

**«Η ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΟ
ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΓΙΓΝΕΣΘΑΙ»**

ΕΙΣΗΤΗΡΙΟΣ ΟΜΙΛΙΑ ΣΤΗΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ

26 Νοεμβρίου, 2013

Κύριε Πρόεδρε της Ακαδημίας Αθηνών,
Κύριε Υπουργέ,
Κύριε Γενικό Γραμματέα Έρευνας και Τεχνολογίας,
Κυρία και Κύριοι Ακαδημαϊκοί,
Κυρίες και Κύριοι,

Ευχαριστώ τον αξιότιμο πρόεδρο της Ακαδημίας Αθηνών για την ευγενική προσφώνηση του και τον αγαπητό Ακαδημαϊκό κ. Χρήστο Ζερεφό για την γενναιόφρονα παρουσίαση του επιστημονικού μου έργου και των άλλων ακαδημαϊκών μου δραστηριοτήτων.

Αισθάνομαι μεγάλη συγκίνηση γιατί εισέρχομαι σήμερα και επισήμως στο ανώτατο πνευματικό ίδρυμα της χώρας, την Ακαδημία Αθηνών, μετά την τιμή που μου έκανε το επίλεκτο αυτό σώμα της Ελληνικής επιστήμης και διανόησης να με εκλέξει αντεπιπέλλον μέλος της τάξης των θετικών επιστημών.

Στέκομαι ενώπιόν σας με δέος και παρρησία ελπίζοντας να φανώ αντάξιος της εμπιστοσύνης σας.

Έχω εκπαιδευτεί και δραστηριοποιηθεί επαγγελματικά για πολλά χρόνια στο αντικείμενο του Συγκοινωνιολόγου μηχανικού το οποίο σοφά η Ακαδημία οριοθέτησε ως ανήκον στην «*Επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών*» αναγνωρίζοντας έτσι στις τάξεις της, για πρώτη φορά, το αντικείμενο αυτό ως ειδικευση και κλάδο των θετικών επιστημών. Είμαι βέβαιος ότι η επιλογή των όρων «*Μεταφορών*» και «*Συγκοινωνιών*», έγινε ηθελημένα για να εκφράσει το σύνολο της επιστήμης αυτής ως καλύπτον όλα τα θέματα Σχεδιασμού και διαχείρισης αφ' ενός μεν των «*συστημάτων Μεταφορών*», όπου ο όρος καλύπτει:

- ✓ τα αντίστοιχα δίκτυα υποδομών,
- ✓ την κυκλοφορία και στάθμευση πάνω στα δίκτυα αυτά, καθώς και
- ✓ τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές επιβατών και εμπορευμάτων,

και αφ' ετέρου τα θέματα Σχεδιασμού και διαχείρισης των «συστημάτων Συγκοινωνιών» όπου κυρίως μιλάμε για τα συστήματα μαζικών, Δημόσιων ή ιδιωτικών, Συγκοινωνιών των επιβατών με όλα τα μεταφορικά μέσα.

Καλύπτονται έτσι όλες οι «οντότητες» που συνθέτουν το σύστημα εξυπηρέτησης των αναγκών για μετακινήσεις και μεταφορές στη σύγχρονη κοινωνία ανεξάρτητα από το μεταφορικό μέσο που χρησιμοποιείται.

Θα επιχειρήσω να παρουσιάσω στην ομιλία μου αυτή το βασικό περιεχόμενο αλλά και την διαχρονική εξέλιξη της «*Επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών*», η οποία σήμερα αποτελεί πλέον έναν από τους βασικούς κλάδους ειδίκευσης των μηχανικών αλλά και άλλων επιστημονικών κλάδων. Θα το κάνω αυτό αποφεύγοντας τη χρήση πολύ εξειδικευμένης επιστημονικής ορολογίας και απλοποιώντας τα σχετικά θέματα προς όφελος της σαφήνειας, απευθυνόμενος και προς μη ειδικούς, και οριοθετώντας τις κυριότερες και χαρακτηριστικότερες κατά τη γνώμη μου περιόδους της επιστήμης αυτής από την εμφάνισή της μέχρι σήμερα.

1. Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ «ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΞΙΔΑΝΙΚΕΥΣΗΣ»

Η αρχική αυτή περίοδος ανάπτυξης της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών θα μπορούσε να αποκληθεί βάσιμα και ως «*περίοδος της θεωρητικής εξιδανίκευσης*» γιατί στη συντριπτική τους πλειοψηφία οι σχετικές αναλύσεις και μεθοδολογίες ήταν καθαρά θεωρητικές διατυπώσεις που αφορούσαν εξιδανικευμένες καταστάσεις κυκλοφοριακής ροής αρχικά σε ένα τμήμα και αργότερα σε ένα δίκτυο. Η περίοδος ξεκινάει με τη συστηματική μελέτη και ανάλυση της οδικής κυκλοφορίας σε ένα σημείο ή ολόκληρο το οδικό τμήμα και την διατύπωση των λεγόμενων *θεμελιωδών διαγραμμάτων κυκλοφοριακής ροής* δηλαδή μαθηματικών σχέσεων μεταξύ ταχύτητας, πυκνότητας, και κυκλοφοριακού φόρτου. Πρόκειται για τον αρχαιότερο κλάδο του αντικειμένου της επιστήμης των «Μεταφορών και Συγκοινωνιών» που είναι αυτός της «*Θεωρίας κυκλοφοριακής ροής*» (traffic flow theory).

Πρώτος μελέτησε τις σχέσεις αυτές ο Bruce Douglas Greenshields στα μέσα της δεκαετίας του 1930. Στην μελέτη του που δημοσιεύτηκε το 1935¹ αναλύει τις

¹ Greenshields, B. D. 1935, «A study of traffic capacity», *Highway Research Board, Proc. Annual Meet.* 14: 448-477.

σχέσεις μεταξύ κυκλοφοριακού φόρτου, πυκνότητας κυκλοφορίας, και ταχύτητας της κυκλοφορίας με βάση εμπειρικά δεδομένα που συνέλεξε ο ίδιος.

Τα πρώτα αυτά διαγράμματα μη διακοπτόμενης κυκλοφοριακής ροής, αφορούσαν απλοποιημένες γραμμικές ή παραβολικές σχέσεις μεταξύ των «θεμελιωδών» μεγεθών της κυκλοφορίας - της μορφής:

$$q = a \cdot k - b \cdot k^2$$

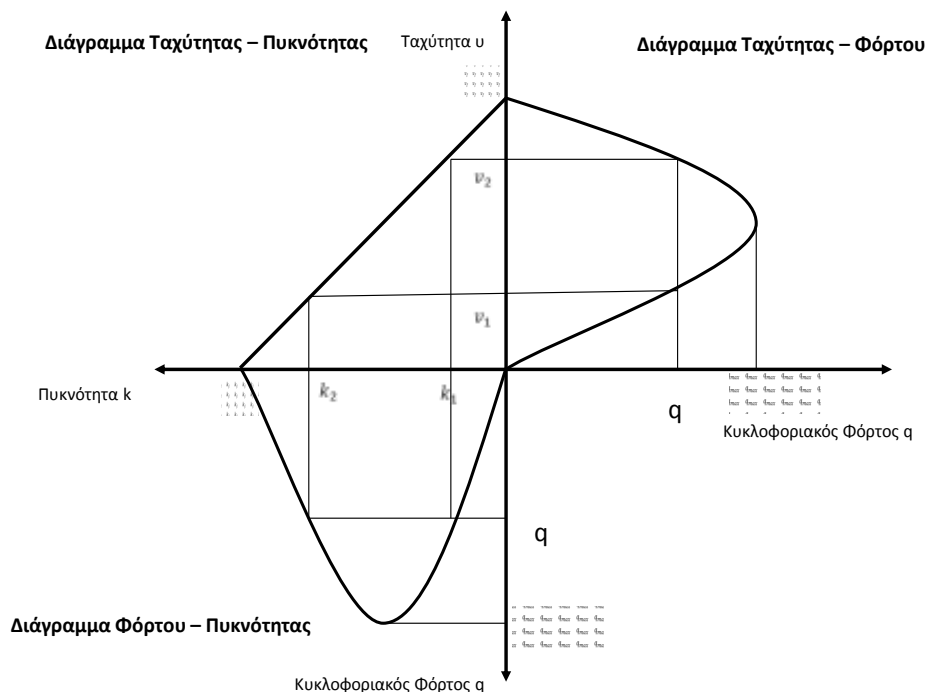
όπου: q ο φόρτος και k η πυκνότητα κυκλοφορίας,

ή

$$v = a \cdot q - b \cdot q^2$$

όπου: v η ταχύτητα και q ο κυκλοφοριακός φόρτος.

Ακολούθησε μια σειρά πρόσθετων μαθηματικών διατυπώσεων («μοντέλων») που διήρκεσε για πολλές δεκαετίες από επιστήμονες των θετικών επιστημών (κυρίως μαθηματικούς και φυσικούς), πολλοί από τους οποίους ήταν (ή έγιναν μετά) και κάτοχοι βραβείων Νόμπελ.



Διάγραμμα 1: Τα θεμελιώδη διαγράμματα κυκλοφοριακής ροής - από τις πρώτες μαθηματικές σχέσεις που διατυπώθηκαν στα πλαίσια της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών.

Αναφέρω ενδεικτικά, μερικά από τα μαθηματικά αυτά μοντέλα ταχύτητας – πυκνότητας ή ταχύτητας – κυκλοφοριακού φόρτου που διατυπώθηκαν από διάφορους μελετητές:

- Εκθετικά (exponential) μοντέλα ταχύτητας – πυκνότητας από τον Greenberg, το 1959²,
- «Επικαθήμενα» εκθετικά (transposed exponential) μοντέλα ταχύτητας – πυκνότητας από τον Underwood το 1961³,
- Διμερή υβριδικά (two-regime) από τον Edie το 1961⁴,
- Πολυμερή υβριδικά (multi-regime) από τους Drake, Schofer, και May) το 1967⁵,
- Σχέσεις με χρήση ποσοστιαίων ταχυτήτων (speed percentiles) που λαμβάνουν υπόψη τους τον τύπο των οχημάτων, τα όρια ταχύτητας, την κλίση, και άλλους παράγοντες π.χ. από τον Yagar το 1983⁶,
- Άλλα σύνθετα μοντέλα κυκλοφοριακής ροής με θεώρηση και των επιπτώσεων της σύνθεσης της κυκλοφορίας και άλλων παραγόντων κυρίως για συνθήκες που ισχύουν σε συγκεκριμένες χώρες, όπως π.χ. από τον Ramanayya το 1988⁷ για τις συνθήκες της Ινδίας,
- Μοντέλα προσομοίωσης όπως π.χ. από τον Giannopoulos το 1972⁸, τους Bang, Carlsson, και Palgunadi το 1995⁹, και πολλούς άλλους,
- Μοντέλα κυκλοφοριακής ροής όπου λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις των βαρέων οχημάτων, από τον Parker το 1996¹⁰, κλπ.

Ως κορύφωση των προσπαθειών της περιόδου αυτής θεωρώ τη δημοσίευση, το 1971, της «Κινητικής θεωρίας κυκλοφοριακής ροής» (Kinetic Theory of Vehicular Traffic)¹¹ των Ilya Prigogine (Νόμπελ Χημείας 1977) και Robert Herman¹². Η κινητική θεωρία κυκλοφοριακής ροής των Prigogine - Herman βασίστηκε στις

² Greenberg, H. 1959, «An analysis of traffic flow», *Operations Research* 7:78-85

³ Underwood, R. T. 1961, «Speed, volume, and density relationship: Quality and theory of traffic flow», *Yale Bureau of Highway Traffic*: 141-188.

⁴ Edie, L. C. 1961, «Following and steady-state theory for non-congested traffic», *Operations Research*. 9: 66-76.

⁵ Drake, J. S.; Schofer, J. L.; May, A. D. 1967, «A statistical analysis of speed density hypotheses», *Highway Research* 154: 53-87.

⁶ Yagar, S.; Aerde, M. V. 1983, «Geometric and environmental effects on speeds of two-lane highways», *Transportation Research, Part A* 17A(1): 315-325.

⁷ Ramanayya, T. V. 1988, «Highway Capacity under Mixed Traffic Conditions», *Traffic Engineering and Control* 29(5): 284- 300.

⁸ Giannopoulos, G.A., «A Dynamic Traffic Assignment Model for Assessing Traffic Management Schemes», PhD Thesis Imperial College, 1972.

⁹ Bang, K. L.; Carlsson, A.; Palgunadi. 1995. «Development of Speed Flow Relationship for Indonesia Rural Roads Using Empirical Data and Simulation», *Transportation Research Record* 1484: 24-32.

¹⁰ Parker, M. T., 1996, «The Effect of Heavy Goods Vehicles and Following Behavior on Capacity at Motorway Sites», *Traffic Engineering and Control* 37(9): 524-532.

¹¹ Ilya Prigogine, Robert Herman, 1971, «Kinetic Theory of Vehicular Traffic», *American Elsevier*, monograph, NY 1971.

¹² Είναι ο θεωρητικός φυσικός που τη δεκαετία του '40 διετύπωσε τη θεωρία περί ύπαρξης «ηχούς» από το Big Bang, γεγονός που επαληθεύτηκε 30 χρόνια αργότερα

διαφορικές εξισώσεις της υδροδυναμικής που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη ροή υγρών σε σωλήνες (με τα «κύματα» - kinetic waves) σε συνδυασμό με την υπόθεση εξομίωσης των μεμονωμένων οχημάτων με τα μόρια υγρών, και τις μαθηματικές θεωρίες «περιπλοκότητας» (complexity) και «χάους».

Με τη διατύπωση τέτοιων θεωριών και μοντέλων που ήταν καθαρά βασισμένα σε γνωστές μαθηματικές θεωρίες αλλά και που αντικατόπτριζαν γνωστούς νόμους της φυσικής και της χημείας, η αναδυόμενη μεταπολεμικά νέα επιστήμη των «Μεταφορών και Συγκοινωνιών» συνδέθηκε άρρηκτα με τις λοιπές θετικές επιστήμες.

