 3-27 προέρχονται από μία ημέρα για κάθε ράμπα εισόδου με κατεύθυνση προς το κέντρο της Μεμβούρνης.

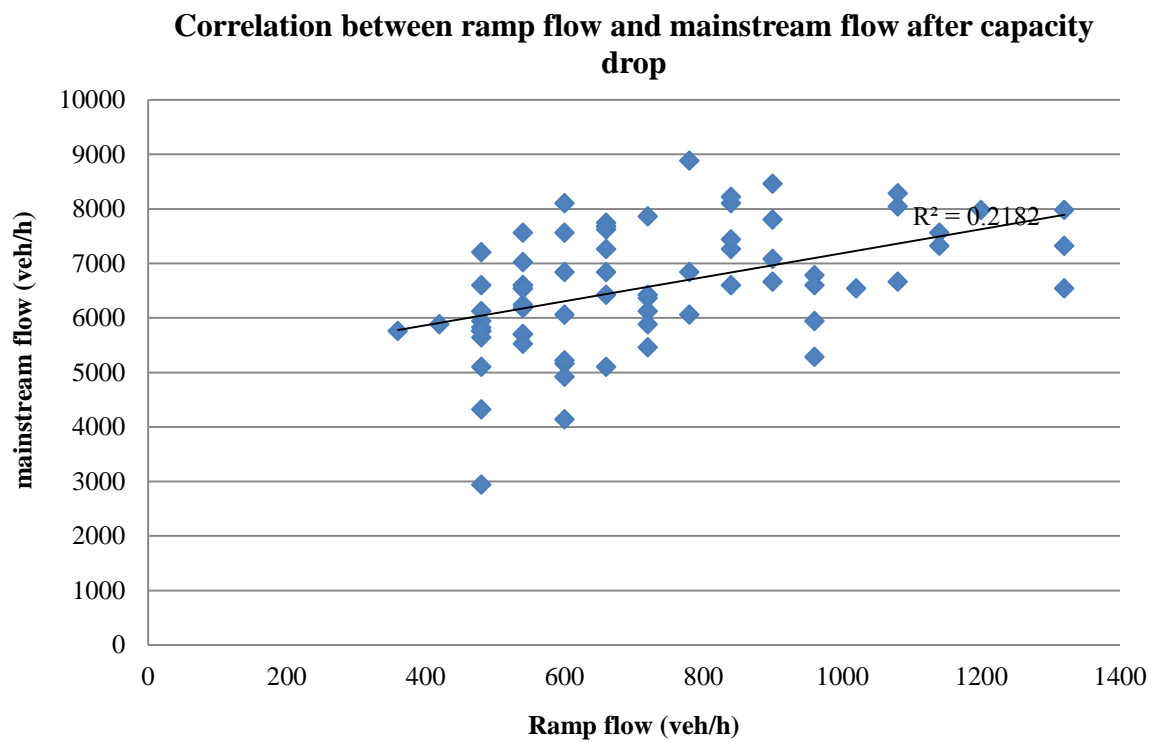
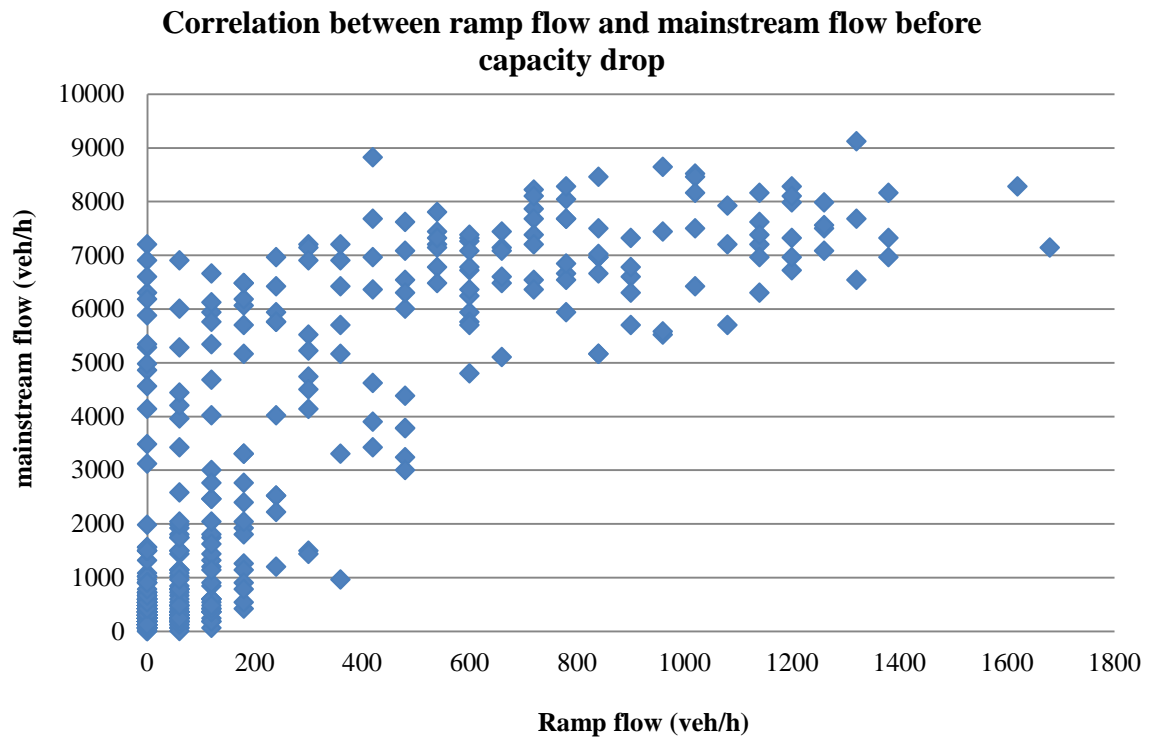




