

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI

Aprilie 2024

TEZĂ DE DOCTORAT- rezumat

IMPACTUL MEDIULUI CONSTRUIT ASUPRA CLIMATULUI URBAN

*Perspective privind interrelațiile urbane și modelarea mediului termic exterior,
ținând seama de provocările zilelor noastre*

Doctorand
MSc. Ing. Andrei-Laurențiu POPESCU

Profesor coordonator
Prof. Dr. Oana LUCA

Cuprins

I. Introducere	3
II. Baze științifice: Concepte și procese de bază	6
III. Politici publice: Acțiuni climatice	7
IV. Spațiul urban: Sisteme construite, microclimate și interrelații	10
IV.1 Dinamica urbană	10
IV.2 Sectorul energetic.....	11
IV.3 Sectorul transporturilor.....	13
IV.4 Sectorul apei	14
IV.5 Sectorul deșeurilor	14
IV.6 Confort și sănătate	15
IV.7 Instrumente de evaluare	16
IV.7 Harta conceptuală: Cum sunt legate lucrurile între ele?	17
V. Evaluare numerică: Mediul termic exterior	18
V.1 Software și metodă	19
V.2 Aplicația I (ENVI-met): Vecinătate.....	19
V.3 Aplicația II (ENVI-met): Profilul străzilor	27
VI. Concluzii finale	29
VI. Referințe	31

I. Introducere

Interrelațiile complexe care pot fi recunoscute în orice mediu urban (i) sunt fundamentale pentru modul în care noi, oamenii, experimentăm viața și, în general, (ii) sunt responsabile pentru multe aspecte care pot duce sau nu la bunăstarea societății. În acest întreg spectru de interacțiuni, pot fi recunoscute diferite straturi atunci când vine vorba de modul în care oamenii experimentează viața - o experiență care poate fi considerată ca fiind legată în mod fundamental de ideea de "climat" - care poate fi înțeleasă în continuare în diferite moduri și din diferite perspective - straturile de mai sus (de exemplu, de la înțelegerea primară legată de dimensiunea climatologică la multe altele legate de societate).

Astfel, de la cele primare (de exemplu, mediul termic determinat de diferite forțări meteorologice care sunt integrate de mediul construit pentru a stabili un răspuns local - care poate fi asociat și cu ideea primară de "climă") la cele mai "aspiraționale" (de exemplu, sociale, economice, educaționale), aceste straturi sunt interconectate între ele în diferite moduri reciproce (de ex, parametrii climatici nefavorabili la nivel de stradă pot încuraja oamenii să folosească mașinile personale, ceea ce duce la o poluare locală ce ar putea fi evitată care va afecta și mai mult calitatea aerului și va descuraja și mai mult oamenii să meargă pe jos în zonă; dezastrele naturale/legate de climă vor avea un impact asupra societăților într-un fel sau altul; în funcție de modul în care sunt gestionate deșeurile vor influența mediul și multe aspecte care pot fi asociate cu un impact suplimentar asupra "climatului local"; și așa mai departe).

În toate aceste legături, mai ales atunci când ne gândim la zonele urbane, există un element care se află într-o relație specială cu toate celelalte - și acesta este mediul urban modificat de intervenția umană - natural (de exemplu, parcuri, spații verzi) sau artificial (de exemplu, clădiri, drumuri) - respectiv mediul construit.

Forma pe care o ia mediul construit, natura suprafețelor sale, distribuția elementelor (e.g., clădiri, copaci), vor influența parametrii climatici, prin modificarea curgerii atmosferice, a modului în care are loc transferul și stocarea energiei în diferitele elemente existente la nivel urban. [283]

Dar, de asemenea, datorită modului în care funcțiunile sunt distribuite în zona urbană, influențează traficul local, producția de deșeuri etc. - influențând, de asemenea, și mai mult "climatul urban" - cu și mai multe consecințe care pot fi identificate (uneori aproape imposibil de cuantificat) la nivel societal, în special în ceea ce privește sănătatea publică [308], [341] - ceva ce converge, de asemenea, către ideea de "climat" (de exemplu, un "climat sănătos").

Dacă este luat în considerare nivelul actual (justificat) de preocupare față de problema schimbărilor climatice și numărul de persoane care trăiesc în zonele urbane, înțelegerea acestor interrelații devine crucială - și, în acest context, înțelegerea "climatului urban" într-o manieră cât mai exhaustivă, recunoscând în același timp numeroasele interrelații potențiale, poate fi esențială.

