LEGĂTURA DINTRE PLANIFICAREA INFRASTRUCTURILOR RUTIERE ȘI INGINERIA DE TRAFIC ÎN PROCESUL DE FUNDAMENTARE A POLITICILOR DE TRANSPORT

Autori: ing. **Adrian VÂLCAN**[1]
dr.ing. **Valentin ANTON**[2]

Rezumat
Planificarea infrastructurilor rutiere constituie o componentă fundamentală a administrării rutiere, având rolul de a asigura dezvoltarea coerentă, eficientă și sustenabilă a rețelelor de drumuri în concordanță cu obiectivele generale de mobilitate, dezvoltare economică și protecție a mediului.
Ingineria de trafic intervine ca disciplină tehnico-științifică esențială pentru fundamentarea deciziilor de planificare și pentru implementarea politicilor de transport.

CUVINTE CHEIE: CONCEPT DE PLANIFICARE, POLITICI DE TRANSPORT, MODELARE NUMERICĂ.

Abstract
Road infrastructure planning is a fundamental component of road administration, serving to ensure the coherent, efficient, and sustainable development of road networks in alignment with overarching goals regarding mobility, economic development, and environmental protection.
Traffic engineering plays a vital role as a technical-scientific discipline underpinning planning decisions and the implementation of transport policies.

KEYWORDS: PLANNING CONCEPT, TRANSPORT POLICIES, NUMERICAL MODELING.

1. Considerente generale

Administrarea infrastructurilor rutiere reprezintă un domeniul strategic al funcționării si dezvoltării statale. Activitatea de administrare a infrastructurilor rutiere cuprinde acțiuni ce pot fi structurate pe niveluri diferite ale procesului decizional:

- Planificarea infrastructurilor rutiere răspunde la întrebarea *„Ce infrastructură este necesară și cum trebuie proiectată?”*.
- Procesul de fundamentare a politicilor de transport răspunde la întrebarea *„De ce este necesară acea infrastructură și ce obiective publice urmărește?”*.

Aceste două domenii sunt complementare: politica de transport stabilește obiectivele, iar planificarea infrastructurii reprezintă instrumentul tehnic prin care acestea sunt implementate.

2. Conceptul de planificare a infrastructurilor rutiere

Planificarea infrastructurilor rutiere reprezintă procesul tehnic și strategic prin care se identifică, evaluează, prioritizează și programează investițiile necesare dezvoltării și modernizării rețelei rutiere, astfel încât aceasta să răspundă cererii actuale și viitoare de mobilitate în condiții de eficiență economică, siguranță, sustenabilitate și protecția mediului.
Din punct de vedere al ingineriei transporturilor, planificarea infrastructurilor reprezintă legătura dintre:

---

1) AV Transport Planing - tel: +40735 786 782
2) Universitatea Tehnică de Construcții București, - tel +040723 165 858
Universitatea de Arhitectură și Urbanism “Ion Mincu”

- dezvoltarea socio-economică;
- cererea de transport;
- caracteristicile rețelei rutiere;
- investițiile publice.

2.1. Principalele obiective ale procesului de planificare pot fi evidențiate astfel:

- asigurarea accesibilității teritoriale;
- creșterea mobilității persoanelor și mărfurilor;
- reducerea costurilor de transport;
- îmbunătățirea siguranței rutiere;
- reducerea congestiei;
- diminuarea impactului asupra mediului;
- utilizarea eficientă a fondurilor publice.

2.2. Componentele planificării

În viziunea literaturii tehnice americane dedicata domeniului (AASHTO, FHWA, TRB) componentele planificării pot fi structurate astfel:

a. *Analiza situației existente* ce cuprinde: inventarierea infrastructurii, evaluarea stării tehnice, analiza traficului, identificarea punctelor critice, analiza siguranței rutiere.
b. *Prognoza dezvoltării* reprezentata prin procesul a estimare a parametrilor caracteristici dezvoltării socioi-economice: creșterea populației, dezvoltarea economică; utilizarea terenurilor, evoluției traficului.

