

PLANUL DE MOBILITATE URBANĂ DURABILĂ PENTRU REGIUNEA BUCUREȘTI - ILFOV

[R03] Plan de Modelare



**Primăria
Capitalei**



CIVITTA



**BOGAZICI
PROJE A.S.**

Proiect	PLANUL DE MOBILITATE URBANĂ DURABILĂ PENTRU REGIUNEA BUCUREȘTI – ILFOV
Contract	797 (TTL-075.S) / 11.10.2023
Livrabil	Plan de Modelare
Cod Livrabil	TTL.075-PMUD.RBI-R03
Revizia	Rev. 1
Data	23 noiembrie 2023

Beneficiar Municipiul București



Elaborator **Asocierea**
TTL PLANNING S.R.L.
CIVITTA Strategy & Consulting S.A
Bogazici Proje Mühendislik A.Ş.,



Ver.	Data	Elaborat de	Verificat de
01	23.11.2023	Yücel Erdem Dişli Florin Ruscă Bogdan Petrini Tudor Istrate Alexandru Ciortea Murat Mat Melike Sarim Boynuyoğun Meltem Şan Çiğdem Biyikli Sevcan Gül	Ionut Mitroi

Cuprins

1. AUDITAREA MODELULUI DE TRANSPORT EXISTENT	4
1.1. Sistemul de zonificare.....	4
1.2. Rețeaua de transport.....	4
1.3. Abordarea modelării.....	5
2. PREGĂTIREA DATELOR DE INTRARE PENTRU DEZVOLTAREA MODELULUI DE TRANSPORT	9
2.1. Sistemul de zonificare.....	9
2.2. Date socio-economice	11
2.3. Sistemul de transport	11
2.3.1. Rețeaua de transport privat	11
2.3.2. Rețeaua de transport public	12
2.4. Date de mobilitate.....	13
3. ABORDAREA GENERALĂ PENTRU DEZVOLTAREA MODELULUI DE TRANSPORT ȘI PROGNOZE	14
3.1. Descrierea etapelor de modelare	16
3.2. Calibrare / Validare.....	18
3.3. Prognoze si scenarii	18

1. Auditarea modelului de transport existent

1.1. Sistemul de zonificare

În modelul de transport din 2014, sunt definite 433 de zone de analiză a traficului (din care 365 pentru Municipiul București, 46 pentru Regiunea Ilfov și 22 externe). Zona de studiu este formată din Regiunea București-Ilfov. Conform datelor din cadrul zonei de analiză, populația din zona de studiu este de 2,27 mil. locuitori. Având în vedere sistemul de zonificare din modelul de Transport aferent Planului de Mobilitate anterior, există câteva puncte critice care trebuie subliniate și care sunt prezentate mai jos;

- Nici formele geografice, nici modul de cuprindere în ceea ce privește utilizare terenurilor din zone nu sunt convenabile în scopul planificării în transporturi fiind mai degrabă o zonificare geografică / bazată pe limitele teritorial-administrative.
- Formele zonelor sunt în mare parte neregulate, iar compoziția utilizării terenurilor nu este atât de omogenă pe cât este de necesar.
- În timp ce zonele din zona centrală a orașului și inelul exterior din jurul acestuia au suprafețe de dimensiuni mici, dimensiunea zonelor din regiunea exterioară este prea mare, ceea ce indică faptul că zonele nu au o granularitate regulată sau care să reprezinte într-o manieră robustă specificul local.
- În cazul în care centroizii zonelor au fost generați automat, aceștia necesită o revizuire completă în vederea creării unui set de conectori centroid-rețea care să agregheze robust caracteristicile locale de mobilitate.

Construirea unui sistem de transport multimodal cu acest tip de sistem de zonificare poate conduce la unele probleme, deoarece într-un model de planificare a transporturilor, zonificarea este principala componentă a sistemului.

- Sistemul de zonare neconform cauzează dificultăți ale modelului de transport în a capta cu exactitate circulația traficului intrazonal.
- Este puțin probabil ca matricele degresate să fie sensibile și realiste.
- Sistemul de zonare provoacă inexactitate în distribuția călătoriilor, alegerea modului de transport și alegerea rutei pe care se va face deplasarea.

1.2. Rețeaua de transport

Având în vedere rețeaua anterioară de transport privat din PMUD-ul București, lungimea totală a rețelei pentru zona de studiu este de 1.885km. Lungimile totale pe fiecare clasă funcțională a drumurilor sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabelul 1-1. Clasificarea drumurilor după modelul anterior al rețelei de transport

	Tip de drum	Total KM (București- Ilfov)	Procent valabil din total rețea	Capacitate bandă	Viteză maximă*
Între localități	Autostradă	142	7%	2300	130
	Drum de interes național	220	11%	2100	70
	Drum de interes județean	491	26%	1100	60
	Drum comunal	236	14%	700	50
Urban	Arteră principală	112	6%	1700	70
	Arteră secundară	231	12%	1400	50
	Stradă colectoare	220	11%	1100	50
	Stradă de folosință locală	233	12%	700	30
Total		1885	100%	Media 1340	Media 63

(sursa. PMUD BI 2015, IR2 ,Tabel 5-2)

Plecând de la rețeaua anterioară de transport privat din Modelul existent al PMUD București, se vor realiza actualizări în raport cu modificările de rețea survenite în intervalul 2014-2023 (noi artere, modificări de număr de benzi / capacitate, modificări de sensuri unice, noi poduri / pasaje, etc.). Fiecărui tip de link îi vor fi atribuite un set de parametri de tipul: lungime, capacitate, viteză, etc, care necesită actualizare. Totodată se va realiza o clasificare a tipurilor de drumuri (LinkType), funcție de categoria funcțională a acestora prezentată în tabelul de mai jos.