De preferință, acesta ar trebui să fie, de asemenea, procesul de gândire atunci când se încearcă explorarea rolului mediului construit în toată această poveste - astfel, înțelegerea impactului mediului construit asupra "climatului urban" pe care îl influențează în mod fundamental ar trebui să ia în considerare foarte multe lucruri.

Având în vedere cele menționate, în teză sunt explorate și discutate idei privind interacțiunile potențiale care ar trebui conștientizate atunci când se evaluează astfel de impacturi (lucru care este sintetizat într-o hartă conceptuală la sfârșitul capitolului patru) - pornind de la (i) ramurile științifice care aduc în prim-plan noțiuni de bază, fără de care nu ar fi posibilă o înțelegere profundă a numeroaselor procese și evenimente din lumea urbană; (ii) și până la instrumentele care pot fi utilizate pentru a obține o imagine cuprinzătoare asupra diferitelor aspecte care pot fi legate, într-un fel sau altul, de un anumit climat

urban; (iii) de asemenea, întrucât este recunoscută importanța perspectivei climatologice în întreaga configurație urbană și în înțelegerea climatului/climatelor urban(e), spre final, accentul este pus pe problema "mediului termic supus unei forțări meteorologice (i.e., condiții la limită) specifice sezonului cald"- un aspect de mare preocupare în zilele noastre- această parte fiind menită să evalueze și să discute modul în care diferite modificări ale mediului construit pot determina un răspuns local diferit atunci când sunt supuse aceleași forțări meteorologice- lucru realizat în două exemple de aplicații.

Primul capitol al Tezei, Introducerea, cuprinde încadrarea lucrării în context și orientează discuțiile ulterioare. Sunt explorate pe scurt câteva idei generale, cum ar fi cele deja discutate anterior, cu privire la modul în care oamenii sunt în mod constant înconjurați de mediul construit și interacționează cu acesta, de la locuințe la peisaje urbane, și la modul în care această interacțiune influențează aspecte ale vieții umane- de la confort la comportament și alegeri- într-un spectru reciproc de interrelații. Este discutat rolul fundamental al nevoilor fiziologice și al experiențelor senzoriale în definirea relației cu mediul înconjurător. În acest sens, teza propune ca, așa cum s-a susținut deja, problematica climatului urban să fie privită pe larg pornind de la probleme precum confortul termic, calitatea aerului, acustica[75] și aspectele vizuale- recunoscând în același timp numeroasele aspecte societale legate de acestea.

În afară de aceasta, încă de la început, sunt prezentate implicațiile schimbărilor climatice asupra vieții urbane- nu este vorba doar de înțelegerea situației actuale (care este totuși esențială), ci și de capacitatea de a prezice cum vor evolua lucrurile și cum ar putea afecta diferite schimbări rezultatul- adică, în cazul vizat, climatul urban.

Prin urmare, încă din capitolul introductiv, discuțiile inițiale subliniază necesitatea critică atât a unei abordări cuplate – dimensiune umană-climat local – în dezvoltarea urbană, recunoscând și subliniind în același timp importanța perspectivei climatice în toată discuția și compendiul de idei legate de problema climatului urban- prin urmare, se subliniază urgența integrării considerentelor climatice în planificarea urbană pentru a promova medii care să sprijine sănătatea, confortul și bunăstarea oamenilor, mai ales în contextul provocărilor reprezentate de schimbările climatice.

Deși sunt discutate în primul rând subiecte precum cele deja menționate, acest prim capitol pregătește terenul pentru o investigație mai profundă a modului în care mediul construit determină climatul urban și, în mod inerent, viețile umane (oameni care, la rândul lor, determină mediul construit – un mod de a privi lucrurile care să permită înțelegerea interdependențelor complexe și reciprocităților ce pot fi conștientizate la nivel urban).