Εντελώς ενδεικτικός του κλίματος και της επιρροής που είχε η περίοδος της «θεωρητικής εξιδανίκευσης» στη διαμόρφωση της μορφής αλλά και της αντίληψης του κοινού σχετικά με τη νέα επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών είναι ο χαρακτηριστικός τίτλος ενός άρθρου στους New York Times πριν 16 ακριβώς χρόνια, την 25η Νοεμβρίου 1997: «*Stuck in Traffic ? Consult a Physicist*». Το άρθρο αναφέρεται στην πολυετή προσπάθεια ανάλυσης της κυκλοφοριακής ροής, που σκιαγραφήθηκε στα προηγούμενα, από τους μαθηματικούς και θεωρητικούς φυσικούς και παραλλήλιζε την πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα των κυκλοφοριακών φαινομένων με την πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα πολλών φυσικών φαινομένων όπως: του τρόπου αλληλεπίδρασης και συνεργασίας μεταξύ των μορίων και των κυττάρων που απαρτίζουν τους ζώντες οργανισμούς, του κλίματος, ή ακόμη και της δημιουργίας χιονοστιβάδων !

Όπως θα δούμε και στα επόμενα η τάση συσχέτισης των φαινομένων που εκφράζουν τη «συμπεριφορά» των μετακινήσεων και της κυκλοφορίας με γνωστά φυσικά φαινόμενα, συνεχίστηκε και ενισχύθηκε στα επόμενα χρόνια και περιόδους μέχρι σήμερα και είναι άξια θαυμασμού - και μεταφυσικού ίσως προβληματισμού - η μεγάλη συνάφεια που αποδεικνύεται ότι υπάρχει, μεταξύ της ανθρώπινης συμπεριφοράς όπως αυτή εκφράζεται με τις επιλογές μας για μετακινήσεις και οδική κυκλοφορία και πολλών νόμων και φαινομένων της φυσικής.

2. Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ, ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο και παράλληλα με τις καθαρά θεωρητικές προσπάθειες ερμηνείας των κυκλοφοριακών φαινομένων που προανέφερα, αναπτύχθηκε και ένας σαφώς πιο εφαρμοσμένος και «τεχνικός» κλάδος της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών που αφορά την ανάπτυξη και

πρακτική εφαρμογή της λεγόμενης διαδικασίας *Σχεδιασμού των Μεταφορικών υποδομών* ή απλά *Σχεδιασμού των Μεταφορών* όπως συνήθως λέμε (Transportation Planning process). Η επιστημονική έρευνα και ανάλυση την περίοδο αυτή, που αρχίζει ουσιαστικά από τα μέσα της δεκαετίας του '50, είχε σαν κύριο υποστηρικτή τον αδιαμφισβήτητο παγκόσμιο ηγέτη της έρευνας των Μεταφορών, το Αμερικανικό *Transportation Research Board (TRB)* (παλαιότερα *Highway Research Board*) που αποτελεί τμήμα της Αμερικανικής Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών. Το γνωστό σε όλους τους συγκοινωνιολόγους, TRB υπήρξε και εξακολουθεί να είναι ο παγκόσμιος πρωτεργάτης και θεμελιωτής της έρευνας και της επιστήμης γενικότερα των «Μεταφορών και Συγκοινωνιών».

Οι περισσότεροι κανονισμοί, εγχειρίδια, και προδιαγραφές που υπάρχουν σήμερα στο χώρο μας έχουν εκδοθεί από το TRB και αποτελούν την «βίβλο» των Συγκοινωνιολόγων όλου του κόσμου. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο τέτοιο εγχειρίδιο είναι το *Εγχειρίδιο Οδικής Χωρητικότητας - Highway Capacity Manual* - το οποίο με τις διαρκείς ανανεώσεις και επανεκδόσεις του αποτελεί το πιο διαδεδομένο ίσως τεχνικό και επιστημονικό εγχειρίδιο των Συγκοινωνιολόγων όλου του κόσμου.

Η περίοδος της *εφαρμοσμένης έρευνας και ανάπτυξης της διαδικασίας Σχεδιασμού των Μεταφορών* αρχίζει αμέσως μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο με την πρώτη «μελέτη Μεταφορών» της πόλης του Σικάγου, που άρχισε το 1955 (*Chicago Area Transportation Study – CATS*). Στη μελέτη εκείνη διατυπώθηκαν για πρώτη φορά συστηματικές, και με βάση μαθηματικά μοντέλα, προβλέψεις των μελλοντικών αναγκών για μετακινήσεις (ώστε να στηριχθεί πάνω σε αυτές ο σχεδιασμός των αναγκαίων υποδομών) και εφαρμόστηκε η καθιερωμένη σήμερα «*διαδικασία Σχεδιασμού Μεταφορών των 4 σταδίων*» (“4-stage transportation planning process”).

Προτεραιότητα τότε ήταν ο Σχεδιασμός και η μελέτη των οδικών, κυρίως, αστικών υποδομών και δημιουργίας των λεγόμενων *Στρατηγικών Σχεδίων ανάπτυξης (Strategic Master Plans)*. Είναι η περίοδος που χαρακτηρίζεται τόσο από τη τεράστια αύξηση της αστικοποίησης σε όλο τον κόσμο όσο και από την ανάπτυξη των μεγάλων οδικών δικτύων αυτοκινητοδρόμων κυρίως στην Αμερική.

Ακολούθησε πληθώρα άλλων παρόμοιων μελετών που επεξέτειναν και καθιέρωσαν τις σχετικές μεθοδολογίες μεταξύ των οποίων και η πρώτη μελέτη Σχεδιασμού των Μεταφορών της Αθήνας που έγινε το 1963 από το ΥΔΕ και το Αμερικανικό γραφείο μελετών Wilbur Smith. Η μελέτη αυτή επαναλήφθηκε το 1973, και 2 ακόμη φορές από τότε στην Αθήνα (από την Αττικό Μετρό, και τον ΟΑΣΑ)¹³, και έχει γίνει μία

¹³ Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας

μόνο φορά το 2000 από τον Οργανισμό Ρυθμιστικού και προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης - ΟΡΘΕ¹⁴, για τη Θεσσαλονίκη.