Tabelul 1-2. Clasificarea drumurilor propusă în cadrul actualizării rețelei de transport

Clasificarea Arcelor Rețelei		Limita de viteză (km/h)	Tip			
			1 bandă	2 benzi	3 benzi	4 benzi
Extraurban	Autostradă	130	-	X	X	-
	Drum Expres	120	-	X	-	-
	Drum Național European	100	X	X	X	-
	Drum Național	90	X	X	X	-
	Drum Județean	80/90	X	X	-	-
	Drum Comunal	70/90	X	X	-	-
Urban	Arteră principală (Rețea Primară)	50/60	X	X	X	X
	Arteră colectoare (Rețea Secundară)	40	X	X	X	-
	Arteră rezidențială (Rețea Terțială)	30	X	X	-	-
	Alee Pietonală	20	X	-	-	-
	Pistă de Bicicletă	20	X	-	-	-
Feroviar	Cale Ferată	-	X	-	-	-
	Metrou	-	X	-	-	-
	Tramvai	-	X	-	-	-

1.3. Abordarea modelării

Modelul de transport anterior al PMUD-ului al Regiunii București-Ilfov va fi examinat în detaliu odată cu progresul activității de modelare. Având în vedere abordarea generală a modelului anterior de cerere de transport, se propune utilizarea unei abordări similare utilizând modelul în 4 pași respectiv: Generarea deplasărilor, distribuția deplasărilor, împărțirea modală și atribuirea pemitinerării.

Generarea deplasărilor este estimată pe baza populației din zona respectivă și ratele de producție determinate în urma chestionarului de mobilitate, iar distribuția deplasărilor depinde de numărul locurilor de muncă și a numărului de locuri în instituțiile de învățământ care vor avea asociate și ratele de atracție determinate în urma chestionarului de mobilitate. Modelul în patru pași simplifică comportamentul de mobilitate la principalele deplasări și combinații între acestea respectiv acasă – locul de muncă / acasă școală / acasă altele, și combinații între acestea, defalcate pe scopuri și moduri ca segment de cerere.

Variabilele utilizate pentru modelul de generare a călătoriei din 2014 sunt prezentate în următorul tabel. După cum se observă, au fost utilizate unele variabile socio-demografice legate de muncă și elevi / studenți. Pe de altă parte, în modelul anterior de călătorie a luat în considerare diferite grupe de vârstă. De asemenea, unele variabile au fost estimate și utilizate în model. De exemplu, din punct de vedere geografic, regiunile București și Ilfov au fost împărțite în zone

principale care au fost utilizate ca variabile estimate. Fiecare segment de cerere are o rată de generare a deplasării în modelul anterior în raport cu scopurile deplasării.

Tabelul 1-3. Variabile utilizate în modelul de generare a călătoriei

VARIABLE SOCIODEMOGRAFICE ȘI SOCIOECONOMICE	VARIABLE ESTIMATE
Munca angajată	Inel zonal 1-4
Șomeri de muncă	Center_D
Lucru inactiv	Middle_D
Școala de capacitate	High_D
Educație de capacitate	Village_D
Densitatea TAZ	
Angajare	
Vârsta 5-9	
Vârsta 10-14	
Vârsta 15-19	
Vârsta 20-24	
Vârsta 25-29	
Comm_Intense	

În tabelele de mai jos, coeficienții de generare a deplasărilor sunt furnizați pentru anul de referință 2015 și pentru anul țintă 2030. După cum se vede în următoarele tabele, coeficienții diferă între ei în anul de bază și în anul țintă, însă acești coeficienți ar trebui reevaluați pe baza chestionarului de mobilitate. În abordările bazate pe modelare, coeficienții utilizați pentru anul de bază ar trebui utilizați și pentru anul țintă.

Tabelul 1-4. Coeficienții de generare a deplasărilor din anul de referință 2015

VARIABLE	PROD_HBW	PROD_HBE	PROD_HBO	PROD_NHB	ATT_HBW	ATT_HBE	ATT_HBO
Work_Employed_2015	0,531		0,0721	-0,170108			
Work_Unemployed_2015			-0,687608				
ZONAL_RING_1_2015				66,4394376	386,4	125,9296	
VILLAGE_D_2015							111,2464
ZONAL_RING_4_2015	-200	-100	-150	-30	-150	-60	-150
Center_D_2015							242,2636
High_D_2015					312,8	280,88796	415,0166
Middle_D_2015						310,60396	327,23296
Work_Inactive_2015			0,155756	0,1550752			
Edu_BA_2015				0,0648784			
CapacitySchool_2015					0,12328		
Cap_Edu_2015						0,57408	
TAZDensity_2015				0,0015824	0,02116	0,00644	0,0092

Emp_2015					0,75026		
Comm_Intens_2015					0,069		0,07728
Age_5-9_2015		0,33					
Age_10-14_2015		0,69					
Age_15-19_2015		0,588					5,7987
AGE_20-24_2015	0,187	0,33					
Age_25-29_2015		0,1					

Tabelul 1-5. Coeficienții de generare din anul-țintă pentru 2030

VARIABLE	PROD_HBW	PROD_HBE	PROD_HBO	PROD_NHB	ATT_HBW	ATT_HBE	ATT_HBO
Work_Employed_2015	0,531		0,0721	-0,170108			
Work_Unemployed_2015			-0,687608				
ZONAL_RING_1_2015				66,4394376	386,4	125,9296	
VILLAGE_D_2015							111,2464
ZONAL_RING_4_2015	-200	-100	-150	-30	-150	-60	-150
Center_D_2015							242,2636
High_D_2015					312,8	280,88796	415,0166
Middle_D_2015						310,60396	327,23296
Work_Inactive_2015			0,155756	0,1550752			
Edu_BA_2015				0,0648784			
CapacitySchool_2015					0,12328		
Cap_Edu_2015						0,57408	
TAZDensity_2015				0,0015824	0,02116	0,00644	0,0092
Emp_2015					0,75026		
Comm_Intens_2015					0,069		0,07728
Age_5-9_2015		0,33					
Age_10-14_2015		0,69					
Age_15-19_2015		0,588					5,7987
AGE_20-24_2015	0,187	0,33					
Age_25-29_2015		0,1					

Există 4 scopuri principale de deplasare în modelele de generare a călătoriilor: domiciliu – muncă și întoarcere, domiciliu – școală și întoarcere, domiciliu – altele și întoarcere și alte deplasări care nu sunt bazate pe domiciliu. În tabelul de mai jos, numărul de deplasări legate de scopul călătoriei și cazurile de generare-atrakție sunt date pentru PMUD 2014.