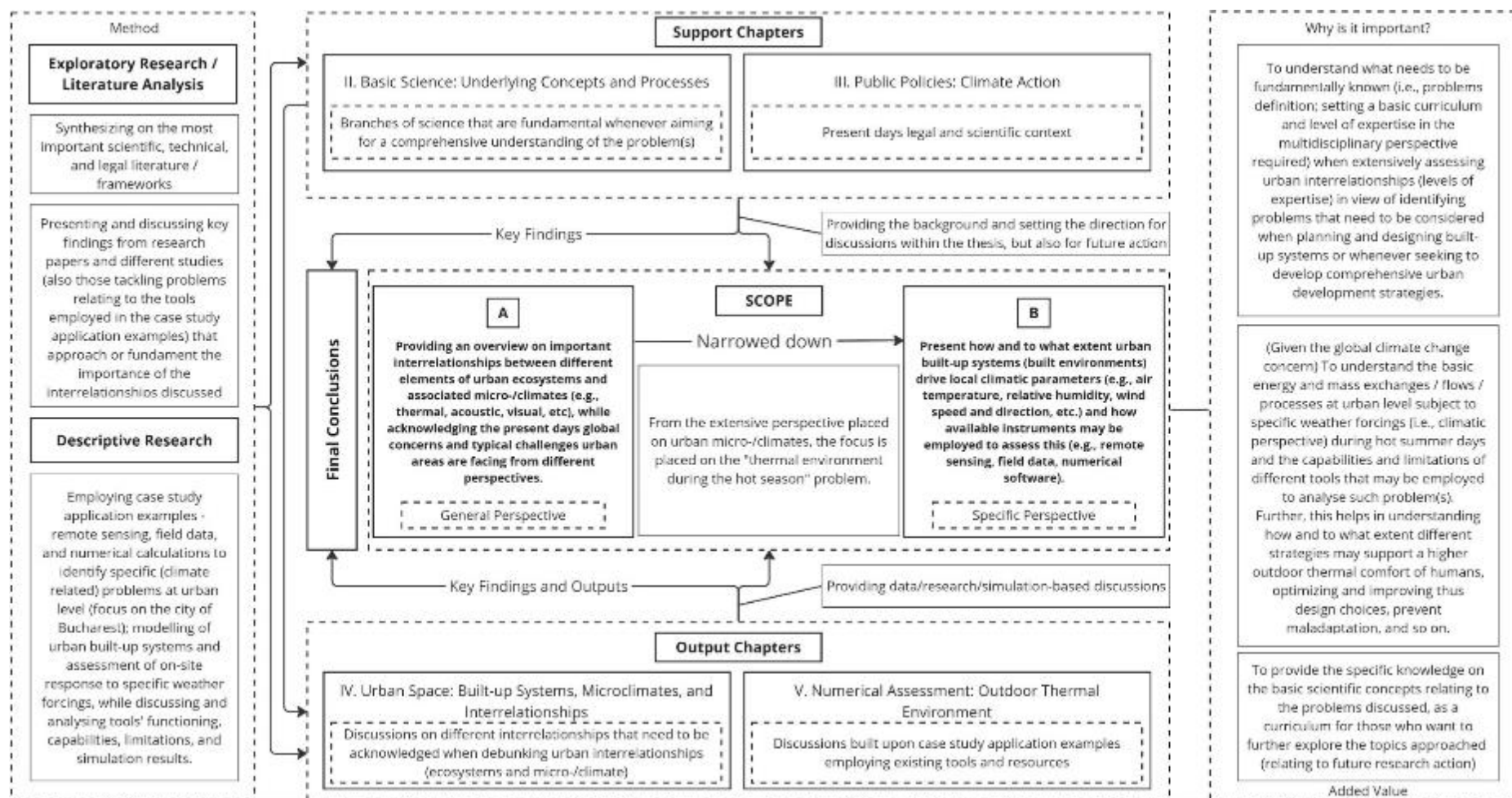


Figura 1 - Prezentare generală a scopului, metodei, conținutului și relevanței Tezei

II. Baze științifice: Concepte și procese de bază

Acest capitol se concentrează pe ideile științifice de bază care constituie fundamentul pentru o mai bună înțelegere a interacțiunii dintre mediul construit, climatul urban și oameni/populația umană. Acesta servește drept punte de legătură pentru o mai bună înțelegere a numeroaselor aspecte ale climatului urban – în perspectiva extinsă propusă (i.e., de la problemele de climă la cele de acustică, vizuale, societale și așa mai departe).

Astfel, în acest capitol sunt evocate unele dintre cele mai importante ramuri ale științei și reunite și evidențiate pe scurt câteva elemente-cheie ale cunoștințelor științifice de bază, bine stabilite, pe care acestea le aduc. Astfel de elemente ar trebui recunoscute atât pentru a obține o perspectivă generală asupra unor aspecte precum cele subliniate anterior, dar și pentru a stabili o direcție privind tipul de expertiză și de înțelegere necesare atunci când se explorează pe larg problema climatului urban- adică primii pași, ca o condiție prealabilă necesară pentru a înțelege fenomenele mai complexe care guvernează interrelațiile urbane..