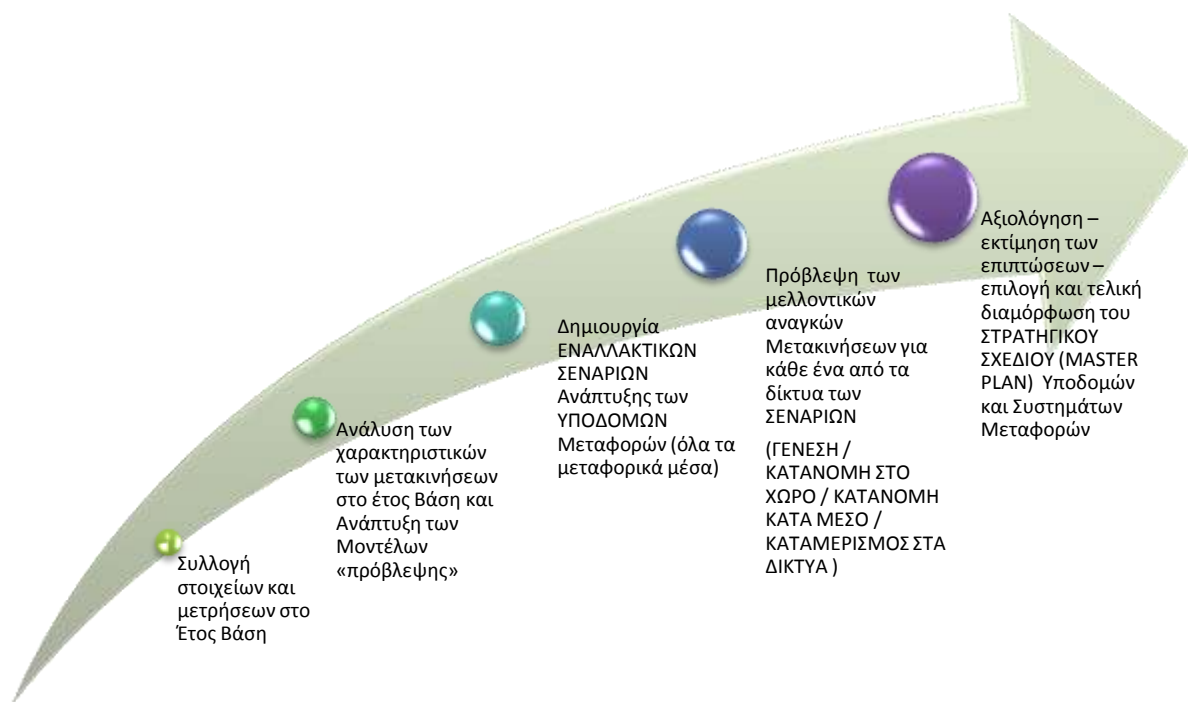
Η κλασική μεθοδολογία «Σχεδιασμού» του συστήματος των Μεταφορών μιας περιοχής περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια (Διάγραμμα 2):

- I. Ανάλυση των χαρακτηριστικών των μετακινήσεων στο «έτος βάση» και μοντελοποίηση των σχέσεων που τα διέπουν.
- II. Διαμόρφωση εναλλακτικών Σεναρίων ανάπτυξης των Συγκοινωνιακών Υποδομών.
- III. Πρόβλεψη των μελλοντικών αναγκών για μετακινήσεις και των μελλοντικών επιπέδων κυκλοφοριακών φόρτων ή ροών στα δίκτυα Δημοσίων Συγκοινωνιών με χρήση των μοντέλων πρόβλεψης που έχουν διαμορφωθεί από την ανάλυση των στοιχείων του έτους βάσης.
- IV. Ανάλυση επιπτώσεων – αξιολόγηση, και επιλογή του προσφορότερου (με βάση τους στόχους και τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί) «Σεναρίου» υποδομών και τελική διαμόρφωση του Στρατηγικού Σχεδίου με καθορισμό και των λειτουργικών και βασικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κύριων οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων που περιλαμβάνονται στα αντίστοιχα δίκτυα.

Το Στάδιο III από τα παραπάνω, δηλαδή η *πρόβλεψη των μελλοντικών αναγκών μετακινήσεων*, περιλαμβάνει και αυτό μια σειρά υπολογιστικών διαδικασιών 4 βημάτων (που είναι γνωστή και σαν «διαδικασία 4 βημάτων»), δηλαδή:

1. Της «Γένεσης» των μετακινήσεων, όπου μοντελοποιείται η απόφαση πραγματοποίησης μιας μετακίνησης για κάποιο σκοπό, δηλαδή αν θα γίνει η μετακίνηση ή όχι,
2. Της «Κατανομής των μετακινήσεων στο χώρο», όπου διατυπώνεται με μαθηματικές σχέσεις η κατανομή των μετακινήσεων στον χώρο δηλαδή της επιλογής του προορισμού μιας μετακίνησης,
3. Του «Καταμερισμού στα μεταφορικά μέσα», όπου μοντελοποιείται η διαδικασία επιλογής του μεταφορικού μέσου, και τέλος
4. Του «Καταμερισμού των μετακινήσεων στα αντίστοιχα δίκτυα», όπου διαμορφώνονται τα μοντέλα για τις επιλογές διαδρομών στα δίκτυα και τη «φόρτιση» των διαφόρων τμημάτων των δικτύων αυτών με τις μετακινήσεις οχημάτων που προκύπτουν από τις μετακινήσεις των προσώπων των προηγούμενων σταδίων.

¹⁴ Οργανισμός Ρυθμιστικού και προστασίας περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης



Διάγραμμα 2: Τα βασικά στάδια της διαδικασίας Σχεδιασμού των Μεταφορών

Όλα τα παραπάνω στάδια μελέτης, και η εκτίμηση γενικά των μελλοντικών αναγκών και χαρακτηριστικών των μετακινήσεων, αποτελεί ένα μεγάλο πεδίο έρευνας και μελέτης της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών τα τελευταία 50 περίπου χρόνια. Αξίζει να δούμε λίγο πιο αναλυτικά, αλλά πάντα συνοπτικά, τα κυριότερα μαθηματικά «εργαλεία» που η επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών χρησιμοποιεί για να διαχειριστεί όλα τα διάφορα παραπάνω στάδια. Αναφέρουμε λοιπόν χαρακτηριστικά:

- I. Τις στατιστικές θεωρίες απλής ή πολλαπλής γραμμικής συσχέτισης που χρησιμοποιούνται κατά κόρον για τη δημιουργία γραμμικών ή εκθετικών συσχετίσεων μεταξύ «αιτίου» και «αιτιατού» στην περίπτωση κυρίως της γένεσης των μετακινήσεων.
- II. Τη χρήση του νόμου του Νεύτωνα, δηλαδή μιας κατάλληλα προσαρμοσμένης μορφής του μοντέλου βαρύτητας, για τη βασική διατύπωση του μοντέλου της κατανομής των μετακινήσεων στο χώρο.
- III. Τη χρήση της θεωρίας διακεκριμένων επιλογών (discrete choice), που με τη σειρά της βασίζεται στις ψυχολογικές θεωρίες επιλογής του Luce και άλλων, για την εξήγηση της διαδικασίας επιλογής μεταφορικού μέσου και τη διαμόρφωση των λεγόμενων «αποσυνθετικών» μοντέλων συμπεριφοράς (disaggregate behavioural models) για την επιλογή μεταφορικού μέσου. Τα μοντέλα αυτά ανάλογα με τον τρόπο βαθμονόμησής τους διακρίνονται σε (ίδε Διάγραμμα 3):