SCOPURILE DEPLASĂRII	NUMĂRUL DE DEPLASĂRII
PROD_HBW	632168
PROD_HBE	144530
PROD_HBO	275193
PROD_NHB	58742
ATT_HBW	610494
ATT_HBE	148612
ATT_HBO	276562
ATT_NHB	61923

În actualizarea Modelului de Transport aferent PMUD-ului Regiunii București-Ilfov, atât variabilele, cât și coeficienții vor fi evaluați și revizuiți în cazul în care este necesar. Unele variabile nou definite sau variabile estimate pot fi utilizate în modelul curent de generare a călătoriilor, în funcție de cât de utile vor fi. În modelul de distribuție a călătoriilor, în modelul gravitațional și în calculul parametrilor de gravitație au fost utilizate funcții gamma.

În împărțirea modală s-a utilizat modelul Logit. Modelul de repartiție modală al PMUD-ului 2014 conține următoarele moduri de transport: metrou, tramvai, troleibuz, autobuz, maxi-taxi, feroviar și mers pe jos.

În cadrul activității de actualizare a modelului de Transport va fi utilizată aceeași abordare , respectiv modelul în 4 pași. Având în vedere modelul anterior al cererii de călătorie din regiunea București-Ilfov, vor fi definite punctele forte și punctele slabe, iar etapele modelului vor fi actualizate.

Modelul existent ar putea fi utilizat pentru a simula decizii strategice la o scară mai largă (de exemplu, regională), dar nu poate simula scenarii într-un mediu urban dens sau explica efectele unei planificări mai detaliate. În principal, acest lucru se datorează unui sistem de zonare inadecvat, nivelului insuficient de detaliu al modelului de cerere și ofertă și lipsei de consecvență în etapele de calibrare și validare.

2. Pregătirea datelor de intrare pentru dezvoltarea modelului de transport

Modelarea cererii de transport necesită o gamă largă de seturi de date. În tabelul de mai jos, este prezentată relația dintre studiile din teren și domeniul lor de utilizare pentru realizarea modelului de Transport.

Tabelul 2-1. Colectarea datelor și domeniul de utilizare pentru modelul de Transport

STUDII DE COLECTARE A DATELOR IN SITU	ZONA DE UTILIZARE A DATELOR
Sondaj privind mobilitatea în gospodării	Modelare și planificare
Sondaj privind preferințele de transport	Planificare strategică / Politici
Contorizarea gradului de ocupare a transportului public	Calibrarea rețelei de transport public
Anchete O-D privind transportul public	Verificare Modelare (extras din chestionarul de mobilitate)
Anchete O-D privind traficul general	Definire matrici externe Transport privat / Modelare și planificare
Contorizarea traficului general (numărul de autovehicule)	Calibrarea rețelei de transport privat
Contorizarea pasagerilor în stațiile de transport public	Verificare Modelare (extras din contorizarea pe link)
Numărul de pasageri pe rutele de transport public	Verificarea Alocării
Determinări privind durata de călătorie cu transportul privat	Validarea rețelei
Determinări privind durata de călătorie în transportul public	Validarea rețelei
Anchete O-D privind traficul de marfă	Definire matrici externe transport de marfă / Modelare și planificare
Interviuri logistice	Verificarea traficului de mărfuri

2.1. Sistemul de zonificare

În scopul elaborării modelului de transport sub platforma PTV Visum, zona de studiu este examinată și împărțită în subunități, iar colectarea datelor și modelarea cererii sunt bazate pe aceste unități. Studiile de modelare a transportului sunt efectuate pe baza regiunilor de analiză a traficului. În crearea zonelor de analiză, bazate pe granițele administrative, sunt examinate conexiunile de transport, dimensiunile zonelor populate, pragurile geografice și structurile funcționale (Zone industriale, zone Rezidențiale, Universități, Aeroporturi etc.). Având în vedere criteriile de creare a zonelor de analiză menționate mai sus, zonele de analiză a traficului vor fi adaptate, plecând de la zonificarea existentă, dar care necesită ajustare, prin combinarea sau împărțirea cartierelor din cadrul Regiunii București-Ilfov în funcție de asemănările lor în ceea ce privește caracteristicile de utilizare a terenurilor și atributele socio-economice.

După cum s-a menționat mai sus, în modelul de transport 2014 al Regiunii București-Ilfov, sunt definite 433 de zone de analiză a traficului (din care 365 pentru Municipiul București, 46 pentru Regiunea Ilfov și 22 externe). În figura de mai jos sunt prezentate zonele de analiză a traficului care sunt clasificate ca centru, inel median, inel exterior și Regiunea Ilfov.

Având în vedere că zona actuală de studiu a PMUD-ului acoperă aceeași regiune, zonele vor fi evaluate în funcție de utilizarea actuală a teritoriului și granițele teritoriale. În ceea ce privește

relația origine-destinație, zonele mari vor fi dezagregate pentru a obține un set de date mai realist. Spre deosebire de zonificarea modelului de transport anterior, sistemul de zonificare va fi formalizat nu numai în ceea ce privește caracteristicile demografice, ci și utilizarea teritorială, limitele naturale și antropice, caracteristicile urbane (centrul orașului, subcentrul, zone rezidențiale etc.) și diviziuni administrative.