Διάγραμμα 3-24 Gibdon St 20-08-2013



Διάγραμμα 3-25 Gibdon St 20-08-2013



4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Σύννοψη διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη και ανάλυση μεθόδων που εξετάζουν την ύπαρξη συμφόρησης και των αποτελεσμάτων που λαμβάνουν χώρα κατά τη δημιουργία της σε περιαστικούς αυτοκινητοδρόμους, μέσω στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τόσο ράμπες εισόδου όσο και το κυρίως ρεύμα του αυτοκινητοδρόμου, είναι πραγματικά και προέρχονται από τον περιαστικό αυτοκινητόδρομο της Μελβούρνης, στη Βικτώρια της Αυστραλίας.

4.2 Συμπεράσματα

Ένα συμπέρασμα που προέκυψε σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι η χρονική περίοδος που εμφανίζεται η συμφόρηση. Για τις ράμπες εισόδου με κατεύθυνση προς το κέντρο της Μελβούρνης η συμφόρηση εμφανίζεται πρωινές ώρες και για τις ράμπες με κατεύθυνση εκτός του κέντρου της πόλης εμφανίζεται απογευματινές ώρες.

Συνεχίζοντας την ανάλυση σε πιο μικροσκοπικό επίπεδο και εξετάζοντας τους μέσους όρους του ποσοστού του capacity drop, προέκυψε ότι δεν υπάρχει κάποια σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ποσοστών των ραμπών εισόδου. Αντίστοιχα οι συχνότητες εμφάνισης των τιμών του capacity drop έδειξαν να μην εμφανίζουν κάποια συγκεκριμένη στατιστική κατανομή. Παρόλα αυτά οι περισσότερες από αυτές τείνουν στην κανονική. Στο επόμενο βήμα της ανάλυσης έγινε σύγκριση του ποσοστού του capacity drop ανά δύο ράμπες εισόδου για να διερευνηθεί το συμπέρασμα που προέκυψε παραπάνω σχετικά με την ισότητά τους.

Τα αποτελέσματα του Ελέγχου Στατιστικής Υπόθεσης για κάθε ζεύγος ραμπών εισόδου επαλήθευσαν σε όλες τις περιπτώσεις την ισότητα των συγκρινόμενων ποσοστών. Τέλος, με την κατασκευή των διαγραμμάτων της ροής της ράμπας και της ροής κατάντη της συγχώνευσης στο κυρίως ρεύμα, για την περίοδο πριν την εμφάνιση του capacity drop οι δύο μετρήσεις αυξάνονται ταυτόχρονα. Για τα διαγράμματα που αφορούν την περίοδο μετά την εμφάνιση του capacity drop οι δύο μετρήσεις αυξομειώνονται ταυτόχρονα αλλά όχι πάντοτε αναλογικά. Οι δύο μετρήσεις δεν παρουσιάζουν εξάρτηση μεταξύ τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

