

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE
SPECIALIZAREA GEOGRAFIE

**Utilizarea GIS-ului în dezvoltarea infrastructurii
transportului în comun în București**

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC

Conf. dr. Ionuț Săvulescu

În co-tutelă cu Asist. dr. Cezar-Iulian Buterez

ABSOLVENT

Alexandru-Ionuț Cîrjan

București

Iunie 2024

CUPRINS

CAPITOLUL I. INTRODUCERE.....	5
CAPITOLUL II. METODOLOGIE.....	5
CAPITOLUL III. STUDIU DE CAZ; BUCUREȘTI.....	7
3.1 Cartografierea și analiza infrastructurii de transport în comun existentă.....	7
CAPITOLUL IV. ANALIZĂ ȘI REZULTATE.....	10
4.1 Identificarea problemelor.....	10
4.1.1 Analiza spațială și incompatibilitățile serviciilor.....	10
4.1.2 Ineficiențe operaționale.....	14
4.2 Dezvoltarea scenariilor și soluțiilor bazate pe GIS.....	14
CAPITOLUL V. DISCUȚII.....	17
5.1 Interpretarea rezultatelor.....	17
CAPITOLUL VI. CONCLUZII.....	18
BIBLIOGRAFIE.....	20

LISTA FIGURILOR

Figura 3.1 – Harta liniilor și stațiilor de autobuz din București.....	7
Figura 3.2 – Harta liniilor de tramvai și troleibuz din București.....	8
Figura 3.3 – Harta rutelor de metrou din București.....	9
Figura 4.1 – Harta densității populației, pe sectoare, în București.....	11
Figura 4.2 – Harta numărului de locuitori pe kilometru pătrat în București.....	11
Figura 4.3 – Harta acoperirii serviciilor de metrou în București cu două zone buffer.....	12
Figura 4.4 – Harta zonei de acoperire a metroului raportată la numărul de locuitori/km ² în București.....	13
Figura 4.5 – Harta rutelor de metrou actuale și propuse.....	15
Figura 4.6 – Legenda hărții rutelor de metrou actuale și propuse.....	15
Figura 4.7 - Harta acoperirii serviciilor de metrou extinse în București cu două zone buffer.....	16
Figura 4.8 - Harta acoperirii serviciilor de metrou extinse în București cu zona buffer de 800m.....	17

CAPITOLUL I. INTRODUCERE

Tehnologia GIS ajută planificatorii urbani și factorii de decizie politică să afișeze, să analizeze și să interpreteze datele spațiale pentru a înțelege aspectele profunde ale sistemelor de transport din urban. Aplicat la situația Bucureștiului, un oraș cu un sistem complex de transport în comun și în continuă schimbare, GIS se poate dovedi a fi un instrument valoros în identificarea unora dintre aceste deficiențe, precum și în întocmirea unui plan de viitor competent în ceea ce privește dezvoltarea rețelei. Această cercetare este relevantă deoarece își propune să identifice modul în care tehnologia GIS poate fi implementată în contextul planificării transportului urban, în special în București. Rezultatele vor ajuta la extinderea înțelegerii rolului GIS în planificarea urbană și au potențialul de a oferi recomandări utile pentru planificatorii urbani și departamentele de transport. Prin urmare, scopul acestui studiu este de a prezenta capacitatea GIS ca instrument de îmbunătățire a infrastructurii de transport public și de a contribui la solicitările pentru dezvoltarea unor sisteme de transport public eficiente, durabile și accesibile.

CAPITOLUL II. METODOLOGIE

Acest capitol oferă informații despre metoda de abordare a studiului, prezentând în detaliu modul de colectare a datelor și tehnicile de analiză utilizate. Scopul acestei cercetări a fost identificarea modalităților de îmbunătățire a sistemului de transport în comun din București prin utilizarea Sistemelor Informaționale Geografice (GIS). În acest capitol sunt prezentate metodele și procedurile de colectare și prelucrare a datelor, instrumentele și tehnicile utilizate în GIS și justificarea utilizării acestora. Studiul a început cu o revizuire a disponibilității și aplicării GIS în înțelegerea infrastructurii și informațiilor de transport public urban. În primul pas, literatura academică și de cercetare disponibilă cu privire la aplicarea GIS a fost revizuită ca parte a unui exercițiu de definire a domeniului pentru a identifica beneficiile și limitările posibile care pot apărea. Pe baza cercetărilor mele, am descoperit diferite articole online care au avut în vedere aplicarea GIS în planificarea și evaluarea transportului în comun. Planul de Mobilitate Urbană Durabilă a Bucureștiului a furnizat informații importante cu privire la obiectivele și modul de implementare a acestora pentru a îmbunătăți mobilitatea urbană în București. Pentru studiul meu, am analizat cele mai recente rapoarte de activitate și strategii de dezvoltare ale Societății de Transport București și Metrorex. Aceste surse au fost importante în prezentarea unor cifre specifice privind situația actuală și potențialele evoluții ale transportului în comun din București. Datele folosite pentru analiza GIS și realizarea hărților provin din date pe care le aveam deja stocate pe

hardware-ul meu, de la profesori, pe care le-am acumulat de-a lungul anilor de facultate. Însă, datorită simplității acestei analize, avem nevoie doar de patru feature class-uri pe care le putem genera manual. Avem nevoie de două feature class-uri de tip „Point” pentru a reprezenta stațiile de metrou actuale și propuse, și, două feature class-uri tip „Line” pentru liniile de metrou actuale și propuse. Aceste pot fi vectorizate în ArcGIS Pro după mai multe Basemap-uri. Pentru o reprezentare fidelă a realității, ne putem ghida după Basemap-ul „Imagery Hybrid”. Stațiile de metrou actuale pot fi identificate și vectorizate cu ușurință. În cazul liniilor de metrou, putem vectoriza de-a lungul bulevardelor și străzilor majore pe care aceste linii le urmează. Putem de asemenea să ne ajutăm de diferitele hărți întocmite de Metrorex. Metoda de a vectoriza manual datele, ajută în a obține o acuratețe mai mare a acestora, dar poate consuma mai mult timp de lucru. Există însă și metoda importării datelor GTFS, descărcate din surse deschise de pe Internet, pentru a evita efortul în plus de a vectoriza manual toate stațiile și liniile de transport în comun. Datele de tip GTFS pot fi importate și procesate folosind tool-urile „GTFS Stops to Features” și „GTFS Shapes to Features”, care pot ajuta în continuare la convertirea acestora în vectori de tip linie pentru rute și vectori de tip punct pentru stații. Acest pas permite vizualizarea structurii sistemului de transport public din București în interfața aplicației ArcGIS Pro. Datele obținute pot fi restructurate cu ajutorul instrumentului „Attribute Table” din ArcGIS Pro, unde se pot diferenția tipurile de transport în comun și denumirile stațiilor și liniilor de transport în comun. Cartografierea densității populației, pe sectoare și a numărului de locuitori pe kilometru pătrat a ajutat în crearea unui context spațial privind cui îi se adresează sistemul de transport în comun. Pentru a analiza acoperirea serviciului de metrou, se folosește extensia „Network Analyst” și funcția acesteia „Service Area”, care ajută în a stabili din ce zone obiectele (în acest caz, stațiile de metrou) pot fi atinse într-un anumit timp sau distanță. Extensia și implicit funcționalitatea de „Service Area” se folosește de propriul API care este conectat la baza de date geografică „ArcGIS Online”, care oferă date precise și de mare acuratețe în rutare și accesibilitate. Datele utilizate în cartografierea rutelor și stațiilor de metrou propuse au fost vectorizate manual. Amplasarea stațiilor și a rutelor nu a fost arbitrară; aceasta s-a bazat pe planul de mobilitate București și pe rapoartele oficiale de extindere a rețelei de transport cu metroul întocmite de Metrorex, care specificau numele intersecțiilor și zonele pentru amplasarea acestor stații. Pentru a asigura acuratețea analizei au fost consultate rapoarte și studii oficiale privind extinderea sistemului de metrou. În procesul de prelucrare a datelor, calitatea acestora a fost verificată pentru a se asigura că eventualele neconcordanțe au fost observate și remediate. Majoritatea datelor utilizate în acest studiu au fost colectate din domeniul public sau prelucrate manual. Nu a fost prezentat nimic din ceea ce ar putea fi considerat confidențial sau sensibil.

CAPITOLUL III. STUDIU DE CAZ; BUCUREȘTI

3.1 Cartografierea și analiza infrastructurii de transport în comun existentă

Transportul în comun disponibil în București include autobuze, tramvaie, troleibuze și metrou, formând un sistem de transport complex cu intenția de a asigura o acoperire adecvată orașului.