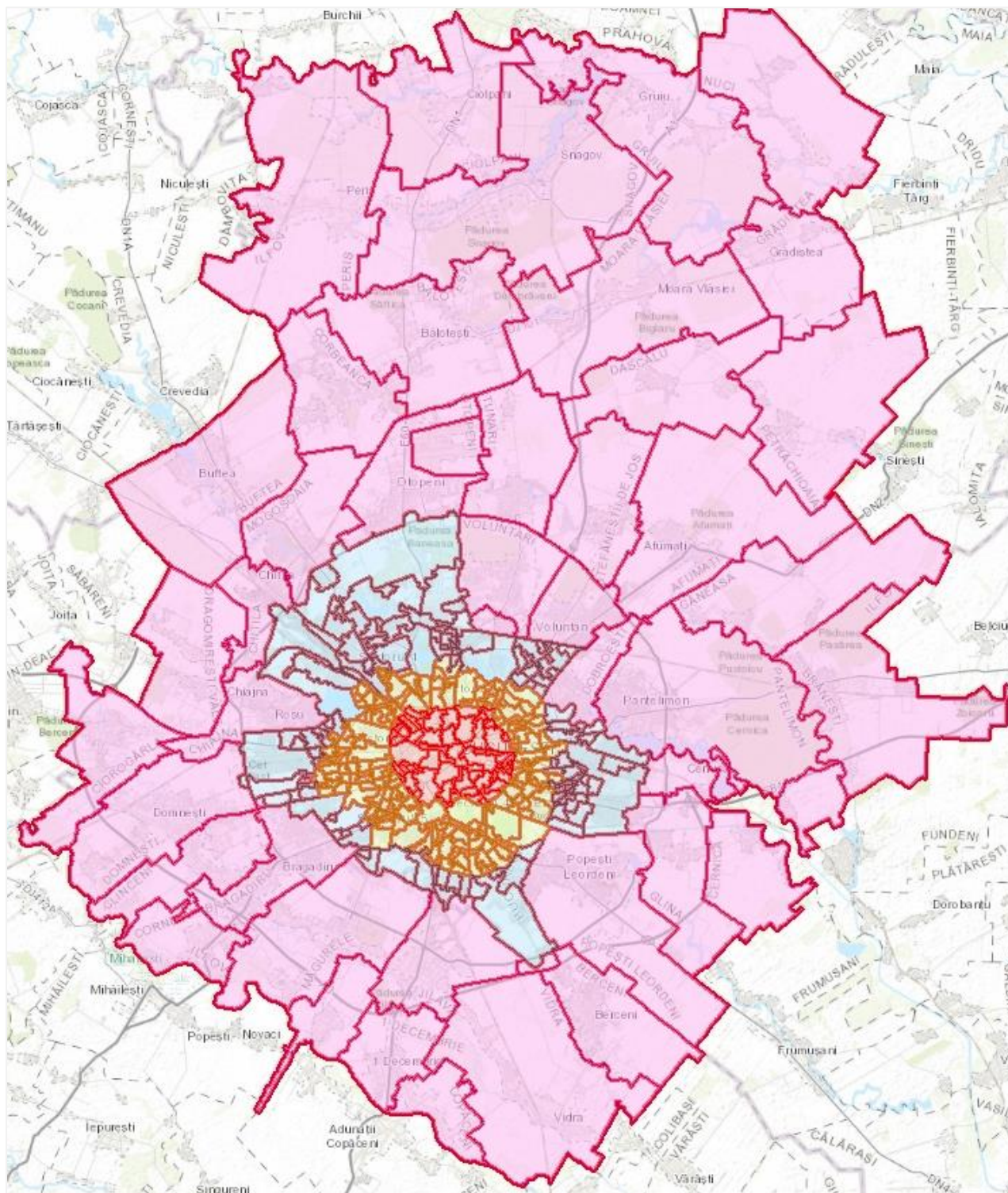
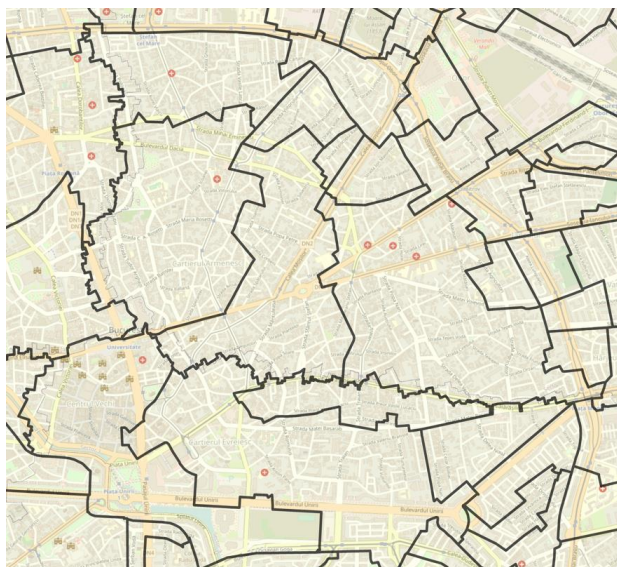
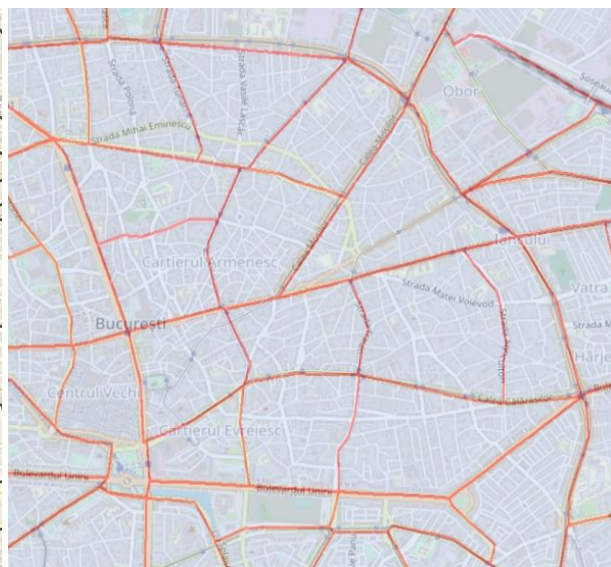


Figura 2-1. Zonele de analiză a traficului utilizate în modelul anterior al cererii de transport

Prezentăm mai jos o comparație între sistemul de zonificare existent pe zona centrală și sistemul de zonificare propus, aflat în lucru:



(zonificare existentă)



(zonificare propusă)

Figura 2-2. Comparație sistem de zonificare

2.2. Date socio-economice

Datele socio-economice sunt obținute în cea mai mare parte din anchetele de mobilitate în incinta gospodăriilor și aplicat online și telefonic. Persoanele cu vârsta peste 5 ani sunt luate în considerare. Variabilele și atributele obținute vor fi alocate zonelor de analiză a traficului nou definite. Principalele atribute ale zonelor pentru definirea modelului de transport sunt :

- Populația
- Grupuri de populație în funcție de ocupație, vârstă, etc.,
- Numărul de angajați și elevi / studenți;
- Numărul de locuri de muncă (locuitori salariați),
- Venitul mediu al gospodăriei (venitul pe cap de locuitor),
- Deținerea unui autoturism/vehicul

Întrebările din chestionarul de mobilitate sunt concepute în vederea identificării caracteristicilor de deplasare ale locuitorilor în vederea producerii modelului de transport. În ansamblu, integrarea zonelor de analiză a traficului și a datelor socio-economice va forma o bază de date care va conține caracteristicile generale ale regiunii București-Ilfov.