days	Time (h)	Occupancy (%)	Smoothed rate of flow before capacity drop	Smoothed rate of flow after capacity drop	Rate of capacity drop	Rate of ramp flow
Monday 19-08-2013	18,11	27,70	15,00	16,00	7,14	19,64
Tuesday 20-08-2013	16,17	29,40	23,00	24,00	8,33	29,17
Wednesday 21-08-2013	16,67	28,20	18,00	19,00	7,14	20,24
Thursday 22-08-2013	17,41	28,60	17,00	18,00	4,55	31,82
Friday 23-08-2013	15,63	30,30	22,00	23,00	12,00	25,33
Monday 26-08-2013	16,15	21,65	17,00	18,00	6,45	25,81
Tuesday 27-08-2013	15,34	21,35	17,00	18,00	6,45	24,52
Wednesday 28-08-2013	16,41	23,45	14,00	16,00	6,90	21,67
Thursday 29-08-2013	16,64	23,90	18,00	19,00	6,45	21,51
Friday 30-08-2013	15,44	20,85	15,00	16,00	12,12	22,22
Monday 02-09-2013	16,49	23,85	17,00	18,00	6,90	23,28
Tuesday 03-09-2013	17,23	22,30	17,00	18,00	9,68	25,81
Wednesday 04-09-2013	16,01	24,65	19,00	20,00	6,67	22,22
Thursday 05-09-2013	16,54	24,25	19,00	20,00	3,85	26,28
Friday 06-09-2013	15,78	23,55	20,00	21,00	6,90	27,59

Π1 Belgrane Hallam Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες

days	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Monday 19-08-2013	5040	4680	990	900	360	2520
Tuesday 20-08-2013	4320	3960	1260	1224	360	2160
Wednesday 21-08-2013	5040	4680	1020	949	360	2520
Thursday 22-08-2013	3960	3780	1260	828	180	1980

Friday 23-08-2013	4500	3960	1140	900	540	2250
Monday 26-08-2013	5580	5220	1440	1260	360	2790
Tuesday 27-08-2013	5580	5220	1368	1080	360	2790
Wednesday 28-08-2013	5220	4860	1131	1080	360	2610
Thursday 29-08-2013	5580	5220	1200	1110	360	2790
Friday 30-08-2013	5940	5220	1320	1020	720	2970
Monday 02-09-2013	5220	4860	1215	1125	360	2610
Tuesday 03-09-2013	5580	5040	1440	1044	540	2790
Wednesday 04-09-2013	5400	5040	1200	1170	360	2700
Thursday 05-09-2013	4680	4500	1230	1140	180	2340
Friday 06-09-2013	5220	4860	1440	1215	360	2610

Π2 Belgrane Hallam Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες

days	Time (h)	Occupancy (%)	Smoothed rate of flow before capacity drop	Smoothed rate of flow after capacity drop	Rate of capacity drop	Rate of ramp flow
Monday 19-08-2013	16,51	27,20	8,00	8,80	3,70	10,58
Tuesday 20-08-2013	16,00	28,25	12,00	12,40	6,52	13,95
Wednesday 21-08-2013	17,23	30,45	11,50	12,00	4,17	15,22
Thursday 22-08-2013	15,39	30,93	7,30	7,50	11,11	13,13
Friday 23-08-2013	15,84	29,75	11,30	11,60	9,52	14,21
Monday 26-08-2013	17,70	28,25	10,90	11,00	12,50	14,29
Tuesday 27-08-2013	17,38	28,88	10,50	10,80	7,69	11,46
Wednesday 28-08-2013	17,95	29,60	10,10	11,00	4,65	14,63
Thursday 29-08-2013	17,23	28,30	10,90	11,70	6,38	13,64
Friday 30-08-2013	17,72	28,53	10,20	11,20	8,33	12,50
Monday 02-09-2013	16,26	27,58	10,30	10,80	6,38	12,12
Tuesday 03-09-2013	15,78	26,15	10,20	10,00	10,42	13,95
Wednesday 04-09-2013	18,13	26,28	10,00	10,30	6,12	15,22

Thursday 05-09-2013	17,92	28,65	10,00	11,10	6,52	13,18
Friday 06- 09-2013	16,51	28,55	11,10	11,90	4,44	13,02

Π3 Heatherton Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες

days	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Monday 19-08-2013	9720	9360	990	972	360	2430
Tuesday 20-08-2013	8280	7740	1080	1008	540	2070
Wednesday 21-08-2013	8640	8280	1260	900	360	2160
Thursday 22-08-2013	8100	7200	945	855	900	2025
Friday 23- 08-2013	7560	6840	972	900	720	1890
Monday 26-08-2013	8640	7560	1080	780	1080	2160
Tuesday 27-08-2013	9360	8640	990	960	720	2340
Wednesday 28-08-2013	7740	7380	1080	945	360	1935
Thursday 29-08-2013	8460	7920	1080	900	540	2115
Friday 30- 08-2013	8640	7920	990	900	720	2160
Monday 02-09-2013	8460	7920	960	900	540	2115
Tuesday 03-09-2013	8640	7740	1080	900	900	2160
Wednesday 04-09-2013	8820	8280	1260	1080	540	2205
Thursday 05-09-2013	8280	7740	1020	900	540	2070
Friday 06- 09-2013	8100	7740	1008	900	360	2025