   Această etapă utilizează:

   - modele de cerere;
   - modele de transport;
   - scenarii socio-economice.

c. *Identificarea nevoilor de mobilitate*: sectoare congestionate, intersecții suprasolicitate, zone fără accesibilitate, deficiențe de siguranță rutieră, necesitatea unor noi legături rutiere.
d. *Elaborarea alternativelor* ce pot aborda modificarea elementelor geometrice ale traseelor, realizarea variantelor ocolitoare, realizarea unor lucrări de arta, introducerea managementului traficului, ITS.
e. *Evaluarea alternativelor* utilizează analiza cost-beneficiu, analiza multicriterială, analiza riscului, evaluarea impactului asupra mediului, simulări de trafic.
d. *Implementarea* cuprinde: proiectarea, execuția, monitorizarea, exploatarea.

3. Procesul de fundamentare a politicilor de transport.

Politica de transport reprezintă ansamblul obiectivelor, strategiilor și măsurilor adoptate de autoritățile publice pentru organizarea și dezvoltarea sistemului de transport în concordanță cu obiectivele economice, sociale și de mediu. Fundamentarea politicilor reprezintă procesul prin care aceste decizii sunt susținute prin dovezi tehnice, economice și sociale. În literatura internațională, preponderent în cea americană, apare frecvent conceptul de *Evidence-Based Transportation Planning*.

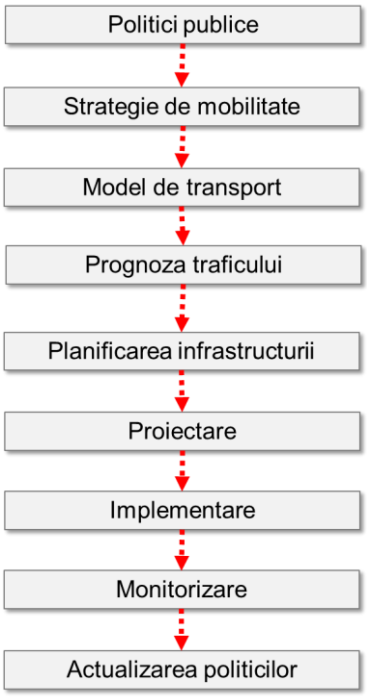
Componentele fundamentării politicilor se rezuma astfel:

* *Identificarea problemei* (starea de congestie in trafic, situația accidentelor, emisii de noxe, lipsa accesibilității, dezvoltare urbană necontrolată).
* *Colectarea datelor* legate de traficul rutier cuprinde: activități legate de recensămintele de trafic, anchetele origine-destinație; sistemele GPS, bazele de date Big Data, telefonie mobilă, sistemele geografice informatice (GIS), senzori ITS.

* *Analiza cererii de transport* reprezintă procesul general cunoscut sub denumirea “proiectarea în 4 pași”. Acesta cuprinde cele 4 etape distincte pentru realizarea modelului de transport:
    - generarea deplasărilor (trip generation);
    - distribuția deplasărilor (trip distribution);
    - alegerea modului (modal split)
    - alegerea traseului (traffic assignament).
* *Elaborarea scenariilor de realizare a modelelor de transport*. Scenariile pentru modelele de transport se pot adapta in raport de situația concreta a teritoriului pentru care se dezvolta. In acest sens, se pot dezvolta modele pe diferite paliere de analiza așa cum se exemplifica mai jos:
    - Scenariul 0 (fără investiții)
    - Scenariul 1 (modificarea elementelor geometrice ale rețelei rutiere)
    - Scenariul 2 (introducerea de noi pasaj denivelate)
    - Scenariul 3 (introducerea benzilor dedicate pentru transportul public sau de mărfuri BRT)
    - Scenariul 4 (introducerea transportului subteran - metrou)
    - Scenariul 5 (introducerea managementului inteligent de transport).
* Evaluarea impactului se obține în urma modelării numerice. El se cuantifică prin: reducerea timpului de deplasare, reducerea accidentelor, reducerea noxelor măsurate prin emisii reduse, costurile de exploatare reduse a sistemelor de transport, etc.
* Consultarea publică reprezintă una din prioritățile de politicilor europene de integrare a societății. În acest sens sunt angrenate in dezbatere publica principalii actor ce acționează la nivelul societății: autorități, operatori, mediul economic, cetățeni, organizații non-guvernamentale - ONG-uri.