2.3. Sistemul de transport

Ca un prim lucru necesar pentru actualizarea Modelului de Transport este obținerea rețelei actuale de transport. Rețeaua de transport este compusă din sistemul de transport privat și sistemul de transport public.

2.3.1. Rețeaua de transport privat

Pentru actualizarea sistemului de transport privat este necesară obținerea rețelei actuale de transport a regiunii București - Ilfov. Modelul actual de transport al regiunii București-Ilfov se bazează pe rețeaua de la nivelul anului 2014, prin urmare este necesar să fie actualizat în ceea ce privește schema actuală a rețelei. Hărți și Date open-source sau orice alte date adecvate pot fi utilizate pentru a face acest lucru însă este de preferat ca Beneficiarul să ne pună la dispoziție un fișier GIS cu rețeaua stradală și atributele asociate (număr de benzi, sistem rutier, stare tehnică, sensuri unice, etc). De asemenea, este necesar să se obțină caracteristicile operaționale ale sistemului de transport privat în rețea. Numărul de benzi, situația actuală a parcărilor (dacă

este permisă sau interzisă), capacitatea, restricțiile de viteză, dacă drumul este dublu sens sau nu și dacă drumul este cu sens unic. Aceste date sunt utilizate pentru a afla durata de deplasare între zonele de analiză a traficului sau costul generalizat de deplasare care reprezintă impedența la deplasare pentru un anumit itinerariu necesar pentru a distribui cererea de transport pe rutele cele mai convenabile.

Pe de altă parte, este de asemenea esențial să se obțină proiectele în curs și planificate pentru următorii ani legate de rețelele sistemului privat de transport, cum ar fi intersecțiile, nodurile, coridoarele, autostrăzile, noile artere, modificări de sensuri, pasaje, etc.. Pentru a studia scenariile viitoare în software-ul de modelare a cererii de transport, rețeaua ar trebui actualizată și să includă și aceste proiecte asumate în scenariul de referință.

Totodată vor fi actualizate clasificările ce vor fi evaluate în funcție de caracteristicile drumului, iar rețeaua va fi actualizată în raport cu datele colectate.

2.3.2. Rețeaua de transport public

Rețeaua de transport public poate fi defalcată în două clase: transportul pe rețeaua generală (ce cuprinde autobuz, troleibuz etc.) și transportul feroviar în cale proprie (tren, metrou, tramvai etc.). La fel ca rețeaua de transport generală, sistemul de transport public va fi, de asemenea, actualizat în conformitate cu aspectele actuale ale rețelei de transport public. Toate liniile de transport public operate în București-Ilfov vor fi integrate și codificate în software-ul de modelare a cererii de transport, cu specificațiile lor operaționale (trasee, opriri, viteze comerciale, program de circulație, etc.). Pe de altă parte, vor fi colectate date operaționale care acoperă orele, frecvențele și duratele de călătorie pentru fiecare linie zilnic. În etapele următoare ale dezvoltării modelului, după calibrarea folosind contorizările vor fi necesare și date din sistemele existente privind validările / numărările de călători urcați și coborâți pentru verificarea rezultatelor.

Având în vedere rețeaua anterioară de transport public a PMUD-ului București, în 2014 au fost operate 4 magistrale de metrou, 25 de linii de tramvai, 80 de linii de autobuz, 15 linii de troleibuz și 50 de linii de transport public în județul Ilfov. Numărul total de pasageri din transportul public a fost de aproximativ 2.240.000 pentru o zi obișnuită a săptămânii.

La formalizarea noului model de Transport se vor actualiza amplasamentele stațiilor, serviciile asociate cu toate caracteristicile pentru toate modurile de transport public (inclusiv tren și metrou).

Tabelul 2-2. Datele extrase din modelul anterior al rețelei de transport

	METROU	TRAMVAI	AUTOBUZ	TROLEUBUZ	TP ILFOV
Număr linii	4	25	80	15	50
Capacitate Vehicul	1,200	200	50	50	16
Media plecărilor zilnice	452	3,447	10,813	3,255	3,578
Media capacității zilnice de serviciu	27%	35%	27%	8%	3%
Lungimea traseului (km)	146	479	1,627	259	2,021
Media zilnică de Km vehicul	9,948	33,527	103,340	22,897	54,672
Media zilnică de ore vehicul	1,885	2,547	8,054	2,068	1,366
Începerea operării – dimineața	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00
Finalizarea operării – seara	23:00	23:00	23:00	23:00	22:00
Tarif mediu Lei (o călătorie)	2	1.3	1.3	1.3	3
Număr mediu de pasageri, zilnic	624,191	489,706	885,428	198,028	40,000

2.4. Date de mobilitate

În timpul efectuării anchetelor de mobilitate a persoanelor, vor fi colectate nu numai variabilele socio-demografice și socio-economice, ci și variabilele legate de deplasări, anchete origine – Destinație și preferințe. Datele privind scopurile călătoriei (domiciliu - muncă, domiciliu - școală, domiciliu - altele), relația origine-destinație (distribuția călătoriei), alegerea modului de transport (mașină privată, transport public, moduri nemotorizate etc.) vor fi colectate pentru a observa tiparele actuale de călătorie din regiunea București-Ilfov. Informațiile legate de deplasări vor fi principalele date de intrare pentru modelarea în 4 pași. Atributele de generare a călătoriei, distribuția, alegerea modului și matricele de atribuire vor fi stabilite în funcție de aceste date, care reprezintă rezultatul anchetei privind mobilitatea persoanelor și vor fi utilizate în vederea elaborării modelului de generare a deplasărilor, modelului de atracție a deplasărilor, modelul Gravitațional de distribuție a deplasărilor și modelul Logit de alegere modală.