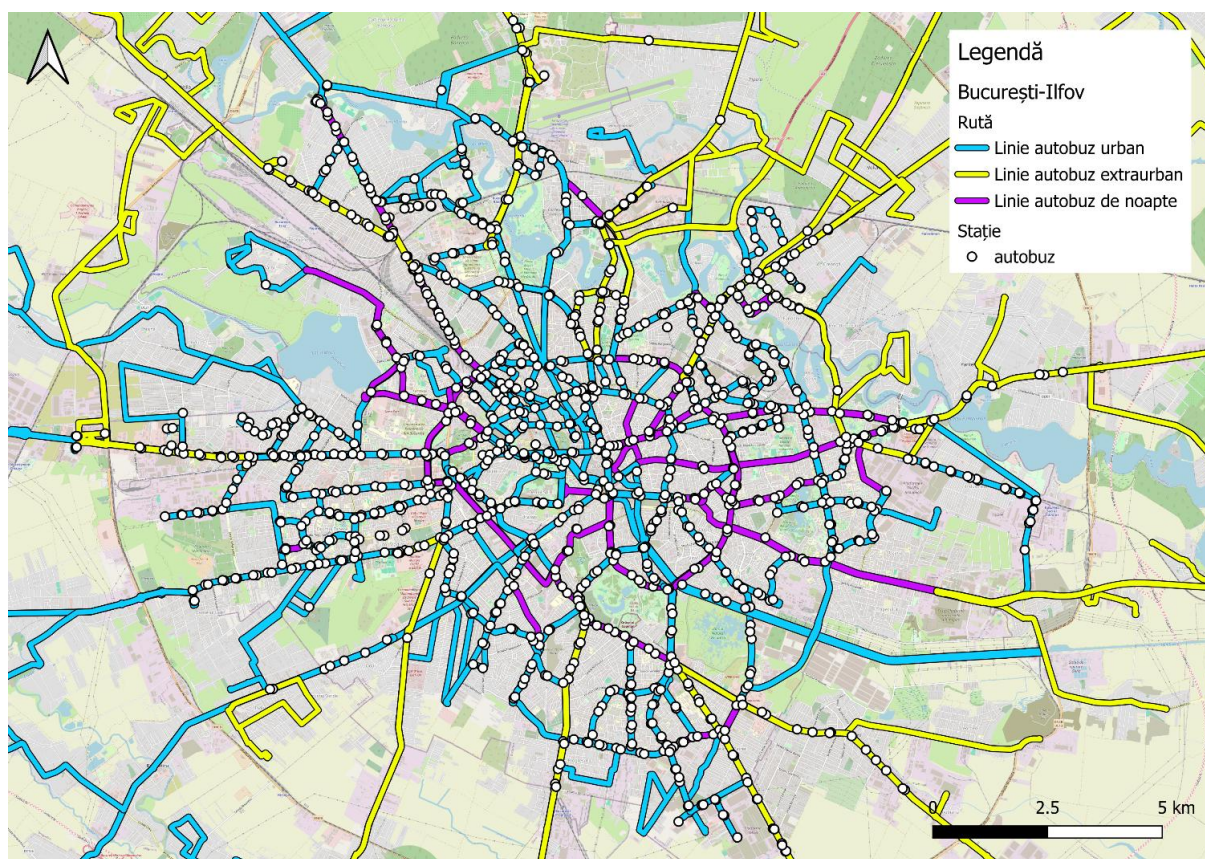


Figura 3.1 – Harta liniilor și stațiilor de autobuz din București

Figura cu numărul 3.1 înfățișează o hartă a zonei Ilfov împreună cu orașul București și sistemul acestuia de transport în comun al autobuzului. Liniile albastre reprezintă serviciile de autobuz urban, cele violet serviciile de autobuz de noapte, iar cele galbene serviciile de autobuz extraurban. De asemenea, cercurile albe reprezintă stațiile de autobuz pentru a arăta întinderea ariei de acoperire și disponibilitatea serviciului de transport. Autobuzele oferă cea mai extinsă acoperire în întreg orașul, chiar și în zonele nedeservite de tramvaie sau de metrou, fiind cel mai dezvoltat sistem de transport în comun. Sutele de trasee oferă accesul la zonele de dezvoltare, zone rezidențiale, comerciale și industriale. Există, de asemenea, linii de autobuz extraurban, care se întind în județul Ilfov pentru a asigura conectivitatea comunelor din jur cu București. Complementar serviciului de autobuz, tramvaiul și troleibuzul sunt celelalte două servicii care

acționează la suprafață. În figura cu numărul 3.2 este reprezentat sistemul de transport în comun al tramvaiului, care include mersul acestuia reprezentat cu linia roșie și stațiile reprezentate cu punctul negru. De asemenea, regăsim reprezentat sistemul troleibuzului din București, marcat cu linia verde. Traseele de tramvai sunt în principiu trasate în extremitatea zonei centrale a Bucureștiului, dar atinge și centrul, unele dintre rute fiind extinse spre periferii în sud, nord-vest și nord-est. Această rețea prezintă o rută cheie de transport în comun în București. Liniile de tramvai merg în general pe străzile principale ale orașului. Troleibuzele sunt autovehicule de transport în comun electrice care tind să îmbunătățească opțiunile pentru navetiști, oferind o alternativă a autobuzelor și tramvaielor. În comparație cu autobuzele, troleibuzele suferă de limitarea infrastructurii pe care o au liniile aeriene de contact.

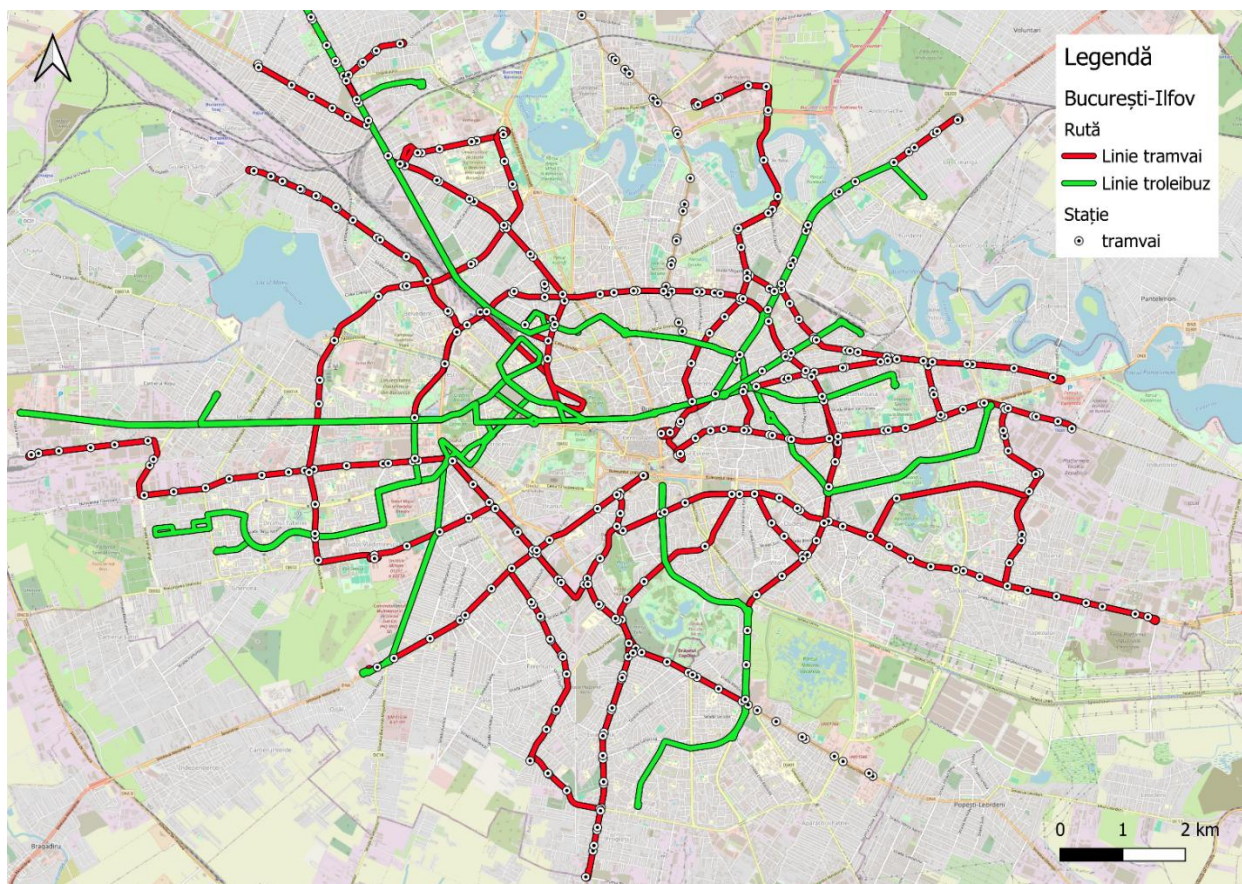


Figura 3.2 – Harta liniilor de tramvai și troleibuz din București

Figura cu numărul 3.3 prezintă sistemul metroului din București. Liniile de metrou sunt reprezentate pe hartă cu portocaliu, iar stațiile sunt reprezentate cu puncte de culoarea galbenă. În prezent, metroul din București cuprinde mai multe linii care interconectează părți importante ale orașului cu populația concentrată în anumite cartiere, zone de afaceri și potențiale noduri de transfer cu garile și centrele comerciale. Metroul este proiectat să funcționeze ca o conexiune de transport între diferite regiuni ale orașului, în special cele organizate pe coridoarele nord-sud și

est-vest. Cu toate acestea, există un număr relativ mic de linii feroviare operaționale, care deservesc în principal rute de călătorie cu cerere mare.