Formalizarea politicilor de transport se materializează prin adoptarea Planurilor de Mobilitate Durabile PMUD; master planurilor de transport, aprobarea programelor de investiții si finanțarea lor.

Relația dintre cele două concepte *Planificarea Infrastructurilor Rutiere si Fundamentarea Politicilor de Transport* poate fi reprezentată prin următorul lanț logic:



Această succesiune evidențiază faptul că infrastructura nu constituie un scop în sine, ci un mijloc de implementare a politicilor publice de mobilitate.
În tabelul de mai jos prezentam in sinteza, o serie de diferențe între conceptul de Planificare a Infrastructurilor și conceptul de Fundamentare a Politicilor de transport.

Planificarea infrastructurilor	**Fundamentarea politicilor**
orientare tehnică	orientare strategică
stabilește investițiile	stabilește obiectivele
utilizează modele inginerești	utilizează analize economice și sociale
produce proiecte	produce politici și strategii
orizont 10–30 ani	orizont 20–40 ani
responsabilitatea inginerilor	responsabilitatea decidenților și experților interdisciplinari

Concluzie
În abordarea contemporană promovată de literatura de specialitate din SUA și Europa, planificarea infrastructurilor rutiere și fundamentarea politicilor de transport formează un sistem integrat de planificare. Politicile definesc viziunea și obiectivele publice (mobilitate, siguranță, echitate, competitivitate și sustenabilitate), iar planificarea infrastructurilor transformă aceste obiective în soluții tehnice concrete, evaluate prin modele de transport, analize economice și indicatori de performanță.

4. *Ingineria de trafic*

Ingineria de trafic reprezintă principalul instrument tehnic prin care politicile de transport sunt fundamentate și transpuse în proiecte. Ea furnizează indicatorii și analizele necesare pentru evaluarea performanței rețelei și pentru compararea alternativelor de intervenție.
Printre acestea se numără:

- volume de trafic
- matrice origine–destinație;
- capacitatea de circulație;
- nivelul de serviciu (LOS);
- gradul de saturație (v/c);
- indicatorul ICU (*Intersection Capacity Utilization*), utilizat în evaluarea performanței intersecțiilor;
- întârzierile înregistrate pe rețea și în intersecții;
- lungimi de șiruri de așteptare;
- viteze de deplasare;
- indicatori de siguranță rutieră;
- consum energetic;
- emisii de poluanți.

Acești parametrii permit evaluarea obiectivă a efectelor diferitelor scenarii și susțin deciziile privind prioritizarea investițiilor.

Modelarea numerică a desfășurării traficului rutier
Modelarea numerică a desfășurării traficului rutier reprezintă procesul de reprezentare matematică și computațională a comportamentului sistemului de trafic, prin utilizarea unor modele care descriu interacțiunea dintre cererea de transport, infrastructură, participanții la trafic și regulile de circulație, în scopul simulării, analizei și prognozării condițiilor de circulație și al evaluării diferitelor scenarii de dezvoltare sau management al rețelei rutiere.

Modelarea numerică a desfășurării traficului rutier reprezintă procesul de abstractizare, formalizare matematică și implementare computațională a fenomenelor de circulație, prin care comportamentul utilizatorilor, caracteristicile infrastructurii și interacțiunea dintre vehicule sunt descrise prin relații matematice și algoritmi de simulare, în vederea analizării, prognozării și optimizării funcționării sistemului de transport rutier. Această definire este compatibilă cu abordările principalelor instituții profesionale dedicate domeniului ingineriei de trafic: Transportation Research Board (TRB), FHWA, precum și cu metodologia utilizată în programe de modelare precum PTV Visum, PTV Vissim, Aimsun, TransModeler, SUMO, Synchro, etc.