- λογαριθμικού τύπου (logit) με κύριες διαμορφώσεις τους στις εργασίες των Ben Akiva, και Lerman¹⁵,
 - λογαριθμικού τύπου υπό προϋποθέσεις (conditional logit) με κύριες διαμορφώσεις τους στις εργασίες του Daniel McFadden¹⁶ (βραβείο Νόμπελ 2000),
 - πιθανολογικού τύπου (probit), και διάφορων άλλων μορφών.
- IV. Τη χρήση των βασικών οικονομικών θεωριών λειτουργίας της «αγοράς», και διαμόρφωσης – με βάση τους μηχανισμούς επίτευξης ισορροπίας μεταξύ «προσφοράς» και «ζήτησης» - μοντέλων σχετικά με τον τρόπο που η κυκλοφορία κατανέμεται σε ένα μεταφορικό δίκτυο¹⁷. Με βάση τις οικονομικές αυτές θεωρίες λειτουργίας της «αγοράς» ο J.G. Wardrop διτύπωσε στη δεκαετία του 1960 τις 2 αρχές του για τον τρόπο με τον οποίο οι οδηγοί επιλέγουν τις διαδρομές που θα ακολουθήσουν σε ένα οδικό δίκτυο και με βάση τις αρχές αυτές του Wardrop δημιουργήθηκαν τις δεκαετίες του '60 και '70 πολύπλοκα οικονομετρικά μοντέλα που εκφράζουν τη διαδικασία καταμερισμού της κυκλοφορίας στο δίκτυο.
- V. Τη χρήση, τέλος, της τεχνικής της *προσομοίωσης* σαν εργαλείου μελέτης και ανάλυσης του καταμερισμού της κυκλοφορίας οχημάτων σε ένα δίκτυο. Ο ομιλών ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησε την τεχνική της προσομοίωσης της οδικής κυκλοφορίας για τη δημιουργία ενός «*δυναμικού μοντέλου κυκλοφοριακού καταμερισμού*» σε ένα οδικό δίκτυο (που ονόμασε *Dynamic Traffic Assignment Model* ή *DTAM*)¹⁸. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των κυκλοφοριακών επιπτώσεων από νέες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ή άλλων αλλαγών στο δίκτυο με πρώτη εφαρμογή στη μελέτη των επιπτώσεων της μερικής πεζοδρόμησης της πολύ γνωστής εμπορικής οδού Oxford street στο Λονδίνο το 1973¹⁹. Το DTAM απετέλεσε και τη βάση για τη δημιουργία, αργότερα, ενός από τα πιο γνωστά «πακέτα» Σχεδιασμού των Μεταφορών με το όνομα SATURN. Σήμερα η προσομοίωση χρησιμοποιείται συστηματικά για πολλές εφαρμογές, κυρίως για την «βραχυχρόνια» πρόβλεψη των κυκλοφοριακών συνθηκών σε ένα οδικό δίκτυο και την ανάλυση χωρητικότητας και εύρεση των προσφορότερων διαδρομών με βάση τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες.

¹⁵ «*Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*», Moshe Ben Akiva and Steven R. Lerman, MIT Press, 1985 - 390 σελίδες.

¹⁶ Η αρχική δημοσίευση ήταν: «*Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*», Daniel Mc Faden στον τόμο P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Economics*, 1973, New York: Academic Press.

¹⁷ Π.χ. οι οικονομικές θεωρίες των Pigou και Knight (κλασική αναφορά η αρχική εργασία του A.C. Pigou "The Economics of Welfare", 4th ed. London: Macmillan, 1960).

¹⁸ Giannopoulos, G.A., (1973), "*Testing Variables by Computer Simulation*", *Traffic Engineering*, November 1973.

¹⁹ Giannopoulos, G.A., (1971), "*Towards a comprehensive assessment of Traffic Management. The use of a simulation model*", *Traffic Engineering and Control*, July 1971 ή επίσης Giannopoulos, G.A., (1974), "*Pedestrianisation: London's Oxford Street Experiment*" *Transportation*, July, 1974.

Όλες οι παραπάνω μεθοδολογίες και τεχνικές εφαρμόζονται στην πράξη μέσα από ισχυρότατα «πακέτα» λογισμικού τα οποία παρέχουν τεράστιες υπολογιστικές δυνατότητες στους μελετητές και ερευνητές στο επιστημονικό αυτό χώρο.

- Conditional Logit Model $w_i = e^{bx_i}$
- Multinomial Logit Model $P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}}$
- Binary Logit Model $P_n(i) = \begin{cases} \frac{e^{V_{k-j,n}}}{1 + \sum_{j \in C_n} e^{V_{k-j,n}}} \text{ for } k = i \\ \frac{1}{1 + \sum_{j \in C_n} e^{V_{i-k,n}}} \text{ for } k = j \end{cases}$
- Hierarchical or Nested logit models

$$P(y = j) = \frac{e^{\frac{1}{\tau_k} V_j} e^{\tau_k IV_k}}{e^{IV_j} \sum_m e^{\tau_m IV_m}}$$

Διάγραμμα 3: Βασικές διατυπώσεις των μοντέλων Logit όπως εφαρμόζονται στην επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών.

3. Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΓΙΓΝΕΣΘΑΙ

Αυτό που αποκαλώ περίοδο της «ωριμότητας» της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών αρχίζει σχεδόν 2 δεκαετίες μετά τη λήξη του 2ου παγκοσμίου πολέμου. Από την Αμερικανική μαξιμαλιστική προσέγγιση των δεκαετιών του '50, '60, και '70 που βασιζόταν στην σε μεγάλη κλίμακα, και ως αποκλειστική «λύση» στο κυκλοφοριακό πρόβλημα, κατασκευή μεγάλων οδικών υποδομών για την εξυπηρέτηση του ΙΧ αυτοκινήτου (με την κατασκευή π.χ. των γνωστών spaghetti intersections στην Αμερική) , ξεκινάει μια νέα περίοδος «ωριμότητας» στην επιστήμη των «Μεταφορών και Συγκοινωνιών» που χαρακτηρίζεται από την περισσότερο ανθρωποκεντρική και περιβαλλοντικά ευαίσθητη Ευρωπαϊκή προσέγγιση.

Το αδιαμφισβήτητο ορόσημο στην έναρξη της περιόδου αυτής είναι η δημοσίευση του βιβλίου *“Traffic in Towns”*²⁰ το 1963. Το βιβλίο αυτό, μετά τη δημοσίευση του οποίου ο βασικός συγγραφέας του Colin Buchanan και οι συνεργάτες του έγιναν αμέσως καθηγητής και λέκτορες αντίστοιχα, στον νεοσύστατο τότε τομέα Μεταφορών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Imperial College²¹, έθεσε τις αρχές μιας εντελώς νέας για τα δεδομένα της εποχής εκείνης αντιμετώπισης της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών μέσα από την οποία αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά, ότι:

- Το πλέγμα των μετακινήσεων είναι συνάρτηση των χρήσεων γης.
- Το περιβάλλον και η διαχείρισή του, είναι βασική παράμετρος θεώρησης του Συστήματος των Μεταφορών και καθιερώθηκαν οι έννοιες και οι αντίστοιχοι όροι: “Environmental management” και “Environmental standards”.
- Διατυπώθηκε η ανάγκη για ιεράρχηση των οδικών δικτύων και καθιέρωσης διαφορετικών προτεραιοτήτων ως προς την κίνηση πεζών και οχημάτων ανάλογα με την ιεραρχία του κάθε τμήματος.
- Διατυπώθηκε η αρχή ότι η επίλυση των κυκλοφοριακών προβλημάτων είναι συνάρτηση τριών κυρίως παραμέτρων:
 1. του βαθμού χρήσης του ΙΧ,
 2. των περιβαλλοντικών προτύπων που θέλουμε να επιτύχουμε, και
 3. του ύψους των επενδύσεων για υποδομές που είναι διαθέσιμες.