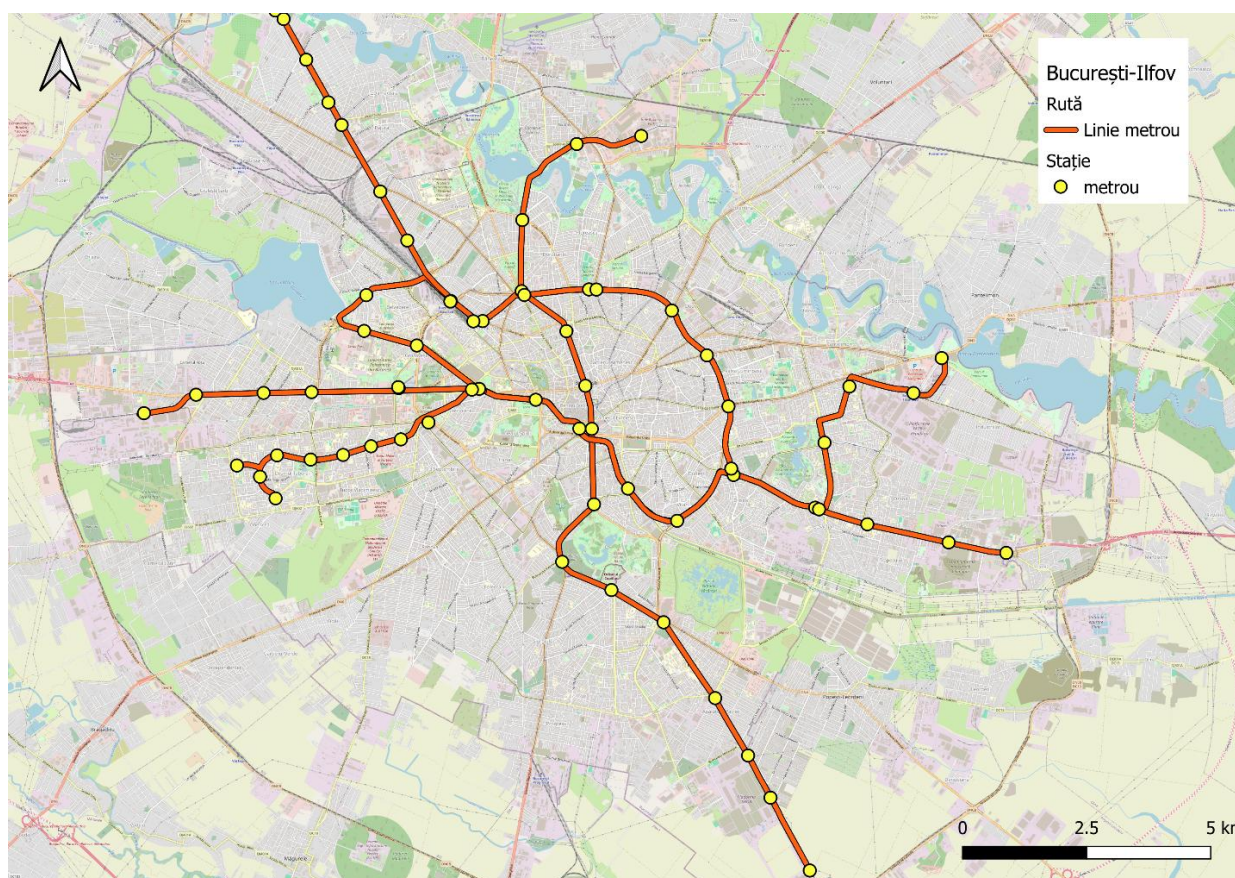


Figura 3.3 – Harta rutelor de metrou din București

În cea mai mare parte, disponibilitatea autobuzelor, tramvaielor, troleibuzelor și metroului garantează ca majoritatea regiunilor din București sunt bine conectate la un anumit tip de transport public. Aceasta înseamnă că există un sistem de transport compilat și bine coordonat, care poate satisface nevoile navetiștilor. Centrul Bucureștiului deține cea mai mare densitate de accesibilitate a tranzitului, acoperind toate facilitățile pentru toate modurile de transport. Acest loc oferă o gamă destul de frecventată și largă de transport public care îi ajută pe cetățeni să ajungă rapid în diferitele centre comerciale, guvernamentale sau culturale. În timp ce autobuzele oferă servicii extinse în zonele suburbane și periferice, furnizarea de servicii pentru rețelele de metrou tramvai și troleibuze nu este la fel de extinsă în aceste zone. Sistemul de transport în comun în București suferă însă de o integralitate care să permită schimbul ușor între diferitele moduri de transport. Mijloacele de transport în comun din București, inclusiv autobuze, tramvaie, troleibuze împreună cu metroul oferă o rețea completă de transport în centrul orașului. Ca atare, cartierele centrale vor experimenta o densitate mare a distribuției modale, în timp ce unele cartiere suburbane și periferice pot spera la îmbunătățiri în acoperirea sistemului. Utilizarea diferitelor moduri de transport oferă navetiștilor

o gamă largă de opțiuni care le permit accesarea tuturor părților orașului, cu toate acestea, sunt necesare anumite îmbunătățiri pentru o acoperire mai densă și pentru a satisface cererea care este în continuă creștere.

CAPITOLUL IV. ANALIZĂ ȘI REZULTATE

4.1 Identificarea problemelor

Populația Bucureștiului are un acces bun la sistemul de transport în comun susținut de autobuze, tramvaie, troleibuze și metrou, dar există unele slăbiciuni și defecte care afectează performanța sistemului. Rețeaua de autobuze și troleibuze acoperă întreaga zonă a Bucureștiului, prezentând linii radiale, tangente și orbitale care leagă cele mai multe zone urbane ale orașului între ele. Autobuzele reprezintă 61% din totalul serviciilor furnizate de către STB. Cu toate acestea, o preocupare importantă care vine odată cu desfășurarea acestui sistem este modul de manevrare prin trafic a acestor autovehicule. Bucureștiul prezintă nu mai puțin de 20 km de bandă unică prioritară rezervată pentru autobuze și troleibuze. În plus, benzile dedicate menționate nu sunt ocupate exclusiv de sistemele de transport în comun, deoarece vehiculele private circulă sau parchează frecvent pe ele, reducându-le eficacitatea. Sistemul de metrou din București cuprinde o infrastructură de capacitate mare și dezvoltată tehnologic, care oferă servicii eficiente, însă prezintă deficiențe majore în ceea ce privește acoperirea serviciului pe suprafața orașului.

4.1.1 Analiza spațială și incompatibilitățile serviciilor

Pentru a efectua analiza spațială a sistemului de transport în comun al metroului, ne vom folosi de harta densității populației din București, pe sectoare, harta populației pe kilometru pătrat și harta acoperirii serviciului de metrou. De asemenea, le vom suprapune pentru a identifica zonele cu acoperire insuficientă și diferitele incompatibilități.