Elemente esențiale ale procesului

Procesul de modelare numerică include, în mod obișnuit, următoarele etape:

- Definirea sistemului analizat
  - delimitarea rețelei rutiere;
  - stabilirea obiectivelor studiului.
- Colectarea și prelucrarea datelor
  - volume de trafic;
  - viteze;
  - matrice origine–destinație;
  - caracteristicile infrastructurii;
  - reguli de circulație și control al intersecțiilor.
- Construirea modelului matematic

- definirea relațiilor dintre variabile;
- alegerea nivelului de detaliere (macroscopic, mezoscopic sau microscopic).

- Calibrarea modelului
  - ajustarea parametrilor astfel încât rezultatele modelului să reproducă observațiile din teren.
- Validarea modelului
  - verificarea capacității modelului de a reproduce independent situațiile reale de trafic.
- Simularea scenariilor
  - situația existentă;
  - scenarii de dezvoltare;
  - scenarii de management al traficului.
- Analiza rezultatelor
  - timpi de călătorie;
  - întârzieri;
  - lungimi ale cozilor;
  - nivel de serviciu (LOS);
  - emisii;
  - consum energetic;
  - costuri sociale.

5. Studiu de caz

Studiu de caz ce este menționat (rezumativ) în acest capitol, prezintă modalitatea în care au fost aplicate în detaliu, principiile de planificare a infrastructurilor rutiere. Proiectul de investiții ce s-a definitivat cu ceva timp în urmă (an 2023), a stabilit soluția de realizare a pasajelor denivelate pe Bd. Th Pallady: *„IKEA”* și *„DRUMUL ÎNTRE TARLALE*”, la ieșirea către autostrada A2 București– Constanța.

Analizele realizate asupra traficului rutier s-au realizat cu scopul de a evidenția efectele determinate de construirea pasajelor pe Bd. Th. Pallady, asupra desfășurării traficului rutier în zonă.

Studiile de trafic realizate reprezintă o premiera în proiectele de infrastructură rutieră din țara noastră, prin faptul că analizele de trafic au fost realizate în 3 paliere de modelare numerică: *Macroscopică, Mezoscopică și Microscopică.*

- *Modelarea Macroscopică* a estimat numărul de deplasări (persoane și bunuri), ce pot fi efectuate pe o rază extinsă de analiză. Pe baza acestor studii, s-a putut stabili numărul de deplasări actuale, precum și numărul de deplasări în perspectivă (traficul actual și traficul de perspectivă). În practica proiectării traseelor rutiere aceste studii stabilesc traficul de calcul pentru dimensionarea structurală a sistemelor rutiere și a lucrărilor de artă. Studiile macroscopice furnizează prognoze asupra modului în care se desfășoară deplasările în zona analizată și formulează recomandări asupra modului în care trebuie concepută rețeaua rutieră.
- *Modelarea Mezoscopică* s-a realizat pe zona de analiză, fiind bazată pe principiile studiilor macroscopice dar în același timp considerând elementele studiilor microscopice, în principal detalierea rețelei stradale la nivel de elemente geometrice și a controlului traficului în intersecții în funcție de tipul acestora (intersecții cu reguli de prioritate, sensuri giratorii, intersecții semaforizate). Acest gen de studii combină avantajele studiilor macroscopice și a celor microscopice.
- *Modelarea Microscopică* s-a realizat pe o zonă limitată definită de amplasamentul lucrărilor de artă, în care s-a făcut un releveu exact al tramei rutiere. În cadrul studiilor microscopice se analizează deplasarea vehiculelor și a pietonilor pe baza valorilor