Sunt abordate pe scurt ideile științifice de bază legate de (i) Științele naturii fizice (adică, aspecte importante/relevante legate de termodinamică[3], mecanica fluidelor[24], [38], [42], [47], reologie[58], acustică[75] și chimie); (ii) Științele naturii vii- cu discuții specifice privind metabolismul, sechestrarea carbonului, evapotranspirația, compușii organici volatili biogeni (BVOC) etc.; (iii) Științele sociale; abordând, de asemenea, probleme legate de metodele-cheie prin care se poate realiza (iv) modelarea (cu accent special pe metoda științifică) a diferitelor fenomene- de la reprezentări de bază la abordări numerice- subliniind, în același timp, unele limitări datorate (v) complexității lumii reale.

De asemenea, se explorează concepte și cunoștințe fundamentale privind sistemul de climă al Pământului[198], [208], [235], [277], care reprezintă un element-cheie de studiu atunci când se încearcă să se înțeleagă contextul climatic al zonelor urbane și procesele fundamentale care îl definesc.

În general, în acest capitol este subliniată importanța critică a cadrelor științifice de bază în înțelegerea modului în care mediile construite în mediul urban interacționează și determină climatul local. În această parte a lucrării este evidențiată necesitatea de a fundamenta planificarea și proiectarea urbană pe principii științifice solide pentru a aborda provocările cu multiple fațete legate de calitatea aerului, confortul termic, acustica și mediile vizuale din zonele urbane- ca descriptori critici (propuși) ai climei locale.

Prin urmare, capitolul are rolul de a facilita o mai bună înțelegere a ceea ce trebuie luat în considerare atunci când se evaluează impactul mediilor construite asupra bunăstării umane sau atunci când se urmărește să se proiecteze spații urbane durabile (regenerative) și rezistente. Noțiunile prezentate pot servi la o mai bună înțelegere a multor aspecte legate de climatologie, știința mediului, ecologie urbană și sănătate publică. Această parte se referă la procesul de pregătire a Tezei. Ea este menită să sprijine și să doteze în continuare cititorii cu o viziune cuprinzătoare asupra bazei științifice care poate ghida abordările atunci când se elaborează strategii de îmbunătățire a climei urbane/îmbunătățire a locuirii urbane.

În plus, în acest capitol este subliniată cu tărie natura interdisciplinară a abordării provocărilor legate de diferitele tipuri de “climate” care pot fi conștientizate la nivel urban. Se pledează pentru o abordare holistică care combină cunoștințele din diferite discipline științifice pentru a dezvolta soluții cuprinzătoare care să țină cont de interacțiunile complexe dintre sistemele fizice, biologice și societale din zonele urbane. Această perspectivă interdisciplinară este crucială pentru elaborarea unor strategii care să atenueze în mod eficient impactul climatic și să sprijine sănătatea și bunăstarea publică – realizând că toate aceste elemente, împreună, conducând la climate urbane specifice.

În concluzie, acest al doilea capitol al lucrării oferă câteva perspective asupra bazelor pentru înțelegerea în continuare a dinamicii complexe dintre mediul construit, climatul urban și experiențele umane. Acesta subliniază importanța unei abordări științifice extinse în planificarea și proiectarea urbană, susținând, prin urmare, cercetarea interdisciplinară și colaborarea între profesioniști cu diferite tipuri de expertiză pentru a aborda provocările cu multiple fațete ale creării unor spații urbane durabile, reziliente și locuibile în condiții cât mai bune - în special în fața crizei actuale a schimbărilor climatice.

III. Politici publice: Acțiuni climatice

Eforturile internaționale și inițiativele politice sunt vitale pentru a aborda provocările schimbărilor climatice, în special în contextul urban. Înțelegerea contextului internațional poate fi fundamentală din multiple motive atunci când se abordează orice subiect în general, nemaivorbind atunci când este vizat unul relevant la nivel mondial, acest fapt ducând la necesitatea și importanța includerii unui capitol care să exploreze evoluția politicilor și acțiunilor în domeniul climei, subliniind în același timp contribuțiile organizațiilor globale, ale organismelor științifice și ale cadrelor legislative care au modelat înțelegerea colectivă și răspunsul la problema schimbărilor climatice.