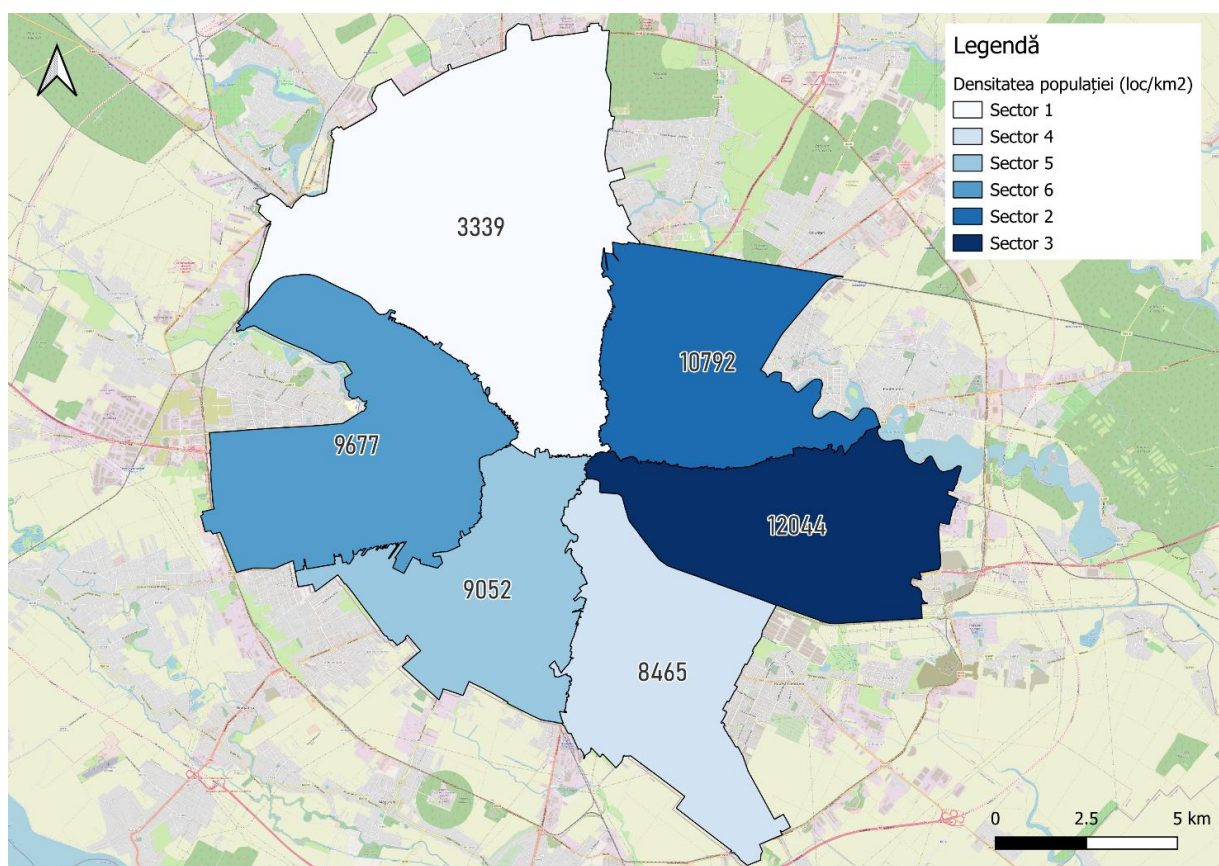


Figura 4.1 – Harta densității populației, pe sectoare, în București

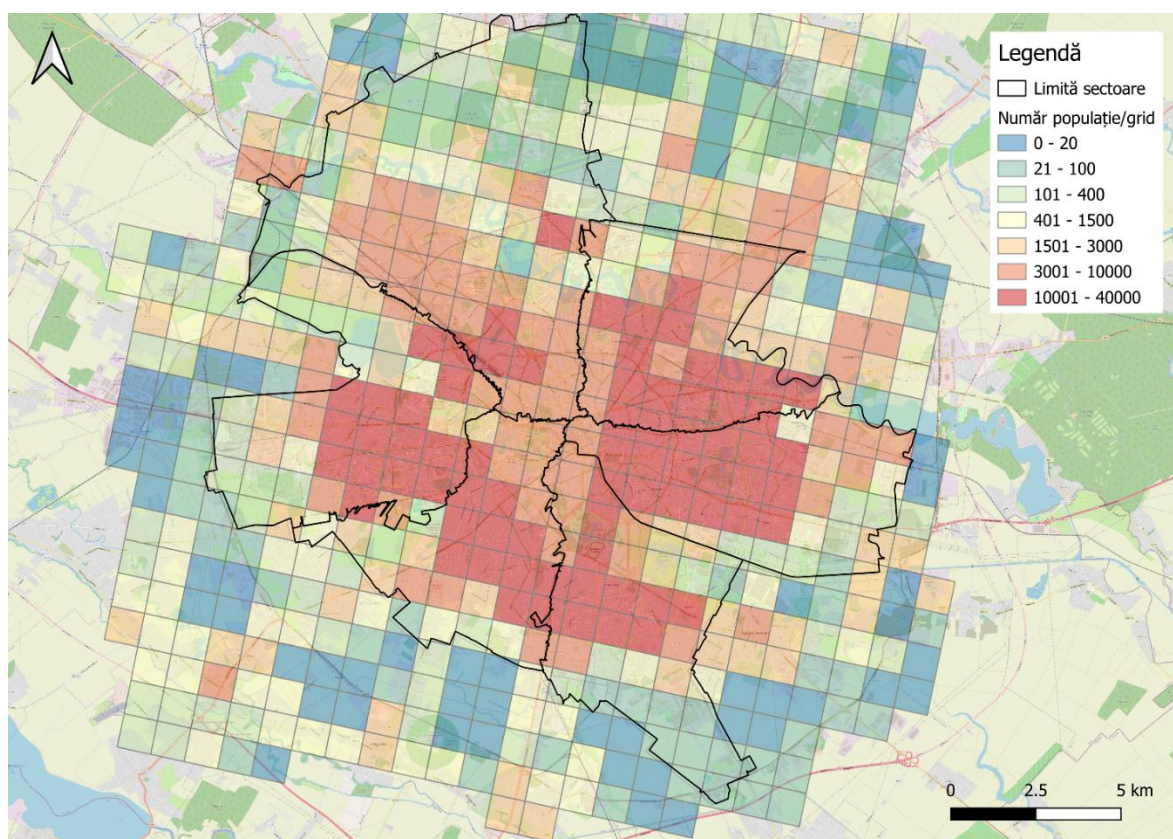


Figura 4.2 – Harta numărului de locuitori pe kilometru pătrat în București

În figura cu numărul 4.3 este reprezentată harta acoperirii serviciilor de metrou în București cu două zone buffer. Potrivit departamentului transporturilor Statelor Unite, majoritatea oamenilor sunt dispuși să meargă timp de cinci până la zece minute sau aproximativ 400 până la 800 de metri până la o stație de transport în comun (U.S. Departament of Transportation, 2013). Astfel, zona de acoperire a unei stații de metrou a fost împărțită în două zone buffer reprezentate de forme rectangulare de culoare roz, pentru distanța de 400 de metri și albastră pentru distanța de 800 de metri.

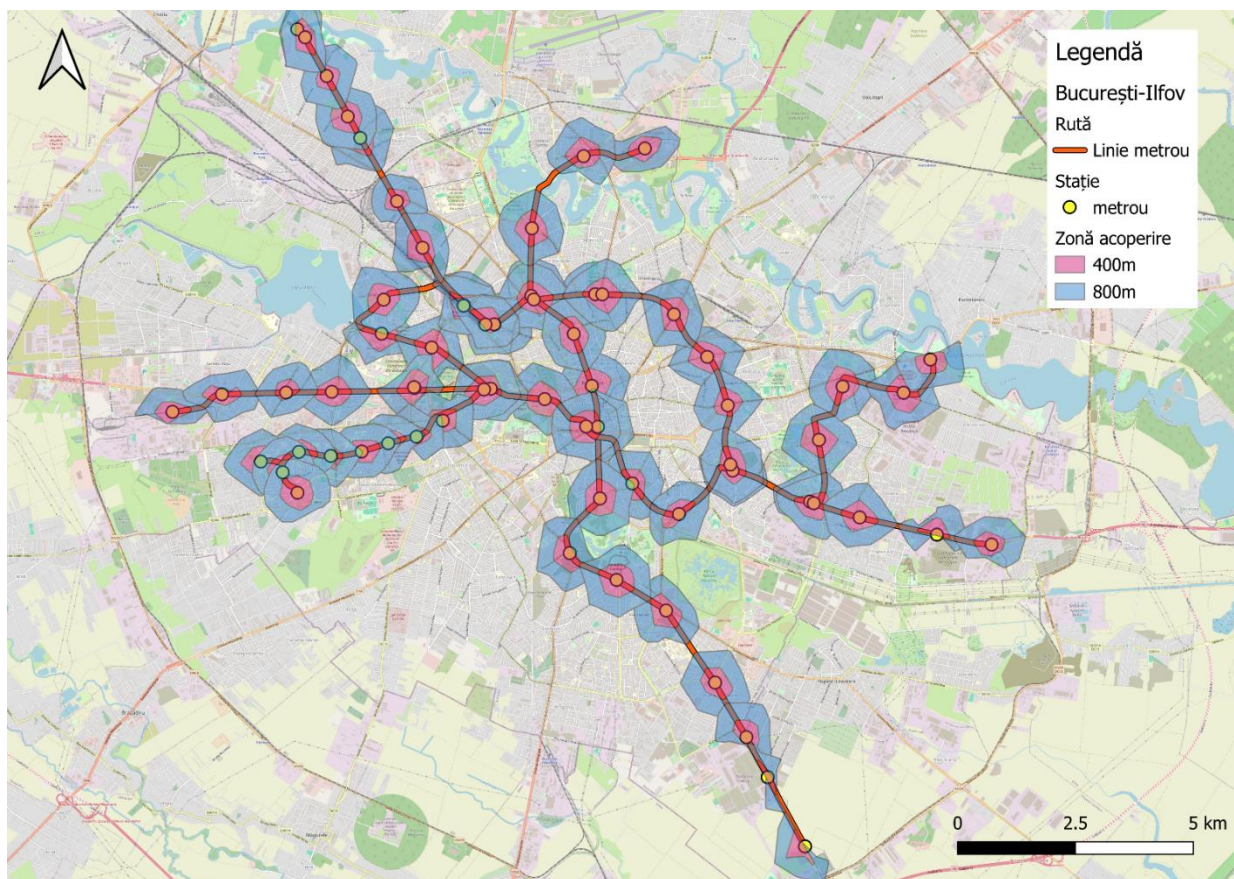


Figura 4.3 – *Harta acoperirii serviciilor de metrou în București cu două zone buffer*