de trafic furnizate de modelul macroscopic. Studiile microscopice oferă soluții ce ajută procesul de proiectare sub următoarele aspecte: organizarea circulației rutiere, optimizarea deplasărilor de vehicule și pietoni, proiectarea arterelor noi de circulație, îmbunătățirea elementelor geometrice a arterelor de circulație existente, organizarea semnalizării și semaforizării rutiere pe trama rutieră existentă.
Principiile de modelare în studiile microscopice au în vedere deplasarea vehiculelor pe rețele rutiere considerând mișcarea "*individuală*" a acestora. Modelele create cu ajutorul tehnicii informaționale, oferă utilizatorului posibilitatea analizelor complexe asupra variantelor de organizare a circulației.

Rezultatele obținute din cele trei abordări numerice au furnizat investitorului o paletă largă de informații atât legate de forma și poziția lucrărilor de artă cât și informații legate de aspectele de viitoarea administrare a obiectivelor. În acest sens, menționam faptul că analizele de trafic de tip macro-mesoscopic au oferit informații generale cu privire la modul în care se vor redistribui deplasările de vehicule ținând seama de aportul ce îl vor avea viitoarele pasaje denivelate. Analizele de trafic oferă informații asupra principalilor parametrii de trafic estimați atât la nivelul zonei urbane analizate, dar și la nivelul Zonei Metropolitane București-Ilfov.

Analizele de trafic macro-mesoscopic au analizat timpul total petrecut în trafic și parcursul vehiculelor, la orele de vârf dimineața (AM) și după amiaza (PM), în zi normală de lucru și în zi nelucrătoare în contextul modelului de trafic al Municipiului București. În fig.1 este prezentat amplasamentul pasajelor denivelate propuse.

Fig. 1 – Plan amplasament pasaje Bd. Th. Pallady
[https://www.openstreetmap.org]

Modelarea macroscopică – mezoscopică asupra desfășurării traficului rutier a fost realizată pentru următoarele scenarii:

- Scenariul fără pasaje zi lucrătoare – dimineața (AM) și după amiaza (PM).
- Scenariul cu două pasaje: pasaj IKEA și pasaj Drumul între Tarlale zi lucrătoare– dimineața (AM) și după amiaza (PM).
- Scenariul fără pasaje zi nelucrătoare – dimineața (AM) și după amiaza (PM).
- Scenariul cu două pasaje: pasaj IKEA și pasaj Drumul între Tarlale zi nelucrătoare dimineața (AM) și după amiaza (PM).

În figura 2 este prezentată pentru ilustrare, planșa distribuției debitelor de trafic pe arterele de circulație în ipoteza realizării celor două pasaje denivelate.