Π4 Heatherton Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες

days	Time (h)	Occupancy (%)	Smoothed rate of flows before capacity drop	Smoothed rate of flows after capacity drop	Rate of capacity drop	Rate of ramp flow
Monday 19-8-2013	8,11	23,72	5,100	5,300	7,407	7,407
Tuesday 20-8-2013	8,7	23,58	5,500	5,600	5,660	8,176
Wednesday 21-8-2013	8,84	24,58	5,300	5,300	8,333	7,176

Thursday 22-8-2013	8,77	26,90	6,000	6,100	11,538	6,731
Friday 23- 8-2013	9,01	26,22	5,100	5,400	10,989	6,923
Monday 26-8-2013	8,98	29,52	6,700	6,700	9,804	6,863
Tuesday 27-8-2013	8,84	30,14	5,700	5,600	8,000	7,000
Wednesday 28-8-2013	8,28	30,48	7,100	6,900	9,434	6,604
Friday 30- 8-2013	8,64	30,90	6,800	6,700	9,804	8,235
Monday 02-9-2013	8,89	26,76	5,700	5,800	10,000	6,667
Tuesday 03-9-2013	8,91	27,78	4,000	4,100	8,000	7,333
Wednesday 04-9-2013	7,86	28,84	4,900	5,200	7,273	5,909
Friday 06- 9-2013	8,59	24,00	5,400	5,500	9,615	6,538

Π5 Burke Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες

days	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Monday 19-8-2013	9720	9000	720	720	720	1944
Tuesday 20-8-2013	9540	9000	780	630	540	1908
Wednesday 21-8-2013	8640	7920	620	540	720	1728
Thursday 22-8-2013	9360	8280	630	585	1080	1872
Friday 23- 8-2013	9100	8100	630	612	1000	1820
Monday 26-8-2013	9180	8280	630	540	900	1836
Tuesday 27-8-2013	9000	8280	630	540	720	1800
Wednesday 28-8-2013	9540	8640	630	540	900	1908
Friday 30- 8-2013	9180	8280	756	660	900	1836
Monday 02-9-2013	9000	8100	600	540	900	1800
Tuesday 03-9-2013	9000	8280	660	600	720	1800
Wednesday 04-9-2013	9900	9180	585	540	720	1980
Friday 06- 9-2013	9360	8460	612	600	900	1872

Π6 Burke Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες

days	Time (h)	Occupancy (%)	Smoothed rate of flows before capacity drop	Smoothed rate of flows after capacity drop	Rate of capacity drop	Rate of ramp flow
Monday 19-8-2013	8,49	33,93	12,30	12,50	6,52	15,22
Tuesday 20-8-2013	9,38	37,10	10,50	10,80	7,14	13,49
Wednesday 21-8-2013	7,81	33,73	10,70	10,60	6,12	12,24
Thursday 22-8-2013	8,42	36,78	12,60	13,70	6,25	13,54
Friday 23-8-2013	8,36	36,15	13,10	13,20	6,82	14,20
Monday 26-8-2013	8,27	36,80	11,40	12,30	8,51	12,77
Tuesday 27-8-2013	8,22	36,95	12,60	12,80	10,42	12,50
Wednesday 28-8-2013	8,35	36,20	13,30	13,50	6,52	15,22
Thursday 29-8-2013	8,35	36,20	13,30	13,50	6,52	15,22
Friday 30-8-2013	8,24	32,38	13,20	13,90	10,20	13,27
Monday 02-8-2013	8,67	35,25	11,90	13,20	6,67	13,89
Tuesday 03-8-2013	8,34	36,63	12,80	14,20	6,67	15,56
Wednesday 04-8-2013	8,76	38,38	14,40	13,40	8,70	15,22
Thursday 05-8-2013	7,68	37,03	8,80	10,60	6,52	15,22
Friday 06-8-2013	8,40	38,00	13,00	13,10	6,67	13,78

Π7 Gibdon St – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες

days	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	Capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Monday 19-8-2013	8280	7740	1260	1080	540	2070
Tuesday 20-8-2013	7560	7020	1020	945	540	1890
Wednesday 21-8-2013	8820	8280	1080	900	540	2205
Thursday 22-8-2013	8640	8100	1170	1080	540	2160
Friday 23-8-2013	7920	7380	1125	1080	540	1980
Monday 26-8-2013	8460	7740	1080	1080	720	2115