Pentru a simplifica analiza spațială și identificarea incompatibilităților serviciului, figura numărul 4.4 v-a folosi numărul de locuitori pe kilometru pătrat și maxima buffer-ului zonei de acoperire de 800 de metri distanță față de o stație de metrou, reprezentată pe hartă în hașură albă.

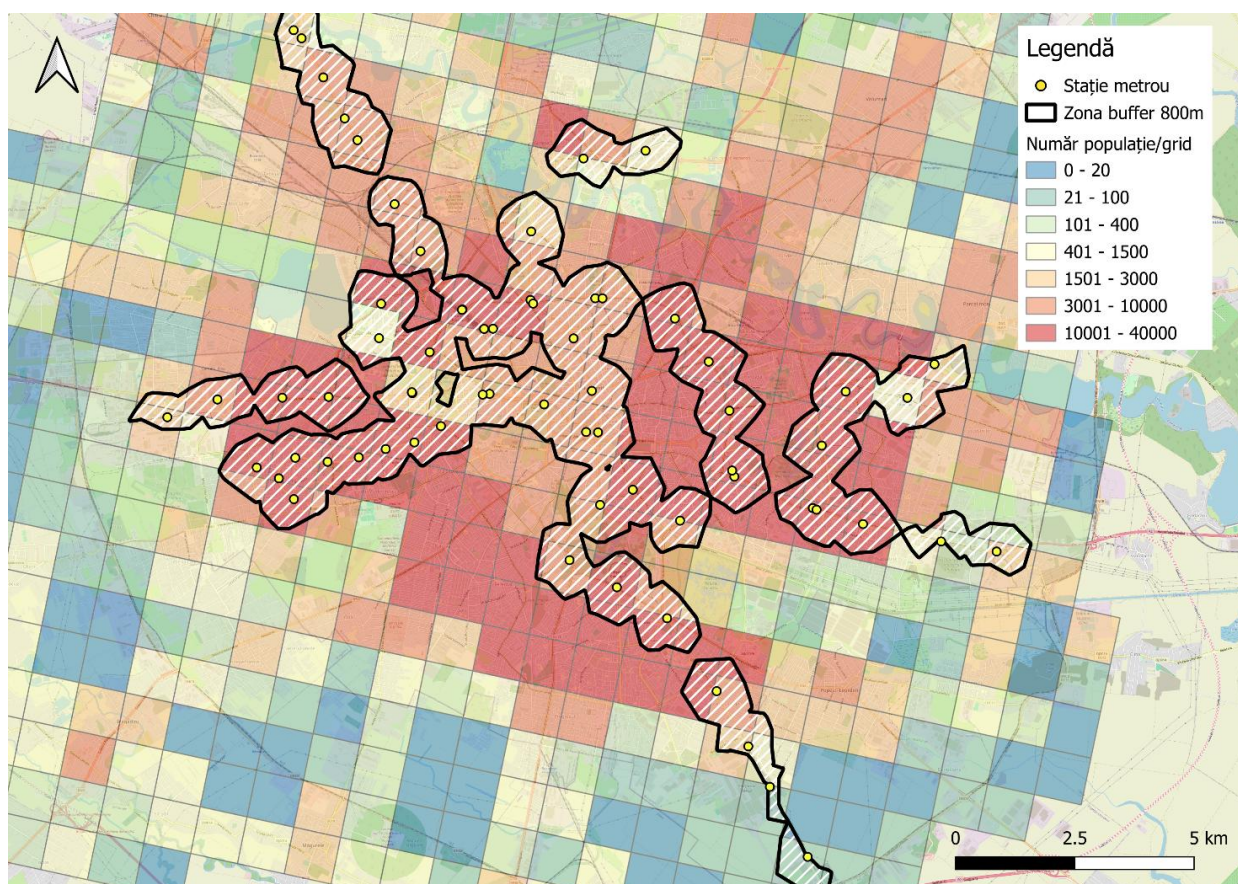


Figura 4.4 – Harta zonei de acoperire a metroului raportată la numărul de locuitori/km² în București

Analizând harta, se evidențiază o problemă critică în zona central estică, în zona de sud, sud-vest, nord și nord-est a capitalei acestea fiind lipsite aproape în întregime de acces la acest serviciu. Sectorul 5 este clasat al IV-lea ca densitate a populației după numărul de locuitori pe km², iar acesta este în totalitate exclus de accesul la acest serviciu. De asemenea, zone importante, centrale și des tranzitate precum Cartierul Armenesc, Cartierul Evreiesc, Dudești sau Uranus nu au un acces ușor la serviciul metroului, fiind în afara zonei buffer. În Sector 4 zonele rezidențiale din cartierele Giurgiu și Progresul sunt afectate de lipsa serviciilor. Zona de nord și centrală a Sectorului 1 sunt de asemenea deficitare. Aici întâlnim cartiere precum Băneasa, Dămăroaia, Domenii și Floreasca care nu au acces la metrou în raza de 800 de metri. În zona de nord-est a Bucureștiului, mai exact în Sectorul 2 observăm de asemenea lipsa serviciilor metroului. Printre cartierele notabile se numără Tei, Colentina, Andronache și Ion Creangă. Deși nu în totalitate, restul cartierelor rezidențiale precum Militari, Drumul Taberei, Dristor, Titan și Pantelimon prezintă o acoperire adecvată a serviciului de metrou.

4.1.2 Ineficiențe operaționale

Având în vedere numărul de cinci magistrale de metrou, care traversează orașul de la un capăt la altul, nu există suprapuneri de rute care ar putea fi văzute ca o rulare inefficientă. În schimb, probleme de eficiență operațională pot apărea atunci când analizăm situația rutelor sub și suprautilizate. Conform datelor Metrorex și a diferitelor publicații online de știri printre cele mai aglomerate stații de metrou se numără Piața Unirii 1 și 2, Eroilor, Piața Sudului, Piața Victoriei și Aviatorilor. Conform funcției „Popular times” a aplicației Google Maps, cele mai aglomerate ore sunt 07:00AM, 08:00AM și 17:00PM. Magistrala 1 Pipera – Tudor Arghezi este cea mai utilizată de către populație, în anul 2022 înregistrându-se 53.7 milioane de călători. La polul opus, cele mai subutilizate magistrale sunt 4 și 5 care, în 2022, au înregistrat un număr de călători de 4.6, respectiv 5.7 milioane. Numărul redus de călători pe Magistrala 5 Râul Doamnei – Eroilor poate fi datorit faptului că această magistrală a fost inaugurată recent, mai exact în 2020, anul pandemiei, care a influențat modul de tranzit al cetățenilor. Cifrele arată o scădere de aproximativ 50% a numărului total de călători în anul 2020 față de 2019. Asemănător Magistralei 5, Magistrala 4 Gara de Nord 2 – Depou Străulești poate fi afectată de lipsa conectivității directe cu centrul orașului și cu principalele zone de interes care poate prezenta un dezinteres general pentru utilizarea liniei. De menționat faptul că Sectorul 1, pe care se întinde Magistrala 4, este cel mai puțin populat sector din București, conform Institutului Național de Statistică.

4.2 Dezvoltarea scenariilor și soluțiilor bazate pe GIS

Pentru extinderea rețelei de metrou, Metrorex a prezentat mai multe exemple de posibile prelungiri și noi trasee în diversele strategii de dezvoltare a infrastructurii de transport cu metroul pe care societatea le întocmește. Figura cu numărul 4.5 prezintă aceste extinderi, linii și stații noi de metrou care se întind pe teritoriul municipiului București.