În acest context, acest al treilea capitol explorează istoria și rolul grupului interguvernamental de experți privind schimbările climatice (IPCC), principalul organism care a influențat peisajul acțiunilor climatice la nivel mondial. Capitolul prezintă începuturile IPCC, subliniind rolul său esențial în sintetizarea și diseminarea cunoștințelor științifice privind schimbările climatice către factorii de decizie politică și publicul larg. Sunt explorate rapoartele periodice de evaluare ale IPCC și evidențiate câteva idei generale cu privire la problemele-cheie abordate în fiecare raport - informațiile prezentate sunt necesare pentru a înțelege contextul general, dar și pentru a recunoaște unele dintre cele mai importante implicații ale schimbărilor climatice pentru zonele urbane din întreaga lume.

De asemenea, printr-o serie de scurte considerații privind rapoartele speciale/metodologice ale IPCC se urmărește evidențierea unor direcții de explorare a problemei schimbărilor climatice de către cititori - de exemplu, abordarea generală din aceste rapoarte permite o mai bună înțelegere a problemelor climatice urbane. De la analize ale unor sectoare specifice, cum ar fi aviația și utilizarea terenurilor, până la examinări ale unor aspecte mai ample, cum ar fi sursele de energie regenerabilă și atenuarea schimbărilor climatice, aceste rapoarte servesc drept resurse esențiale pentru fundamentarea politicilor și orientarea acțiunilor internaționale și locale. Capitolul subliniază modul în care aceste rapoarte oferă o înțelegere nuanțată a diverselor aspecte ale schimbărilor climatice, inclusiv a evaluărilor vulnerabilității, a strategiilor de adaptare și a căilor de atenuare, care sunt esențiale pentru elaborarea unor politici urbane eficiente în materie de climă (element crucial pentru toate celelalte aspecte care converg către un anumit tip de "climat" urban).

Capitolul acoperă diferite aspecte ale acțiunii climatice, inclusiv actorii și inițiativele care completează activitatea IPCC. Este subliniată importanța eforturilor de colaborare în abordarea schimbărilor climatice, și evidențiate contribuțiile unor entități precum Agenția Europeană de Mediu (AEM), Agenția Spațială Europeană (ESA) și diverse programe de observare a Pământului, cum ar fi Copernicus - entități care sunt esențiale în monitorizarea, cercetarea și susținerea acțiunilor climatice bazate pe știință.

Informațiile furnizate în acest capitol oferă exemple de inițiative din întreaga lume care pot fi legate de eforturile de atenuare a schimbărilor climatice și/sau de mediul construit/climatul urban - oferind astfel o perspectivă largă asupra problemei și contextului internațional în materie de direcții considerate pentru îmbunătățirea calității vieții în mediile urbane de pretutindeni.

De asemenea, diferite statistici, ca cele prezentate în următoarele două figuri (grafice), sunt introduse în teză pentru a sublinia de ce acțiunile și inițiativele pentru climă sunt importante.



Figura 2 – Decese înregistrate în urma dezastrelor naturale 1900-2023 (Uniunea Europeană) - pe tipuri de dezastre (1) [276]

Notă: Drought – secetă, Flood – inundații, Earthquake – cutremure, Extreme weather – condiții de vreme extremă, Extreme temperature – temperaturi extreme, Volcanic activity – activitate vulcanică, Landslide – alunecări de teren, Wildfire – incendii de vegetație, Glacial lake outburst – izbucnirea unui lac glaciatic, Dry mass movement - mișcări ale maselor uscate de pământ (alt mecanism decât la alunecările de teren), Fog – ceață.