3. Abordarea generală pentru dezvoltarea modelului de transport și prognoze

Scopurile călătoriei sunt clasificate ca fiind legate de domiciliu și alte călătorii. În modelul de transport, se vor distinge cel puțin următoarele scopuri de călătorie:

- Călătorii de la domiciliu la muncă (H-W)
- Călătorii de la domiciliu la școală / universitate (H-E)
- Alte călătorii de la domiciliu (H-O)
- Călătorii în afara domiciliului (O-O)

Abordarea de modelare propusă este un model macroscopic în 4 pași care se bazează pe echilibrul dintre cerere și ofertă. Schema generală a modelului este prezentată în figura de mai jos.

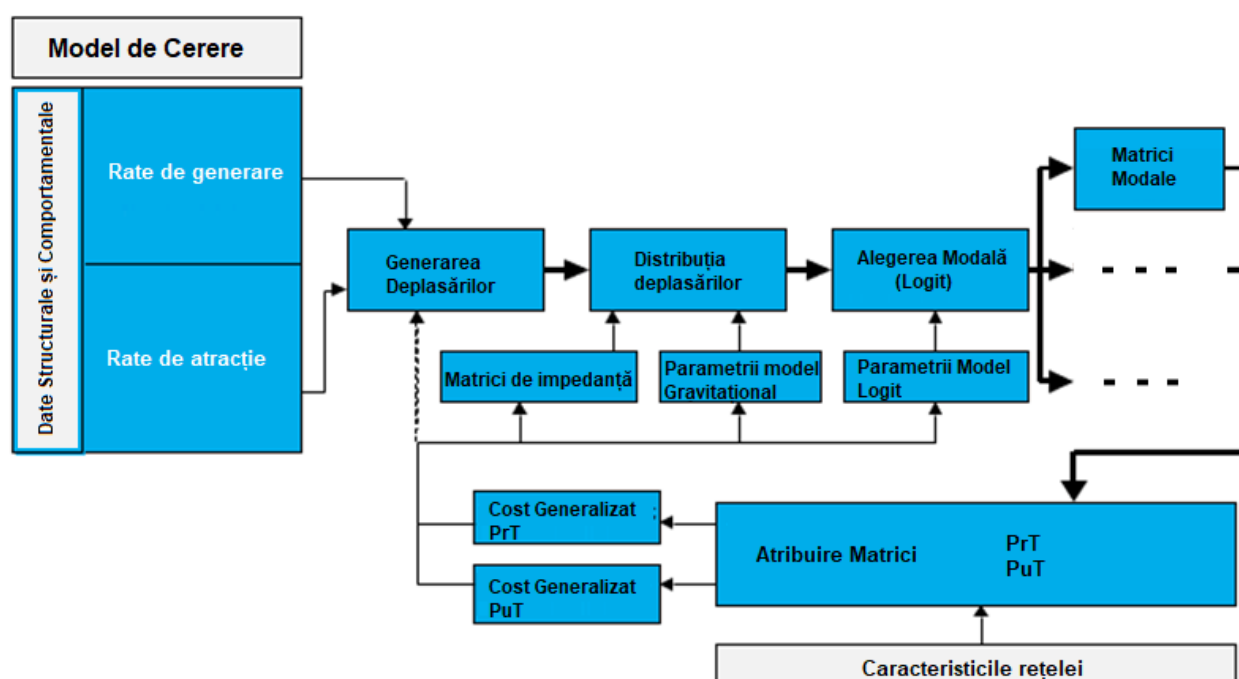


Figura 3-1. Schema generală a modelului cererii de transport în 4 pași

Demand models		
Select demand model		
M01 DemandModel 1		
Basis Person groups Activity pairs Demand strata		
Number: 5	Code	Name
1	AC	Angajați cu auto / Employed with car
2	AnC	Angajați fără auto / Employed without car
3	E	Elevi / Students
4	NC	Neangajați cu auto / Unemployed with car
5	NnC	Neangajați fără auto / Unemployed without car

Figura 3-2. Principalele grupuri sociale

Demand models		
Select demand model		
M01 DemandModel 1		
Basis	Person groups	Activity pairs
Demand strata		
Number: 4	Code	Name
1	HO	Acasă către Alte scopuri
2	HS	Acasă către Școală
3	HW	Acasă către Serviciu
4	OO	Alte origini către Alte scopuri

Figura 3-3. Tipuri principale de activități:

Demand models					
Select demand model					
M01 DemandModel 1					
Basis	Person groups	Activity pairs	Demand strata		
Number: 13	Code	Name	Demand segment set	Person groups	Activity pair
1	HO_AC		Bike,Car,PuT,Walk	AC	HO
2	HO_AnC		Bike,PuT,Walk	AnC	HO
3	HO_E		Bike,Car,PuT,Walk	E	HO
4	HO_NC		Bike,Car,PuT,Walk	NC	HO
5	HO_NnC		Bike,PuT,Walk	NnC	HO
6	HS_E		Bike,Car,PuT,Walk	E	HS
7	HW_AC		Bike,Car,PuT,Walk	AC	HW
8	HW_AnC		Bike,PuT,Walk	AnC	HW
9	OO_AC		Bike,Car,PuT,Walk	AC	OO
10	OO_AnC		Bike,PuT,Walk	AnC	OO
11	OO_E		Bike,Car,PuT,Walk	E	OO
12	OO_NC		Bike,Car,PuT,Walk	NC	OO
13	OO_NnC		Bike,PuT,Walk	NnC	OO