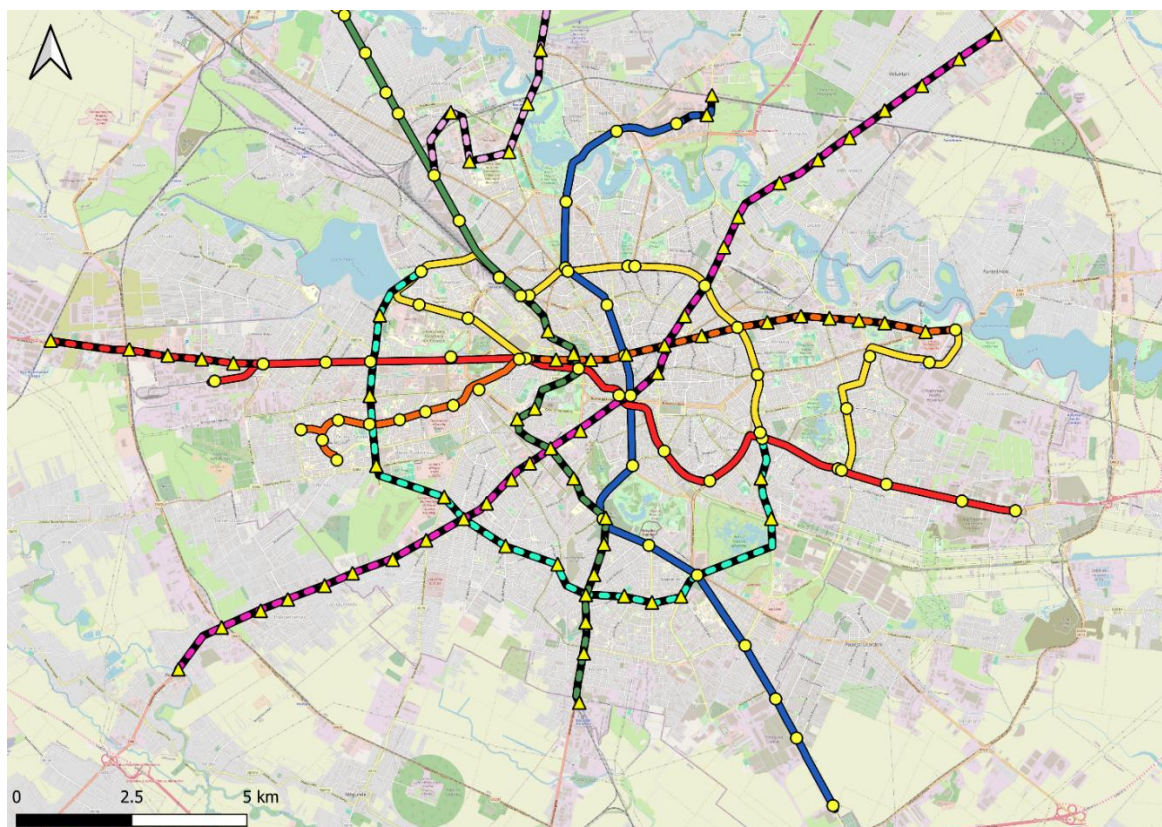


Figura 4.5 – Harta rutelor de metrou actuale și propuse

Legendă

Municipiul București

Magistrale metrou

- Magistrala 1 Dristor - Pantelimon
- Magistrala 2 Pipera – Tudor Arghezi
- Magistrala 3 Preciziei – Anghel Saligny
- Magistrala 4 Lac Străulești – Gara de Nord
- Magistrala 5 Râul Doamnei – Eroilor

Magistrale și extinderi propuse

- Extindere M2 Pipera – Petricani
- Extindere M3 Preciziei – Autostrada A1
- Extindere M4 Gara de Nord – Gara Progresul
- Extindere M5 Eroilor – Pantelimon
- Magistrala 6 Gara de Nord – Aeroport Henri Coandă
- Magistrala 7 Bragadiru – Voluntari
- Magistrala 8 Crângași – Dristor

Stații metrou

- stații actuale
- ▲ stații propuse

Figura 4.6 – Legenda hărții rutelor de metrou actuale și propuse

Pentru a reprezenta impactul schimbărilor aduse și a efectua analiza spațială, figura cu numărul 4.7 prezintă zona de acoperire a fiecărei stații de metrou. Această zonă a fost, de asemenea, împărțită în cele două zone buffer de 400, respectiv 800 de metri, iar figura cu numărul 4.8 reprezintă zona de acoperire per total, simplificată la doar zona buffer de 800 de metri a stațiilor de metrou.

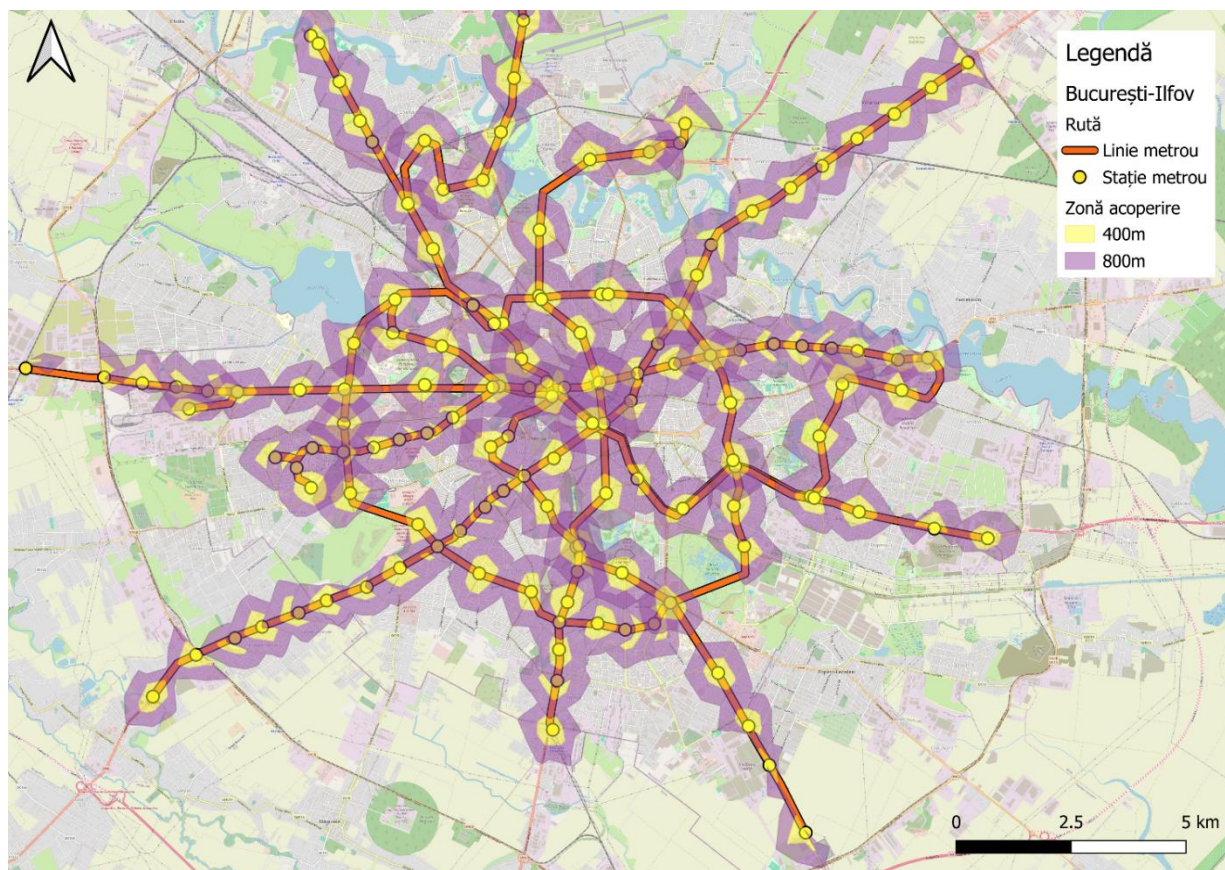


Figura 4.7 - Harta acoperirii serviciilor de metrou extinse în București cu două zone buffer