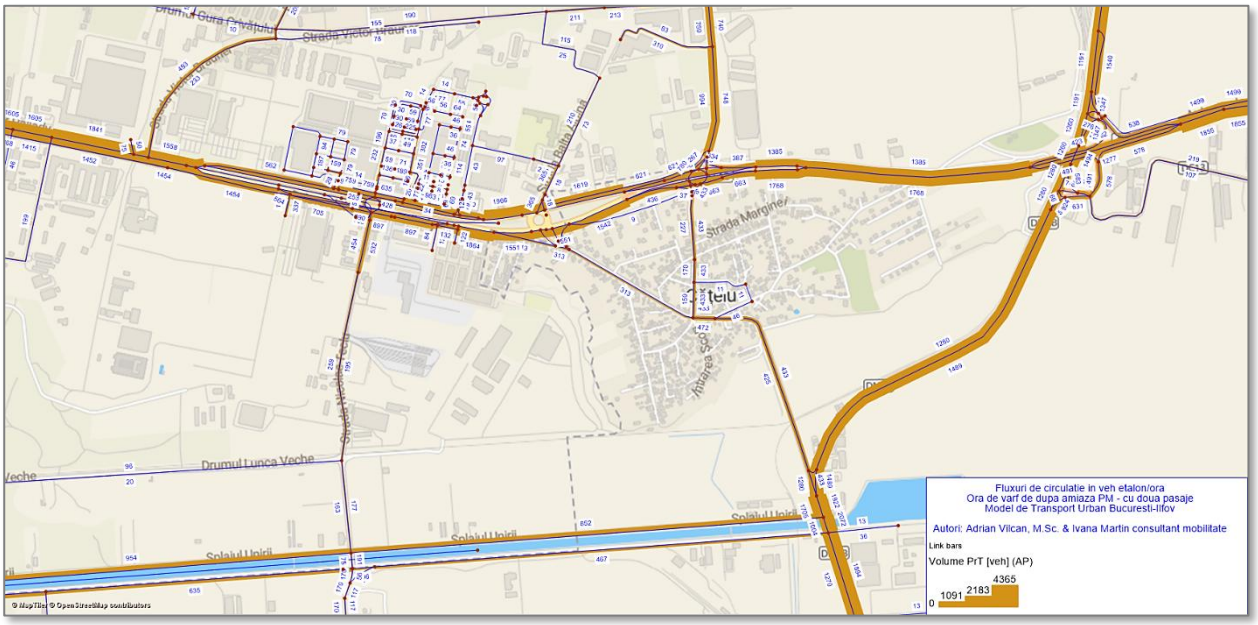


Fig. 2 – Debite de trafic - scenariul cu două pasaje, ora de vârf de PM - vet/ora, vedere de ansamblu

Analiza microscopică

Analiza microscopică a desfășurării traficului rutier pe rețeaua rutieră propusă s-a realizat pe baza datelor de trafic furnizate de studiul macro – mezo prezentat mai sus. Pentru realizarea modelelor de trafic au fost introduse în calcul caracteristicile tramei rutiere identificate pe teren: număr de benzi prevăzute în secțiuni transversale proiectate și direcțiile de deplasare pentru fiecare acces, caracteristicile geometrice ale acceselor, semnalizarea rutieră verticală și orizontală proiectată. În cadrul etapei de modelare microscopică analiza condițiilor de desfășurare a traficului rutier este evidențiată prin intermediul principalilor parametrii ce descriu condițiile de efectuare a deplasărilor.

Din multitudinea informațiilor furnizate de aplicația IT menționăm principalii parametrii ce au fost luați în considerare la analize:

- Indicii de Utilizare a Capacitații (I.C.U.).
- Nivelul de Servici (L.O.S.).
- Întârzieri medii ale vehiculelor în intersecții.
- Număr de opriri ale vehiculelor în intersecții.,
- Vitezele medii de deplasare a vehiculelor,
- Emisiile de noxe: HC, CO, NOx.

În figura 3 este prezentată pentru ilustrare, o analiză comparativă asupra Indicilor de Utilizare a Capacitații pentru pasajul denivelat IKEA.