Figura 3-4. Segmente de Cerere

Transport systems / Modes / Demand segments					
Transport systems Modes Demand segments					
Number: 10	Code	Name	Type	Modes	DSeg
1	Bike	Bike	PrT	Bike	Bike
2	Bus	Bus	PuT	PuT	PuT
3	Car	Car	PrT	Car	Car
4	HGV	HGV	PrT	HGV	HGV
5	LGV	LGV	PrT	LGV	LGV
6	Metro	Metrou	PuT	PuT	PuT
7	PuTWalk	PuTWalk	PuTWalk	PuT	PuT
8	Rail	Rail	PuT	PuT	PuT
9	Tram	Tramvai	PuT	PuT	PuT
10	Walk	Walk	PrT	Walk	Walk

Figura 3-5. Sisteme de Transport definite în cadrul modelului

Transport systems / Modes / Demand segments				
Transport systems Modes Demand segments				
Number: 6	Code	Name	Mode	TSys
1	Bike	Bike	Bike	Bike
2	Car	Car	Car	Car
3	HGV	HGV	HGV	HGV
4	LGV	LGV	LGV	LGV
5	PuT	PuT	PuT	Bus,Metro,PuTWalk,Rail, Tram
6	Walk	Walk	Walk	Walk

Figura 3-6.. Alocarea cererii de transport

Tabelul 3-1. Principalele intrări și ieșiri ale fiecărei etape sunt prezentate în tabelul de mai jos.

FAZA DE MODELARE	INTRARE	IEȘIRE
Inițializare	Rețeaua rutieră	Rețeaua de modelare a transporturilor
	Rețeaua de transport public	
	Sistemul de zonificare	
Generarea deplasărilor	Sistemul de zonificare	Rate de generare / atracție de călătorie (pe fiecare zonă)
	Date socio-demografice (pe fiecare zonă)	
	Coeficienți de generare / coeficienți de regresie liniară	
Distribuția deplasărilor	Rețeaua de transport	Matrice ale cererii de distribuție (pe fiecare zonă)
	Matrici de impedanță (durata de deplasare, distanța etc.)	
	Parametri calibrați în modelul gravitațional	
Alegerea modală	Rețeaua de transport	Matrice de cerere pentru alegerea modului (pe fiecare zonă)
	Matrici de impedanță (durata de deplasare, distanța etc.)	
	Parametri calibrați în modelul Logit	
Atribuire pe itinerarii	Rețeaua de transport	Măsuri de performanță a rețelei
	Matrici de impedanță (durata de deplasare, distanța etc.)	Statistici de rețea
	Matrice de cerere pentru perioada de înscriere (AM-PM, 24H)	Rezultatele Assignment pe legături și benzi PT.

3.1. Descrierea etapelor de modelare

Primul pas este **generarea deplasărilor** care evaluează numărul de călătorii generate/atrase de către fiecare zonă de analiză. Acest calcul va fi efectuat separat pe fiecare scop de deplasare a călătoriei, pe baza parametrilor socio-economici (populația, ocuparea forței de muncă, numărul de elevi/studenți, nivelul veniturilor populației, deținerea de autovehicule și parametrii spațiali (de exemplu, suprafața, capacitatea, densitatea etc.). Valorile de generare a deplasărilor vor fi atribuite fiecărei zonă de analiză.

Variabilele produse anterior în etapa de generare a călătoriei, care sunt menționate în partea de Abordarea a modelării din auditul modelului de transport existent, vor fi actualizate în funcție de datele colectate din teren. Dacă este necesar, pot fi definite noi variabile. Coeficienții de generare vor fi actualizați cu ajutorul datelor socio-demografice și a caracteristicilor de deplasare obținute din anchetele de mobilitate.

Al doilea pas este **distribuția deplasărilor**, unde sunt împerecheate caracteristicile de atracție cu cele de generare rezultând perechile origine-destinație, fiind de asemenea calculate pentru fiecare scop al deplasării. De-a lungul anilor au fost propuse o serie de metode pentru distribuția călătoriilor între destinații. Unele dintre cele mai simple sunt potrivite doar pe termen scurt (de exemplu, metodele factorului de creștere). Altele par să răspundă mai bine la modificările impedanțelor și, prin urmare, sunt sugerate pentru studii strategice pe termen lung, cum ar fi acesta, care implică modificări importante ale costurilor generalizate de deplasare. Modelele sintetice sau gravitaționale reprezintă cea de-a doua metodă de distribuție, care pornește de la ipoteze despre comportamentul de deplasare al grupului și modul în care acesta este influențat de factori externi, cum ar fi impedanțele rețelei (durata de călătorie, distanța, costurile de

transport și alți indicatori). Pentru fiecare relație origine-destinație din matrice, se realizează evaluarea numărului total de deplasări între oricare origine și oricare destinație indiferent de modul de deplasare.

În modalitatea actualizată de distribuție a călătoriei, duratele de deplasare și distanța de deplasare vor fi obținute din contorizări pe rețeaua rutieră actualizată. Pe baza noilor durate de deplasare și viteze de deplasare rezultate pe diverse coridoare pe rețeaua de transport actualizată a regiunii București-Ilfov, matricele de impedanțe vor fi actualizate și se vor determina parametrii modelului gravitațional. Funcțiile exponențiale și gamma vor fi utilizate separat și comparate pentru a identifica care funcție este mai eficientă pentru distribuțiile călătoriilor. Cu acești parametri actualizați, matricele de distribuție a călătoriilor vor fi actualizate, reprezentând date de intrare pentru modul de alegere modală.

Al treilea pas **este alegerea modală** în care selectarea modului de transport (de exemplu, autoturism personal, transport public) este calculată pe baza impedanței și a parametrilor de alegere a modului de transport. Modelele de tip probabilitate (modelul Logit) vor fi luate în considerare pentru a fi utilizate folosind costuri generalizate ale utilităților și parametrii de ponderare. Modelul Logit reproduce fiecare decizie pentru fiecare utilizator pe baza funcției de utilitate a deplasării pentru fiecare mod de transport:

$$P_{\text{mode}i} = \frac{\exp(U_{\text{MODE}i})}{\sum_i \exp(U_{\text{MODE}i})}$$

Unde "Umode" este funcția de utilitate a fiecărui mod de transport i, iar "Pmode" este probabilitatea de alegere a fiecărui mod de transport.