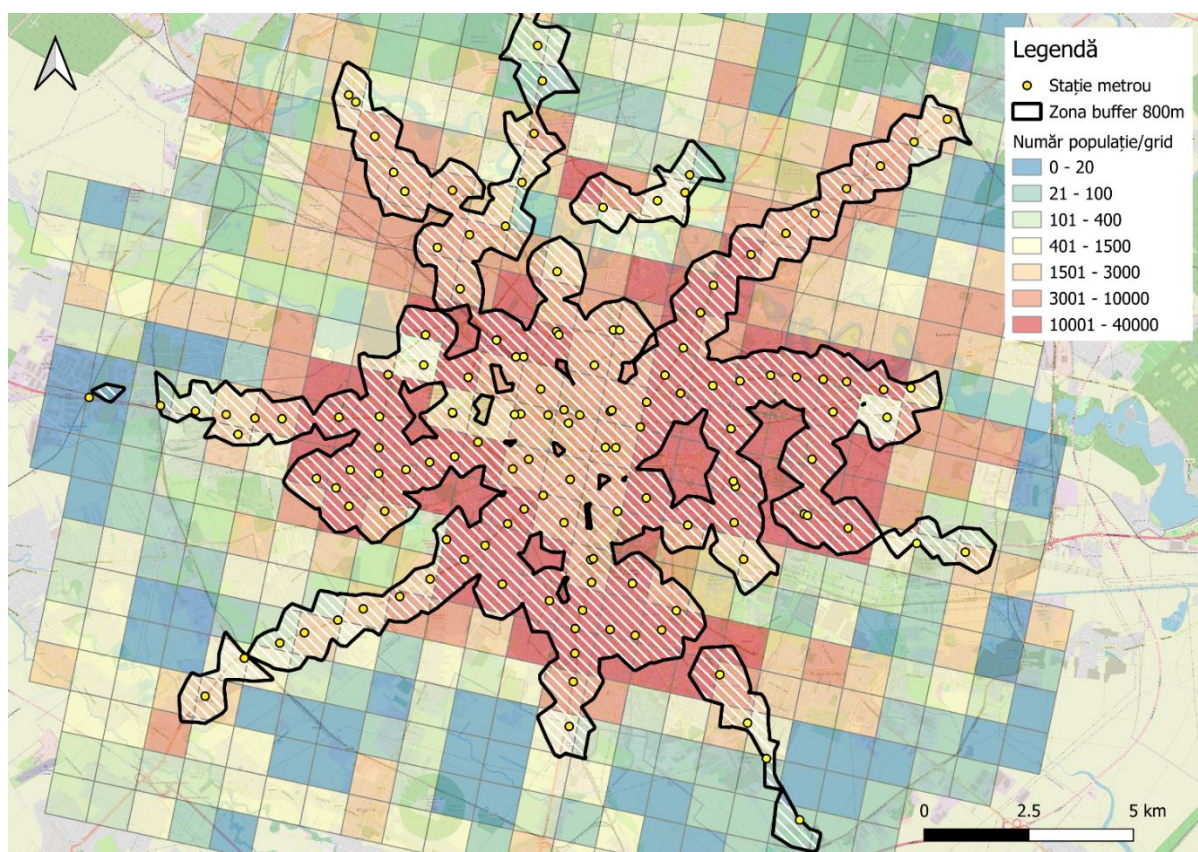


Figura 4.8 - Harta acoperirii serviciilor de metrou extinse în București cu zona buffer de 800m

CAPITOLUL V. DISCUȚII

5.1 Interpretarea rezultatelor

Analizând harta cu numărul 5.8 putem interpreta modul prin care îmbunătățirile infrastructurii, propunerile de trasee noi și extensiile linilor deja existente pot transforma și schimba radical peisajul urban de tranzit în comun din București. Magistrala M2 traversează cartierul industrial și de afaceri Pipera, care devine rapid unul dintre cele mai importante din regiune (Metrorex, 2015). Se anticipează că acesta va atrage cantități semnificative de trafic în viitor. Scopul principal al extensiei este de a oferi o nouă zonă de tip Park&Ride pentru a deservi călătorii care ajung în București prin intermediul autostrăzii A3. Asigurarea unor conexiuni de transport public de înaltă calitate și atractive din această zonă este crucială pentru a preveni aglomerația excesivă de vehicule (Metrorex, 2015). Extinderea Magistralei M3 cu 4 stații, care leagă stația Păcii de centrele de afaceri emergente din Militari, de-a lungul șoselei de centură, facilitează înființarea de sisteme Park&Ride și sporește accesibilitatea la locurile de muncă și zonele rezidențiale nou construite de la periferia orașului. Această extensie este asemănătoare prelungirii Magistralei M2 spre nord, deoarece va satisface un centru comercial și industrial în

plină dezvoltare. Magistrala M6 asigură o legătură directă între rețeaua de metrou și Aeroportul Internațional Henri Coandă – Otopeni (Metrorex, 2015). Linia de metrou se adresează locurilor de importanță publică semnificativă, inclusiv zone de expoziție, cartiere de afaceri, zone de agrement, supermarketuri și cartiere rezidențiale. Această linie acționează ca un coridor care leagă centrul Bucureștiului de aeroporturile orașului. Magistrala M6 are potențialul de a revitaliza activitățile și de a promova creșterea regiunii de nord și a cartierelor rezidențiale dintre Băneasa și Otopeni. Prin valorificarea acestei rute, se stabilește o legătură feroviară rapidă între două sectoare de transport cruciale ale economiei, și anume transportul feroviar și cel aerian, prin extinderea Magistralei 4 de la Gara de Nord până la Gara Progresu (Metrorex, 2015). Scopul principal al extinderii Magistralei M4 este finalizarea actualei rețele de metrou și stabilirea unei legături între Gara de Nord și Gara Progresu printr-un sistem de transport public subteran de mare capacitate. Acest lucru poate duce la devierea traficului intens care se concentrează pe stația Gara de Nord, fiind singura stație de metrou care face legătura cu gara feroviară principală din București cu același nume. Această linie de metrou, care circulă de-a lungul axei nord-sud a orașului, va lega Aeroporturile Internaționale București Otopeni și București Băneasa de gările Băneasa, Basarab, Gara de Nord și Gara Progresu (Metrorex, 2015). În plus, va asigura o interconexiune cu sistemul de transport public de suprafață. Extinderea Magistralei M5 prezintă o continuare dincolo de stația Eroilor spre și prin centrul orașului, de-a lungul bulevardelor Regina Elisabeta, Carol I, Pache Protopopescu și Șoselei Iancului, unde se conectează cu Magistrala M1. Această zonă prezintă un număr mare de utilizatori ai transportului public, iar de asemenea, cu ajutorul extinderii de-a lungul Șoselei Pantelimon, poate atenua serviciile supraîncărcate ale transportului în comun și privat de suprafață din această zonă. Magistrala M7 se adresează călătorilor care tranzitează orașul de la sud-vest la nord-est (Metrorex, 2015). Drumul leagă două regiuni aglomerate și populate, traversând centrul orașului. Serviciul de transport se adresează zonelor rezidențiale și comerciale din Sectorul 5, dar și din regiunea centurii Alexandriei. De asemenea, face legătura între cartierele Rahova și Ferentari de centrul orașului și zona Colentina și Voluntari. Magistrala M8 prezintă inelul de sud al orașului, pe traseul Dristor-Piața Sudului-Rahova-Crângași. Aceasta facilitează transferul călătorilor între magistrale, eliminând necesitatea tranzitului prin centrul orașului și reducând astfel congestionarea traficului în zona centrală.

CAPITOLUL VI. CONCLUZII

În această lucrare, obiectivul principal a fost investigarea utilizării Sistemelor Informaționale Geografice (GIS) în dezvoltarea infrastructurii de transport în comun în București.