Επί πλέον:

- ✓ Αποκαλύφθηκαν ως η κυρίαρχος δύναμη δημιουργίας των κυκλοφοριακών μας προβλημάτων στις αστικές ιδίως περιοχές, οι μηχανισμοί αλληλεξάρτησης των συστημάτων χρήσεων γης και μεταφορών,
- ✓ Διατυπώθηκε η ανάγκη για σαφή διατύπωση και καθορισμό των πολεοδομικών – χωροταξικών προτεραιοτήτων και σχεδιασμών του αστικού συστήματος, και
- ✓ Διατυπώθηκε η θέση ότι η «λύση» του «κυκλοφοριακού προβλήματος» περνάει μέσα από τη δημιουργία ενός ικανοποιητικού συστήματος Μαζικών Μέσων Συγκοινωνιών ικανών να προσελκύσουν μετακινήσεις από το ΙΧ.

Φέτος, με τη συμπλήρωση 50 χρόνων από τη δημοσίευση του *“Traffic in Towns”*, η Βρετανική κυβέρνηση ανέθεσε μια επετειακή αποτίμηση των εξελίξεων και των επιπτώσεων που είχαν οι ιδέες και τα μηνύματα της έκθεσης αυτής στη

²⁰ Colin Buchanan, David Crompton, Geoffrey Crow, Peter Hills, Ann McEwen, David Delhmore, Gordon Michel, και D. Burton: *“Traffic in Towns”*, HMSO, London 1963.

²¹ Του τμήματος αυτού ο ομιλών είχε την τιμή να είναι μεταπτυχιακός φοιτητής και πρώτο διδακτορικό.

διαμόρφωση των σημερινών αντιλήψεων και πολιτικών στα θέματα των Μεταφορών²².

Στην ίδια περίοδο, αυτή δηλαδή της «ωριμότητας», εντάσσεται και η ανάπτυξη ενός νέου κλάδου της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών, αυτού της «Πολιτικής των Μεταφορών». Ο κλάδος αυτός αναπτύχθηκε αρχικά - τη δεκαετία του '60 περίπου - στη Μεγάλη Βρετανία, αλλά «ανδρώθηκε» και καθιερώθηκε γενικότερα μόλις την τελευταία 20ετία, δηλαδή από το 1990 και μετά, κυρίως κάτω από την επίδραση της ανάγκης για διαμόρφωση και υλοποίηση μιας Ευρωπαϊκής πολιτικής Μεταφορών από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η πρώτη «λευκή βίβλος» της ΕΕ για τις Μεταφορές που διετύπωσε συγκεκριμένες πολιτικές για το σύστημα των Μεταφορών και Συγκοινωνιών της ΕΕ δημοσιεύτηκε το 1991.

Η πιο πρόσφατη «Λευκή Βίβλος» για τις Μεταφορές της ΕΕ δημοσιεύτηκε το 2011²³ και θέτει 10 βασικούς στόχους μεταξύ των οποίων και οι:

- Διατήρηση του σημερινού «επιπέδου κινητικότητας» με κάθε τρόπο (*curbing mobility is not an option !!*).
- Μείωση κατά 50% των αυτοκινήτων συμβατικών καυσίμων μέχρι το 2030 και εξάλειψή τους στις πόλεις μέχρι το 2050.
- Μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου (greenhouse gas emissions) συνολικά από τον τομέα των μεταφορών κατά 60% το 2050 σε σχέση με το 1990, 40% χρήση καθάρων καυσίμων στις αεροπορικές μεταφορές, και 40% περιορισμός στις εκπομπές από τις θαλάσσιες μεταφορές.
- Μετακίνηση του 30% του φορτίου εμπορευμάτων που σήμερα μεταφέρεται οδικά σε αποστάσεις πάνω από 300 χλμ, σε σιδηροδρομικά και θαλάσσια μέσα μέχρι το 2030 και πάνω από το 50% μέχρι το 2050.

Αντίστοιχα περιλαμβάνει και 40 στοχευμένα μέτρα και ενέργειες που η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα επιδιώξει να εφαρμόσει στην περίοδο 2011 – 2020, όπως π.χ.:

- ✓ Βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος των οχημάτων σε όλα τα μεταφορικά μέσα.
- ✓ Βελτιστοποίηση της λειτουργίας της πολυτροπικής μεταφορικής και λογιστικής αλυσίδας.
- ✓ Μεγαλύτερη αξιοποίηση της μεταφορικής υποδομής μέσω βέλτιστων τεχνικών κυκλοφοριακής διαχείρισης (Traffic Management) σε όλα τα μέσα, και άλλα

²² «Transport in Cities: Traffic in Towns a retrospective», SKM Colin Buchanan and Partners, February 2013

²³ «Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system», Βρυξέλλες, Έκθεση της Επιτροπής αριθ. COM (2011) 144 τελικό / 28.3.2011.

Σημειώνεται εδώ ότι για την Ελλάδα μια συνολική πολιτική μεταφορών με συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους, χρονοδιαγράμματα υλοποίησης, και συγκεκριμένες στρατηγικές δεν υπάρχει. Κατά καιρούς και στα πλαίσια διαμόρφωσης άλλων γενικότερων προγραμματικών κειμένων όπως αυτό του ΕΣΠΑ, διατυπώνονται οι γενικές γραμμές μιας Ελληνικής πολιτικής Μεταφορών αλλά αυτό δεν είναι αρκετό. Ένα κείμενο «πολιτικής μεταφορών» ειδικά για την Αθήνα, που αξίζει να μνημονεύσουμε εδώ, είναι αυτό που ο Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων διετύπωσε πρόσφατα σχετικά με τις προτεινόμενες από αυτόν γραμμές μιας μέσο-μακρο πρόθεσμης πολιτικής μεταφορών για τη *βιώσιμη κινητικότητα*, όπου διετύπωσε και έναν συγκεκριμένο «οδικό χάρτη» για τη βιώσιμη κινητικότητα στην Αθήνα²⁴.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι η «περίοδος της ωριμότητας» της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών και οι επιστημονικές και κοινωνικο-οικονομικές εξελίξεις κατά την περίοδο αυτή, ορίζουν πλέον σαν βασικό αντικείμενο της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών τις παρακάτω 4 μεγάλες περιοχές:

- I. Διαμόρφωση Πολιτικής των Μεταφορών. Περιλαμβάνονται εδώ κυρίως ποιοτικές αναλύσεις για: θέσπιση υλοποιήσιμων στόχων της ακολουθητέας πολιτικής, αποτίμηση των επιπτώσεων προηγούμενων πρακτικών και μέτρων σε όλους τους τομείς, και διαμόρφωση συγκεκριμένων μέτρων και ενεργειών για την επίτευξη των στόχων.
- II. Διαδικασία Σχεδιασμού των Μεταφορών σε επίπεδο συστήματος και υποσυστήματος. Περιλαμβάνονται εδώ όλες οι τεχνικές, τα μαθηματικά μοντέλα, και οι άλλες υπολογιστικές διαδικασίες που βασισμένες σε συστηματική συλλογή και ανάλυση στοιχείων και δεδομένων από μετρήσεις πεδίου και έρευνες, διαμορφώνουν τα Στρατηγικά Σχέδια για τα δίκτυα των μεταφορικών υποδομών και διατυπώνουν τα βασικά λειτουργικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υποδομών αυτών (τα λεγόμενα Στρατηγικά Σχέδια – Master Plans).
- III. Μελέτη των τεχνικών και κατασκευαστικών στοιχείων των έργων συγκοινωνιακής υποδομής (οδικής, σιδηροδρομικής, αεροδρομικής, και λιμενικής). Περιλαμβάνονται εδώ όλες οι κατασκευαστικές μελέτες συγκοινωνιακών έργων δηλαδή: αναγνωριστική μελέτη, προμελέτη, οριστική μελέτη, καθώς και οι απαραίτητες κάθε είδους μελέτες επιπτώσεων.
- IV. Διαχείριση - βελτιστοποίηση – συντήρηση Συστημάτων Μεταφορών. Η μεγάλη αυτή περιοχή του αντικειμένου της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών αφορά κυρίως: τη διαχείριση – βελτιστοποίηση – και συντήρηση υπαρχόντων δικτύων υποδομών ή συστημάτων μεταφορών

²⁴ Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων, «Οδοιπορικό για τις μετακινήσεις στην Αθήνα της επόμενης δεκαετίας: από την ολοκληρωτική συμφόρηση στη βιώσιμη κινητικότητα», Αθήνα, 2008.