Afectarea pe itinerarii pe care se va efectua deplasarea este ultimul pas al modelului în 4 pași. Pe baza matricelor cererii de transport rezultate în urma proceselor modelului de generare a călătoriilor, distribuție a călătoriilor și alegerea modului de transport, precum și a ofertei rețelei de transport (transport rutier și public), cererea de transport este atribuită pe rețeaua de transport. Elaborarea matricelor cererii de transport se realizează separat pentru transportul privat (inclusiv matricele pentru calcularea traficului de mărfuri în modelul de transport) și transportul public. Ambele proceduri de atribuire urmăresc o serie de setări și constrângeri legate de capacitatea generală de transport, de timp și de factorii de cost generalizați.

Software-ul PTV VISUM oferă diverse metode de alocare pentru traficul rutier, inclusiv, dar fără a se limita doar la proceduri de alocare incrementală, echilibrată, stocastică și dinamică. Selectarea unei metode adecvate de atribuire se va baza pe următoarele criterii:

- Timp scurt de calcul, realizând o convergență rapidă;
- Posibilitatea de a începe calculul pe baza unei sarcini anterioare;
- Calitate ridicată a modelării în ceea ce privește acuratețea rezultatelor modelului.

Pentru găsirea unui echilibru, există abordarea bazată pe funcții de ultimă generație LUCE (Linear User Cost Equilibrium) disponibilă, care se remarcă prin convergența excelentă și proporționalitatea alegerii rutei cât mai aproape de optim.

Pentru alocarea matricelor de transport public sunt posibile trei metode de atribuire (bazate pe sistemul de transport; pe capacitate; pe grafic de circulație), care sunt diferențiate de datele de intrare necesare (cum ar fi rutele liniilor și grafic de circulație), algoritmi de căutare a rutelor și alegerea rutelor. În funcție de nivelul de detaliu al rețelei de transport public din model și de datele de intrare disponibile, va fi selectată metoda de atribuire corespunzătoare.

Procesul de atribuire pe itinerarii are ca rezultat volume de trafic alocate pe rețea (autoturisme, pasageri pentru transportul public, vehicule de marfă, etc.), care stau la baza calculării indicatorilor de prestație și a datelor pentru evaluări ulterioare.

3.2. Calibrare / Validare

Pentru a asigura robustețea modelului, toate etapele modelării trec printr-un proces de calibrate și validare:

- Generarea deplasării este calibrată și validată prin compararea rezultatelor generării/atracției cu datele observate sau statistice (cum ar fi traficul și numărul de pasageri ai transportului public) pentru anul de referință. În ceea ce privește prognozele, se vor aplica teste de sensibilitate pentru a testa răspunsul modelului.
- Distribuția călătoriilor este calibrată și validată prin compararea volumelor origine-destinație ale matricelor calculate cu ajutorul modelului cu comportamentele de deplasare observate în cadrul anchetelor de mobilitate și OD. În plus, vor fi comparate rezultatele modelului cu datele colectate pentru distribuția distanței și a duratei de călătorie. Calibrarea va fi un proces iterativ pentru a atinge o stare de convergență rezonabilă.
- Pentru validarea alegerii modului de transport, procentele de alegere modală în funcție de scop obținute în cadrul modelului sunt comparate cu procentele observate în sondaje. În plus, testele de sensibilitate pentru fiecare variabilă a funcțiilor de alegere a modului vor fi aplicate și documentate ca parte a procesului de calibrare.
- Alocarea pe itinerarii este validată pentru traficul rutier prin compararea volumelor de vehicule calculate pe tronsoanele rutiere stabilite cu datele de de trafic observate (numărători de trafic). Pentru transportul public, va exista, de asemenea, o comparație între rezultatele modelului și datele observate privind numărul de pasageri zilnici pe interstațiile contorizate, precum și numărul de pasageri îmbarcați la principalele stații de transport.

3.3. Prognoze și scenarii

Proiecțiile pentru orizonturile viitoare de timp vor fi realizate în ceea ce privește populația, forța de muncă și variațiile privind utilizarea terenurilor. Se propune ca orizonturi de analiză anul 2030 și anul 2040. Aceste proiecții vor fi realizate luând în considerare proiectele care vor afecta cererea de transport, direcția de dezvoltare a orașului, proiectele și investițiile din planurile existente, proiecțiile și obiectivele sectoarelor public și privat și diferenții parametri de tendință enumerați mai jos:

- Ținte și proiecții;
- Studii de planificare (planuri de dezvoltare și transport);
- Dezvoltarea și distribuția populației;
- Deciziile privind utilizarea și distribuția terenurilor;
- Distribuția instituțiilor de învățământ;
- Stabilirea și distribuirea locurilor de muncă;
- Deținerea de autovehicule și motorizarea.

În plus, vor putea fi calculate dacă este necesar și proiecții pentru perioade interimare de 5 ani (pe termen scurt, mediu și lung) de ex. 2027 sau 2035..

Modelul va fi capabil să evidențieze problemele din anul de referință și să demonstreze modul în care acestea vor evolua în viitor pe baza ipotezelor din diferite scenarii. Pentru a face acest lucru, populația proiectată, valorile forței de muncă și matricele de cerere de transport din anul țintă vor fi recalculat în model. Astfel, va fi estimată cererea de deplasare pe fiecare mod pentru anul de perspectivă. Datele care vor fi utilizate la stabilirea scenariilor viitoare sunt:

- Planuri de dezvoltare
- Studii de transport
- Proiecte de infrastructură de transport (planificate sau în construcție)

Se va codifica un an de bază (2023) și o serie de scenarii de referință (A nu face nimic) pentru anii de prognoză, precum și modele separate ale rețelelor modelate pentru fiecare scenariu de

mobilitate și/sau testarea independentă a schemelor de măsuri de mobilitate. În scenariile codificate, matricele origine-destinație rezultate vor include, de asemenea, o matrice pentru mersul pe jos, respectiv pentru ciclism și alte tipuri de micromobilitate. În setul de proceduri, vor fi incluse seturi pentru evaluarea performanțelor transportului public și privat, iar în acest sens se vor codifica la nivel de rețea toate atributele relevante privind caracteristicile operaționale.