Mai exact, cercetarea a urmărit să identifice deficite și ineficiențe în sistemul actual de transport în comun și să propună soluții bazate pe GIS pentru a îmbunătăți furnizarea de servicii, accesibilitatea și să examineze cât de rezonabil este transportul public, luând în considerare distribuția populației pe sectoare și zone. Utilizând diverse surse de date și instrumente GIS, acest studiu a căutat să ofere o analiză a rețelei de transport în comun și să ofere recomandări pentru îmbunătățirea acesteia. Analiza a scos la iveală mai multe constatări. În primul rând, rețelele de autobuze și troleibuze, deși sunt extinse, suferă de ineficiențe operaționale din cauza numărului scăzut de benzi dedicate și a problemelor de aplicare. Aceste rețele acoperă întreaga suprafață a orașului și reprezintă o parte semnificativă a serviciilor de transport în comun. Cu toate acestea, lipsa benzilor dedicate pentru transportul public și invadarea frecventă a vehiculelor private pe aceste benzi subminează eficacitatea acestora. Acest lucru are ca rezultat întârzieri și o fiabilitate redusă, în special în timpul orelor de vârf. În al doilea rând, liniile de metrou nou inaugurate au prezentat un număr mai scăzut de călători, ceea ce nu poate fi atribuit doar deschiderii lor recente. Alți factori care contribuie includ conectivitatea inadecvată cu alte moduri de transport. Sud-vestul Bucureștiului, în special Sectorul 5, rămâne slab deservit de rețeaua de metrou, în ciuda faptului că zona reprezintă o populație densă a orașului. Acest decalaj evidențiază nevoia de extindere strategică a serviciilor de metrou pentru a îmbunătăți acoperirea și accesibilitatea. Acest lucru a fost evidențiat în cadrul analizei GIS, care a identificat mai multe zone specifice din București care nu sunt deservite de sistemul actual de transport în comun. Aceste zone, în special în sud-vest, nord-est și centru, nu au o acoperire adecvată de transport public, ceea ce duce la o accesibilitate redusă pentru rezidenți. Distribuția spațială a serviciilor și provocările operaționale ale rețelei au fost evidențiate în mod eficient folosind instrumente GIS, subliniind valoarea GIS în planificarea transportului urban. Aceste constatări au implicații semnificative pentru planificarea transportului în comun din București. Îmbunătățirea integrării și conectivității diferitelor moduri de transport, în special în zonele slab deservite, poate duce la un sistem de transport public mai eficient și mai ușor de utilizat. Utilizarea GIS s-a dovedit neprețuită în identificarea deficitelor de servicii și în analiza generală a acoperirii serviciului de metrou, subliniind nevoia de investiții continue în tehnologii GIS avansate și instruire pentru planificatorii urbani. Pe baza cercetării, au fost propuse câteva recomandări cheie. În mod specific, noile linii și stații de metrou ar trebui planificate strategic pentru a deservi zonele cu cerere mare pentru a îmbunătăți conectivitatea generală a rețelei. Deși acest studiu a oferit informații valoroase, a avut și anumite limitări. Prelucrarea pe sursele de date disponibile, dintre care unele învechite, poate să fi afectat acuratețea analizei. De exemplu, harta densității populației utilizată în studiu s-a bazat pe date din 2014, care ar putea să nu mai reprezinte cu acuratețe situația actuală. Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe obținerea de date actualizate și cuprinzătoare pentru a asigura analize și recomandări mai precise.

În concluzie, această lucrare evidențiază rolul crucial al GIS-ului în îmbunătățirea infrastructurii de transport în comun și în abordarea provocărilor de mobilitate urbană. Recomandările oferite urmăresc să promoveze un sistem de transport public mai eficient, mai fiabil și mai accesibil în București. Eforturile și investițiile continue în planificarea transportului public, susținute de tehnologii GIS avansate, sunt esențiale pentru satisfacerea cerințelor tot mai mari ale mobilității urbane și pentru asigurarea dezvoltării durabile. Analizând și acționând în continuare asupra acestor sisteme, Bucureștiul poate trece la un transport în comun mai integrat și mai ușor de utilizat, care să răspundă nevoilor rezidenților săi și să sprijine creșterea și dezvoltarea orașului către un oraș mai durabil și mai locuibil.

BIBLIOGRAFIE

Buczek, Michał & Szłapińska, Sylwia & Quang Minh, Nguyen (2018). *Using GIS for public transport analysis – the case study of Hanoi, Vietnam*. Geoinformatica Polonica, Vol. 17 (2018). Disponibil la:

https://www.researchgate.net/publication/332416832_Using_GIS_for_public_transport_analysis_-_the_case_study_of_Hanoi_Vietnam (Accesat 14 mai 2024).

ESRI (2011). *GIS for Transportation Infrastructure Management*. Disponibil la:

<https://www.esri.com/~media/files/pdfs/library/brochures/pdfs/transportation-infrastructure.pdf> (Accesat 24 noiembrie 2023).

Lin, Dong & Zhou, Zhipeng & Weng, Miaocheng & Broere, Wout & Cui, Jianqiang (2024). *Metro systems: Construction, operation and impacts*. Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 143. Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2023.105373> (Accesat 29 mai 2024).

Metrorex (2015). *Strategia de dezvoltare a infrastructurii de transport cu metroul*. Disponibil la:

<https://www.metrorex.ro/uploads/Strategia%20de%20dezvoltare%20a%20infrastructurii%20de%20transport%20cu%20metroul.pdf> (Accesat 25 mai 2024).

Metrorex (2023). *Raport de activitate – 2022*. Disponibil la:

<https://www.metrorex.ro/storage/documents/1712580522raport-2022-RO.pdf> (Accesat 3 mai 2023).

Metrorex (2024). *Istoric Metrorex*. Disponibil la: <https://www.metrorex.ro/istoric-metrorex> (Accesat 14 mai 2024).

Nadi, P. A., & Murad, A. (2017). *Reviewing the use of Geographic Information System (GIS) to measure Sustainable Urban Transport performance*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment and Technology, 2(2), 171. Disponibil la:

https://www.researchgate.net/publication/317429891_Reviewing_the_use_of_Geographic_Information_System_GIS_to_measure_Sustainable_Urban_Transport_performance (Accesat 29 mai 2024).

PMB Primăria Municipiului București (2016). *Planul de Mobilitate Urbană Durabilă 2016-2030 Regiunea București – Ilfov*. Disponibil la: https://tpbi.ro/file/2021/02/proiect_pmud.pdf (Accesat 25 mai 2024).

PMB Primăria Municipiului București (2022). *Studiu de oportunitate Achiziționare mijloace de transport mai puțin poluante necesare îmbunătățirii transportului public de călători în Municipiul București*. Anexa 1 la HCGMB nr. 282/02.06.2022. Disponibil la: https://doc.pmb.ro/monitorul_oficial/2022/06/CGMB/HCGMB_282.pdf (Accesat 3 mai 2024).

Rodrigue, Jean-Paul (2024). *The Geography of Transport Systems. Chapter 8.4 – Urban Transport Challenges*. New York: Routledge. Disponibil la: <https://transportgeography.org/contents/chapter8/urban-transport-challenges/> (Accesat 23 mai 2024).

STB Societatea de Transport București (2023). Raport de activitate 2022. Disponibil la: <https://www.stbsa.ro/docpdf/Raport%20de%20Activitate%202022.pdf> (Accesat 3 mai 2024).

STB Societatea de Transport București (2024). *Istorie*. Disponibil la: <https://www.stbsa.ro/istorie> (Accesat 14 mai 2024).

Subash, S. M., Chandrabose, K., Umamaheshwari, U., & Maharajan, T. (2013). *FEASIBILITY STUDY OF METRO TRANSPORT: CASE STUDY MADURAI*. Disponibil la: https://www.researchgate.net/publication/286013258_FEASIBILITY_STUDY_OF_METRO_TRANSPORT_CASE_STUDY_MADURAI (Accesat 29 mai 2024).

Sureshkumar, M., Supraja, S., & Sowmya, R. B. (2017). *GIS based route optimization for effective traffic management*. International Journal of Engineering Research and Management, 4(3), 62-65. Disponibil la: https://www.researchgate.net/profile/Sureshkumar-M/publication/319528083_GIS_Based_Route_Optimization_for_Effective_Traffic_Management/links/59b125d5a6fdcc3f888dd0da/GIS-Based-Route-Optimization-for-Effective-Traffic-Management.pdf (Accesat 29 mai 2024).

Sydney Metro (2023). Sustainability Report 2023. Disponibil la: <https://www.sydneymetro.info/media/document/41561> (Accesat 30 mai 2024).

U.S. Department of Transportation (2013). *Pedestrians and Transit, Chapter 4: Actions to Increase the Safety of Pedestrians Accessing Transit*. Federal Highway Administration. Disponibil la: https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/ped_transit/ped_transguide/ch4.cfm (Accesat 25 mai 2024).

U.S. Department of Transportation (2012). *Best Practices in Geographic Information Systems-based Transportation Asset Management*. Disponibil la: https://www.gis.fhwa.dot.gov/documents/gis_assetmgmt.pdf (Accesat 29 mai 2024).

UN-Habitat (2018). *SDG Indicator 11.2.1 Training Module: Public Transport System*. United Nations Human Settlement Programme (UN-Habitat), Nairobi. Disponibil la: https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/06/indicator_11.2.1_training_module_public_transport_system.pdf (Accesat 23 mai 2024).

UWPHI The University of Wisconsin Population Health Institute (2017). *Public Transportation: System introduction or expansion*. County Health Rankings & Roadmaps. Disponibil la: <https://www.countyhealthrankings.org/strategies-and-solutions/what-works-for-health/strategies/public-transportation-systems> (Accesat 23 mai 2024).

Yadav, Priyanka (2020). *Applications of Geographical Information System in Transportation Planning*. International Journal of Engineering Research And Management (IJERM). Disponibil la: https://www.ijerm.com/download_data/IJERMSI20030.pdf (Accesat in 24 noiembrie 2023).

Yannis, G. & Chaziris, A. (2022). *Transport System and Infrastructure*. Transportation Research Procedia. Volume 60, Pages 6-11. Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.002> (Accesat 22 mai 2024).