(π.χ. όλα τα θέματα κυκλοφοριακού ελέγχου σε οδικά ή σιδηροδρομικά δίκτυα, τα θέματα που αφορούν τη λειτουργία του συστήματος των εμπορευματικών Μεταφορών, κλπ), την διαμόρφωση και εφαρμογή των λεγόμενων «Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών – Intelligent Transport Systems / ITS», αλλά και τη μελέτη της οργάνωσης και διαχείρισης φορέων μεταφορών, συστημάτων Δημοσίων Συγκοινωνιών, εμπορευματικών Μεταφορών και logistics, συστημάτων διαχείρισης της Στάθμευσης, και άλλα συναφή θέματα.

Η παραπάνω οριοθέτηση του αντικείμενου της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών, στην περίοδο της «ωριμότητάς» του, αποκαλύπτει και τις πολύ στενές συνάψεις και συνέργειες της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών με άλλες συναφείς επιστήμες και επιστημονικά αντικείμενα όπως:

1. Του περιβάλλοντος, σε σχέση με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος των Μεταφορών.
2. Της κλιματικής αλλαγής, για τα μέτρα περιορισμού των αμφίδρομων επιδράσεων του συστήματος των μεταφορών με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής.
3. Της κατασκευής οχημάτων, σε σχέση με την κατασκευή καθαρότερων οχημάτων, φιλικότερων προς τον χρήστη, και «ευφύεστερων» που υποβοηθούν δηλαδή τον οδηγό σε ασφαλή οδήγηση και επικοινωνώντας με την υποδομή σε πραγματικό χρόνο.
4. Της Ενέργειας και Καυσίμων, σε σχέση με την παραγωγή και χρήση νέων πηγών ενέργειας στις μεταφορές (μπαταριών, ενεργειακών κυψελών, κλπ).
5. Της Κοινωνιολογίας και ψυχολογίας, σε σχέση με τη μελέτη των κοινωνικών φαινομένων και επιπτώσεων του συστήματος των Μεταφορών , την κατανόηση των μηχανισμών αποδοχής μέτρων και πολιτικών μεταφορών, την αποτίμηση των αποτελεσμάτων τους στο κοινωνικό σύνολο, και την κατανόηση της συμπεριφοράς των «χρηστών».
6. Της οικονομικής επιστήμης, σε σχέση με τη μελέτη των οικονομικών επιπτώσεων του συστήματος των μεταφορών στην μικρο- και μακρο-οικονομία μιας περιοχής ή χώρας, αλλά και την οικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων σε συγκοινωνιακά έργα, και τέλος
7. Θεμάτων Ασφαλείας, τόσο από την πλευρά της αποφυγής των κάθε είδους ατυχημάτων όσο και της αποτροπής έκνομων ενεργειών.

4. ΟΙ ΔΙΑΓΡΑΦΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Κλείνοντας θα ήθελα να μιλήσω για τη νέα περίοδο ανάπτυξης της επιστήμης των Μεταφορών και Συγκοινωνιών που διαγράφεται σήμερα, δηλαδή για το μέλλον. Πως δηλαδή αναμένεται να διαμορφωθεί, στα επόμενα 30 – 50 χρόνια, το σύστημα των Μεταφορών στις σύγχρονες κοινωνίες και ποια τα κύρια επιστημονικά θέματα που θα απασχολήσουν την Επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών στο διάστημα αυτό.

Για όσους νομίζουν ότι στο νέο αιώνα που μόλις αρχίσαμε να διανύουμε θα μπορέσουμε να μεταφερόμαστε διακτινιζόμενοι ή να πετάμε με τα ατομικά μας οχήματα μεταφοράς φοβούμαι ότι θα τους απογοητεύσω. Παρά την αναμενόμενη εκτεταμένη εφαρμογή τεχνολογικών καινοτομιών και νέων εφευρέσεων στις Μεταφορές, θα έλεγα ότι η κυρίαρχη τάση στον 21^ο αιώνα θα είναι προς μια περισσότερο «ανθρωποκεντρική» διαμόρφωση του συστήματος των μεταφορών και μετακινήσεων και διασφάλιση της λεγόμενης «βιώσιμης κινητικότητας» για όλους. Ο 21^{ος} αιώνας θα είναι ο αιώνας των περιβαλλοντικά φιλικότερων και τεχνολογικά «ευφυέστερων» τρόπων μεταφοράς, και της διαχείρισης της «ζήτησης» (αντί μόνο της κυκλοφορίας όπως μέχρι σήμερα) με στόχο έναν ορθολογικότερο τρόπο μετακινήσεων ιδίως στις αστικές περιοχές. Θα είναι επίσης ο αιώνας των πολύ πιο αποτελεσματικών, αποδοτικών, και γρήγορων εμπορευματικών μεταφορών.

Τα παραπάνω θα σημάνουν τόσο για την επιστημονική έρευνα και μελέτη όσο και για την πολιτική στο χώρο των Μεταφορών και Συγκοινωνιών, μεγαλύτερη και συστηματικότερη εφαρμογή μέτρων όπως:

- Περιορισμός / εκλογίκευση της χρήσης του ΙΧ και διαχείριση της «ζήτησης» για μετακινήσεις, στις αστικές ιδίως μετακινήσεις.
- Προνομιακή αντιμετώπιση των Μαζικών Μέσων Μεταφορών και προώθηση της χρήσης τους.
- Απόδοση χώρου και σχεδιασμό δικτύων υποδομών για τις λεγόμενες «ήπιες» μορφές μετακίνησης (πεζή, ποδήλατο, τραμ, μετρό, σιδηρόδρομος).
- Ενίσχυση της διατροφικότητας (συνδυασμένο σύστημα μεταφορών).
- Καλλίτερη πληροφόρηση – άμεση και «προσωποποιημένη» των μετακινουμένων πριν και κατά τη διάρκεια της μετακίνησης.
- Ενίσχυση της ασφάλειας και άνεσης στις μεταφορές, και
- Καθολική και ολοκληρωμένη χρήση οχημάτων και υποδομών νέας τεχνολογίας και «ευφυΐας» στο σύστημα των Μεταφορών μέσα από την καθολική εφαρμογή των «*Ευφυών συστημάτων μεταφορών*».