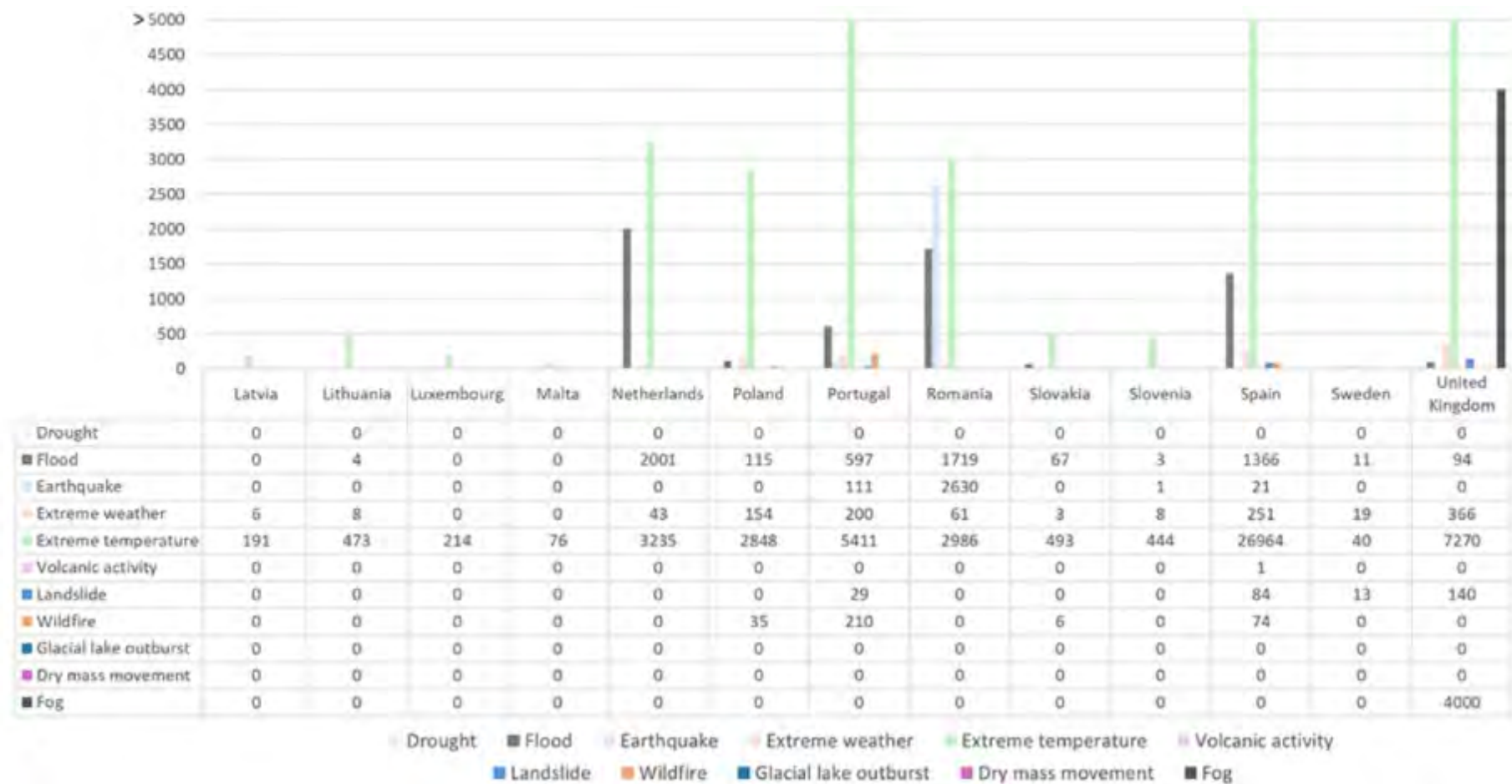


Figura 3 – Decese înregistrate în urma dezastrelor naturale 1900-2023 (Uniunea Europeană) - pe tipuri de dezastre (2) [276]

Notă: Drought – secetă, Flood – inundații, Earthquake – cutremure, Extreme weather – condiții de vreme extremă, Extreme temperature – temperaturi extreme, Volcanic activity – activitate vulcanică, Landslide – alunecări de teren, Wildfire – incendii de vegetație, Glacial lake outburst – izbucnirea unui lac glaciatic, Dry mass movement - mișcări ale maselor uscate de pământ (alt mecanism decât la alunecările de teren), Fog – ceață.

IV. Spațiul urban: Sisteme construite, microclimate și interrelații

O înțelegere detaliată a interrelațiilor complexe dintre spațiile urbane și diverse aspecte care pot fi înțelese prin intermediul climatului asociat acestora- concentrându-se în același timp pe dimensiunea primară a conceptului- poate fi esențială în multe aspecte legate de dezvoltarea urbană.

Astfel, capitolul explorează modul în care proiectele arhitecturale, infrastructura, diferitele sectoare și organizarea spațială a orașelor influențează crearea unor microclimate distincte, discutând în același timp despre modul în care elementele care pot fi cuprinse în ideea de urban pot afecta diverse aspecte societale (de exemplu, sănătatea publică) și legate de durabilitatea/sustenabilitatea mediului- subliniind încrengătura complexă a relațiilor cauză-efect dintre diverși factori, cu accent, bineînțeles, pe mediul construit și activitățile antropice. Sunt evidențiate elementele importante care ar trebui luate în considerare atunci când se explorează diferitele climate (cu accent pe problema microclimatului) care pot fi recunoscute la nivel urban. La sfârșitul capitolului, în urma diferitelor aspecte discutate, se oferă o hartă conceptuală menită să sublinieze principalele linii de gândire atunci când vine vorba de evaluarea climatelor urbane într-o manieră cât mai extinsă.