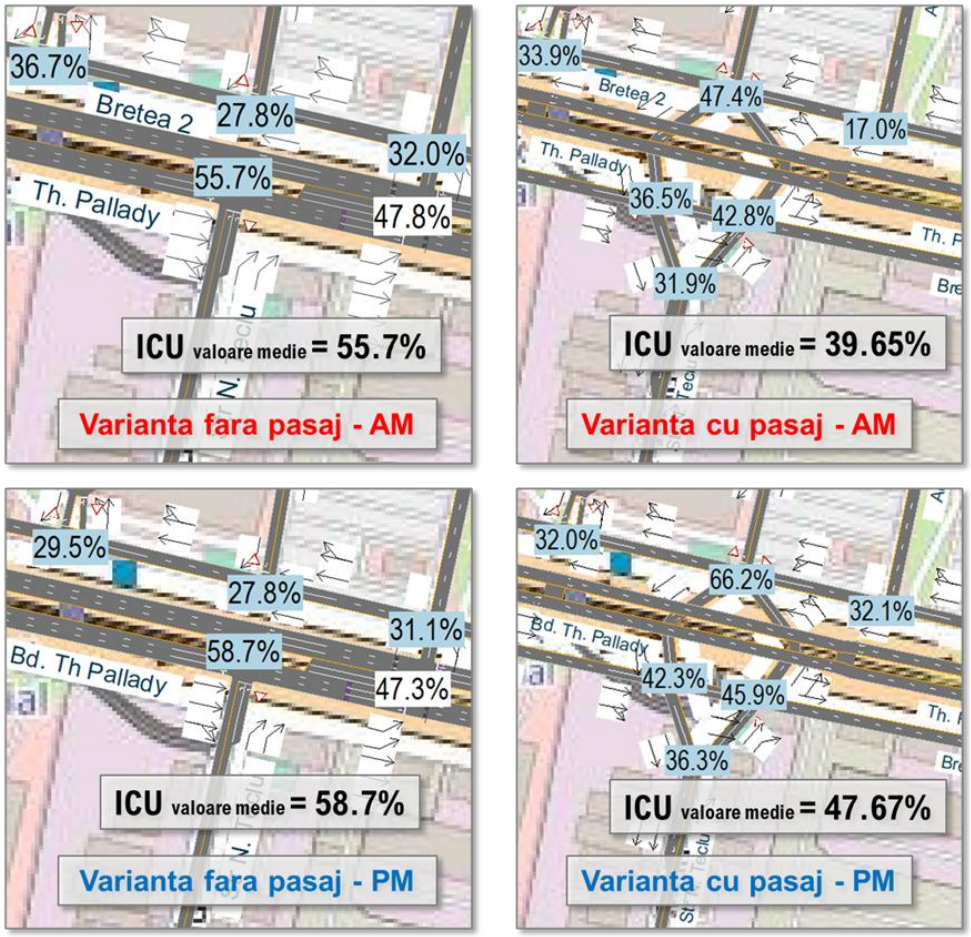


Fig. 3 – Indici de Utilizare a Capacitații

În urma modelațiilor numerice s-au putut estima efectele investițiilor la nivel de rețea.

La nivel de rețea s-au calculat următorii indicatori:

- timpul total de deplasare în rețea exprimat în veh-oră;
- distanțele parcurse vehiculelor exprimate în veh-km.

În tabelul de mai jos sunt prezentate valorile obținute pentru zi lucrătoare AM și PM.

	Bare / segmente rutiere		Intersecții	Total
AM	**Veh-oră**	**Veh-km**	**Veh-oră**	**Veh-oră**
Fără pasaj IKEA	60234	2001755	48893	109127
Cu pasaj IKEA	60415	2001593	48071	108486
		-162		***-641***
Cu 2 pasaje	60281	2001780	48092	108374
		25		***-753***
PM				
Fără pasaj IKEA	60074	2044877	51562	111636
Cu pasaj IKEA	59999	2045603	51253	111253
		725		***-383***
Cu 2 pasaje	60083	2044177	50733	110816
		-700		***-820***

Din analiza rezultatelor prezentate mai sus rezultă reduceri ale distanțelor parcurse precum și reduceri ale timpului petrecut în trafic de către participanții la trafic.

Toate aceste informații furnizate de studiile de trafic pot fi valorificate în analizele economice (cost-beneficiu) și în alte documente ce argumentează proiectele de finanțare.

Aspectele generale prezentate în paragrafele anterior legate de ingineria traficului, ar trebui dezvoltate atât în mediul academic prin reconsiderarea planurilor de învățământ cât și în promovarea cunoștințelor de inginerie de trafic prin forme de pregătire profesională continuă pentru specialiștii ce activează în domeniul administrației.

Considerăm că pregătirii profesionale dedicate domeniului ingineriei de trafic trebuie să i se acorde o noua viziune ce poate fi definită sub formă generică:

***„Ingineria traficului ca instrument de fundamentare a politicilor de transport”*.**