Tuesday 27-8-2013	8640	7740	1080	990	900	2160
Wednesday 28-8-2013	8280	7740	1260	900	540	2070
Thursday 29-8-2013	8280	7740	1260	1170	540	2070
Friday 30- 8-2013	8820	7920	1170	1080	900	2205
Monday 02-8-2013	8100	7560	1125	1080	540	2025
Tuesday 03-8-2013	8100	7560	1260	1080	540	2025
Wednesday 04-8-2013	8280	7560	1260	1080	720	2070
Thursday 05-8-2013	8280	7740	1260	1080	540	2070
Friday 06- 8-2013	8100	7560	1116	990	540	2025

Π8 Gibdon St – Τιμές της ροή για όλες τις ημέρες

days	Time (h)	Occupancy (%)	Smoothed rate of flow before capacity drop	Smoothed rate of flow after capacity drop	Rate of capacity drop	Rate of ramp flow
Monday 19-8-2013	8,33	20,350	11,800	11,500	5,660	18,868
Tuesday 20-8-2013	8,56	25,125	10,600	10,800	6,122	13,469
Wednesday 21-8-2013	7,44	21,775	9,300	13,100	7,547	18,868
Thursday 22-8-2013	8,46	30,325	10,800	12,000	7,692	12,308
Friday 23- 8-2013	8,39	23,350	11,000	12,000	4,000	15,000
Monday 26-8-2013	8,67	31,500	11,000	11,100	8,511	11,702
Tuesday 27-8-2013	8,59	32,350	12,600	12,700	8,163	13,605
Wednesday 28-8-2013	8,05	33,050	14,500	14,800	6,000	12,000
Thursday 29-8-2013	9,85	30,000	11,900	11,100	10,204	14,286
Friday 30- 8-2013	8,53	32,375	10,400	10,600	6,122	12,245
Monday 02-09-2013	8,86	22,650	9,900	10,000	10,000	12,500
Tuesday 03-9-2013	9,01	22,050	9,600	9,800	10,870	8,261
Wednesday 04-9-2013	8,55	23,650	11,200	11,400	10,417	14,583
Thursday 05-9-2013	8,13	25,475	10,500	11,400	12,245	16,327
Friday 06- 9-2013	8,01	23,075	11,000	11,100	7,843	12,745

Π9 Toorak Rd – Ποσοστά που αφορούν τη ροή για όλες τις ημέρες

days	Capacity flow (veh/h)	Discharge flow (veh/h)	Ramp flow before capacity drop (veh/h)	Ramp flow after capacity drop (veh/h)	capacity drop (veh/h)	Capacity flow per lane (veh/h/lane)
Monday 19-8-2013	9540	9000	1800	1350	540	2385
Tuesday 20-8-2013	8820	8280	1188	1080	540	2205
Wednesday 21-8-2013	9540	8820	1800	1260	720	2385
Thursday 22-8-2013	9360	8640	1152	792	720	2340
Friday 23- 8-2013	9000	8640	1350	1170	360	2250
Monday 26-8-2013	8460	7740	990	900	720	2115
Tuesday 27-8-2013	8820	8100	1200	840	720	2205
Wednesday 28-8-2013	9000	8460	1080	990	540	2250
Thursday 29-8-2013	8820	7920	1260	900	900	2205
Friday 30- 8-2013	8820	8280	1080	990	540	2205
Monday 02-09-2013	9000	8100	1125	720	900	2250
Tuesday 03-9-2013	8280	7380	684	660	900	2070
Wednesday 04-9-2013	8640	7740	1260	900	900	2160
Thursday 05-9-2013	8820	7740	1440	1080	1080	2205
Friday 06- 9-2013	9180	8460	1170	1080	720	2295

Π10 Toorak Rd – Τιμές της ροής για όλες τις ημέρες

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Papamichail I., Papageorgiou M., Vong V., Gaffney J., 2010. 'Heuristic Ramp-Metering Coordination Strategy Implemented at Monash Freeway, Australia'. Journal of the Transportation Research Board 2178, 10-20.

Spiliopoulou A.D., Manolis D., Papamichail I., Papageorgiou M., 2010. 'Queue Management Techniques for Metered Freeway On-Ramps'. Journal of the Transportation Research Board 2178, 40-48.

Papageorgiou M., Kotsialos A., 2002. 'Freeway Ramp Metering: An Overview', IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 3. 4, 271-281.

Carlson R.C., Papamichail I., Papageorgiou M., Messmer A., 2010. 'Optimal mainstream traffic flow control of large-scale motorway networks'. Transportation Research Part C 18, 193-212.

Δρακάτος Κ.Γ, 1984. 'Στατιστική', Δεύτερη έκδοση. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.