IV.1 Dinamica urbană

Explorarea ecosistemelor care alcătuiesc spațiile urbane, a interacțiunilor complexe care pot fi recunoscute între diferitele componente ale ecosistemelor urbane și a influenței colective a diversilor factori asupra climei și climatelor urbane este esențială din mai multe motive- înțelegerea profundă a acestor aspecte poate fi un lucru esențial în orice proces care duce la o schimbare a mediului construit.

În această parte a Tezei sunt analizate, într-o măsură adecvată subiectului, principalele componente ale ecosistemelor urbane, inclusiv atmosfera, biosfera, hidrosfera, pedo-/litosfera, mediul construit și populația umană. Această secțiune pune accentul pe interrelațiile dintre aceste componente, subliniind modul în care activitățile umane și mediul construit modelează în mod semnificativ climatele urbane și ecosistemele locale.

Discuția despre clădirile din spațiile urbane prezintă o înțelegere fundamentală a modului în care arhitectura și infrastructura contribuie la peisajul urban dinamic. Astfel, sunt clasificate clădirile în raport cu funcțiunile lor și activitățile adăpostite- de exemplu, rezidențială, comercială, industrială, recreativă și culturală- subliniind faptul că fiecare dintre acestea poate defini în mod diferit climatul și ecosistemele locale. Acest lucru recunoaște, pe de o parte, impactul direct al mediului construit asupra climei urbane, cum ar fi influența asupra distribuției radiației solare, a modelelor de curgere atmosferică și a mediilor termice locale, dar și rolul său indirect în ceea ce privește sistemul climatic, prin emisiile de gaze cu efect de seră – GES pe care le favorizează. În continuare, discuția se concentrează pe examinarea diferitelor tipuri de infrastructură urbană, recunoscând totodată importanța acestora în peisajul urban- având în vedere, de asemenea, rolul diverselor infrastructuri în susținerea metabolismului urban - o altă problemă discutată în cadrul acestui subcapitol.

Subcapitolul abordează de asemenea morfologia urbană și rolul său fundamental în modelarea condițiilor climatice locale. Acesta (i) prezintă pe scurt relația reciprocă dintre evoluția formei urbane și dinamica climei locale și (ii) discută modul în care morfologia urbană afectează în mod direct mediul termic urban, circulația atmosferică etc. – aspecte fundamental legate de influența geometriei clădirilor și a aranjamentelor spațiale, precum și a proprietăților suprafețelor și materialelor.

Metabolismul urban este un alt subiect pe care se concentrează acest subcapitol- și se referă la faptul că ecosistemele urbane sunt sisteme complexe care suferă diverse procese ce implică transformarea

energiei și a masei la diferite niveluri - un lucru care poate fi esențial să fie înțeles atunci când se urmărește obținerea unei imagini cuprinzătoare asupra diferitelor climate care pot fi percepute la nivelul zonelor urbane. Datele adecvate și un cadru bine adaptat pentru metabolismul urban pot ajuta la monitorizarea și vizualizarea problemelor legate de dependența de resurse, eficiența energetică, emisiile sau deșeurile, automobile și industrie etc.

Pentru a evalua impactul mediului construit asupra climei urbane, este important să se înțeleagă metabolismul urban specific și factorii care îl determină. Acest lucru poate ajuta la identificarea riscurilor, la predicția schimbărilor și la găsirea unor măsuri adecvate de atenuare și adaptare. Emisiile în funcție de tip și de sursă sunt considerații esențiale în acest proces, iar metabolismul urban ar trebui să fie recunoscut în consecință ca un instrument de evaluare a impactului direct și indirect al mediului construit asupra climei urbane.

Zonele urbane se confruntă cu diverse provocări, inclusiv prin pierderea biodiversității și îndepărtarea de mediile naturale. Iar acest lucru este esențial pentru modul în care "arată" (diferitele) climatul(ele) local(e). Tehnologia poate ajuta la obținerea de informații necesare despre cum pot fi abordate aceste probleme, însă, natura însăși poate juca, de asemenea, un rol semnificativ în rezolvarea acestora. Acesta este motivul pentru care este introdusă o scurtă discuție despre rolul (și provocările) soluțiilor bazate pe natură (NBS) și despre rolul infrastructurilor verzi albastre (BGS) în "restaurarea" zonelor urbane[296], [300] - subliniind în același timp că zonele urbane care caută o abordare solidă pentru a deveni mai durabile și mai rezistente atunci când se confruntă cu tot felul de provocări ar trebui să înțeleagă și să adopte întregul potențial al BGI.