Παράλληλα η τεχνολογία στον τομέα των Μεταφορών προχωράει με τεράστια βήματα και επιφυλάσσει πολλές εκπλήξεις και καινοτομίες. Σε μεγάλο βαθμό θα είναι αυτή που θα διαμορφώσει το νέο «πρόσωπο» του τομέα των Μεταφορών και Συγκοινωνιών στον 21^ο αιώνα. Εντελώς ενδεικτικά αναφέρω μερικές από τις προβλέψιμες και προβλεπόμενες σήμερα εξελίξεις στον τομέα των μεταφορών που τις οδηγούν οι τεχνολογικές δυνατότητες και καινοτομίες που θα αναπτυχθούν στο μεσοπρόθεσμο θα έλεγα μέλλον (μέχρι το 2050):

1. Στον τομέα των οχημάτων οδικών μεταφορών: καθαρότερα, «ευφυέστερα», και φιλικότερα προς τον χρήστη οχήματα από νέα υλικά κατασκευής και καύσιμα κίνησης. Το αυτοκίνητο του 2050 αναμένεται να είναι :
 - a. Φιλικό και απόλυτα συνεργατικό με τον οδηγό, με δυνατότητα εντελώς αυτόματης οδήγησης.
 - b. Ελαφρύ, ανθεκτικό, και "ιάσιμο" (από υλικά "μνήμης" - "αυτοϊάσιμα", κλπ.)
 - c. Μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα (με καύσιμο υδρογόνο ή ηλεκτρισμό από μπαταρίες ή κυψέλες υδρογόνου ή άλλου καυσίμου)
 - d. Πλήρως "συνδεδεμένο" με την υποδομή και τα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας.
 - e. Εύκολο στη στάθμευση και αποθήκευση.
2. Στον τομέα των οδικών υποδομών: οι δρόμοι του μέλλοντος θα είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να προσαρμόζονται εύκολα (Adaptable) στις κυκλοφοριακές, καιρικές, και άλλες συνθήκες που τους επηρεάζουν, αλλά και «Αυτοματοποιημένοι» (Automated) με την έννοια της ύπαρξης εξοπλισμού για υποβοήθηση του κυκλοφοριακού ελέγχου και της κίνησης των οχημάτων σε αυτούς. Ήδη με το πρόγραμμα *Forever open Roads* που προτείνει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός FEHRL τα παραπάνω μπαίνουν στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης.
3. Στις σιδηροδρομικές μεταφορές: τα ταχύτατα τρέινα των 300 και πλέον χλμ την ώρα με τα νέα συστήματα ελέγχου της κίνησης (όπως π.χ. το ERTMS) που ήδη κυκλοφορούν στην Ευρώπη και άλλες χώρες του κόσμου, θα συνοδεύονται από αύξηση του μεγέθους των συρμών ιδίως στις εμπορευματικές μεταφορές. Τα τρέινα μήκους των 5 και 10 χλμ θα είναι καθημερινή πραγματικότητα.
4. Στις αεροπορικές μεταφορές: η αναμενόμενη συνεχής αύξηση της «ζήτησης» που περίπου θα διπλασιάζει κάθε 15 χρόνια τον αριθμό των διακινουμένων από το σύστημα επιβατών, θα φέρει κατασκευές μεγαλύτερων αεροπλάνων (όπως π.χ. το νέο Boeing 797 super liner των 1000 ατόμων), αλλά και περισσότερο οικολογικών. Ταυτόχρονα θα υπάρξουν και νέες μορφές και τεχνικές εναερίου ελέγχου που θα διπλασιάσουν την χωρητικότητα των εναερίων διαδρόμων σε σχέση με σήμερα.

5. Στις θαλάσσιες μεταφορές: βελτιώσεις στο ενεργειακό αποτύπωμα, την ταχύτητα κίνησης, και την ταχύτητα φορτοεκφόρτωσης των πλοίων.

Άφησα τελευταίες μία σειρά αρνητικών εξελίξεων, που δυστυχώς όλες οι ενδείξεις δείχνουν ότι θα υπάρξουν. Πρόκειται για τις επιπτώσεις στο σύστημα των Μεταφορών από το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Το σύστημα των μεταφορών είναι ο κυριότερος παράγων που συμβάλλει σήμερα στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, υπεύθυνο για το 30% περίπου των συνολικών εκπομπών, και θα είναι και αυτό που θα υποστεί ένα μεγάλο μέρος από τις συνέπειες του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής λόγω κυρίως των έντονων καιρικών φαινομένων που θα προκύψουν από αυτό.

Ένα άμεσο συνεπώς, και επιτακτικό, θέμα μελέτης και έρευνας από την επιστήμη των Μεταφορών και Συγκοινωνιών στο άμεσο μέλλον θα είναι η διαμόρφωση και λήψη των αναγκαίων μέτρων και πολιτικών για την αντιμετώπιση των εξελίξεων αυτών σε δύο άξονες:

- i. την «Προσαρμογή» (adaptation) του συστήματος των Μεταφορών στις συνθήκες λειτουργίας που αναμένονται κάτω από την επήρεια του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, και
- ii. τον «Μετριασμό» (Mitigation) των επιπτώσεων που έχει η λειτουργία του συστήματος των Μεταφορών στη δημιουργία και ένταση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Ήδη, η Ακαδημία Αθηνών με τη στήριξη της Τράπεζας της Ελλάδος και ύστερα από πρωτοβουλία του ακαδημαϊκού κ. Ζερεφού, έχει κινητοποιηθεί και ηγηθεί μεγάλης μελέτης για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα και άρα γνωρίζουμε τις παραμέτρους του προβλήματος και το τι πρέπει να γίνει. Είμαι δε ιδιαίτερα ευτυχής που τόσο εγώ όσο και το Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, του οποίου έχω την τιμή να ηγούμαι από το 2001, έχουν συνεργαστεί και συμβάλλει στη μελέτη αυτή ως προς τον τομέα των Μεταφορών.

Αξιότιμοι κυρία και κύριοι Ακαδημαϊκοί,

Κλείνω την ομιλία μου με την υπενθύμιση ότι το μέλλον αρχίζει πάντα ... σήμερα.

Οι προκλήσεις και επιστημονικές προσπάθειες για την «κατάκτησή» του πρέπει να είναι διαρκείς και να προσφέρουν πρακτικές λύσεις και προοπτικές που να αντιμετωπίζουν τις μεγάλες κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις των καιρών μας.

Η επιστήμη των *Μεταφορών και Συγκοινωνιών* καλείται να συμβάλλει και αυτή σε ένα καλλίτερο και πιο «ανθρώπινο» μέλλον για την κοινωνία μας στον αιώνα που έρχεται.

Η Ακαδημία Αθηνών προσθέτει πλέον και το δικό της ειδικό βάρος στην πλευρά των κέντρων επιστημονικής αριστείας που ασχολούνται με τα θέματα των Μεταφορών και Συγκοινωνιών, αναζητώντας την Ελληνική Θέση στις Μεταφορές του μέλλοντος.

Είμαι ευγνώμων που μου δίνετε την ευκαιρία να συμβάλλω και εγώ μαζί σας σε αυτήν την προσπάθεια.

Σας ευχαριστώ που με ακούσατε.