În concluzie, acest subcapitol explorează în detaliu diversele procese și interacțiuni dintre diferitele componente ale ecosistemelor urbane. În general, această discuție urmărește să ofere pe cât posibil o perspectivă cuprinzătoare asupra diferitelor elemente-cheie ale mediului construit care ar trebui recunoscute la nivel urban atunci când se evaluează problema climatelor locale. Prin explorarea unor idei importante care stau la baza ecosistemelor urbane, a clădirilor, a infrastructurii, a morfologiei, a metabolismului și a restaurării mediilor naturale, acest subcapitol oferă o perspectivă valoroasă asupra unora dintre cele mai importante componente ale lumii urbane, care ar trebui luate în considerare în orice practică ce urmărește să promoveze o înțelegere cuprinzătoare a climei urbane și (pe baza acesteia) o evoluție a peisajelor urbane care să țină cont de climă și să fie centrată pe om.

IV.2 Sectorul energetic

Subcapitolul abordează problemele legate de cererea și producția de energie, discutând în același timp rolul general al sectorului energetic în determinarea climei locale (și viceversa) și în impactul asupra sistemului climatic global, recunoscând o anumită reciprocitate.

În primul rând, condițiile locale de climă sunt importante pentru determinarea cererii de energie pentru clădiri. În special în zonele de climă în care clădirile au nevoie de încălzire în timpul anotimpurilor reci și de răcire în timpul anotimpurilor calde, punerea în aplicare a principiilor și tehnologiilor de eficiență energetică poate contribui la reducerea cererii de energie și inerent a emisiilor de carbon și, totodată, dacă proiectarea și implementarea sunt realizate corect, poate contribui la asigurarea unor condiții confortabile la interior. De exemplu, încorporarea unor aporturi solare ridicate în timpul anotimpurilor reci, a unor sarcini solare scăzute în timpul anotimpurilor calde, limitarea schimburilor de căldură convective nedorite, utilizarea pompelor de căldură, ventilația mecanică cu recuperare de căldură, fațadele inteligente cu materiale cu schimbare de fază și nanotehnologia pot juca (acum sau în viitor - deoarece este posibil ca unele tehnologii de ultimă oră să nu fie încă accesibile/aplicabile pe scară largă) un rol crucial în reducerea cererii de energie.

Cu toate acestea, se subliniază faptul că, dacă ideea de durabilitate/sustenabilitate prevalează, ar trebui acordată o atenție specială diferitelor lucruri- de exemplu: producția, transportul, instalarea și durata de viață a materialelor menite să reducă consumul de energie (și emisiile de GES) nu ar trebui să conducă la un impact asupra mediului mai mare decât contribuția lor. De asemenea, durabilitatea/sustenabilitatea nu se referă doar la reducerea consumului de energie și a emisiilor de GES - în orice proces decizional ar trebui luate în considerare și alte componente – cum ar fi cele societale – iar acesta este un alt aspect evidențiat în această parte a Tezei.

Un alt aspect punctat în acest capitol este legat de faptul că este esențial să se recunoască faptul că eficiența energetică și cererea de energie în clădiri pot fi strâns legate de sănătatea umană- acestea merg mână în mână (de exemplu, reducerea punților termice reduce riscurile de apariție a suprafețelor reci și, respectiv, a mușgaiului etc.). Conformitatea clădirilor cu principiile de termotehnică a clădirilor poate fi vitală pentru sănătatea ocupanților, deoarece neconformitățile în proiectare sau construcție acompaniate de o exploatare necorespunzătoare ar putea duce la probleme precum "sindromul clădirii bolnave" [301]. Astfel de probleme pot avea un impact semnificativ asupra sănătății umane și a societății, ceea ce le face cruciale pentru climatele urbane și interrelațiile dintre acestea. În afară de aceasta, se subliniază faptul că aspecte precum acustica, siguranța structurală, iluminatul și estetica[313], [373] ar trebui, de asemenea, luate în considerare în acest context- subliniind că, în unele cazuri, ar trebui să se acorde o atenție deosebită la nivel de proiectare pentru a evita orice conflicte (de exemplu, eficiența energetică și rezistența structurală[302].

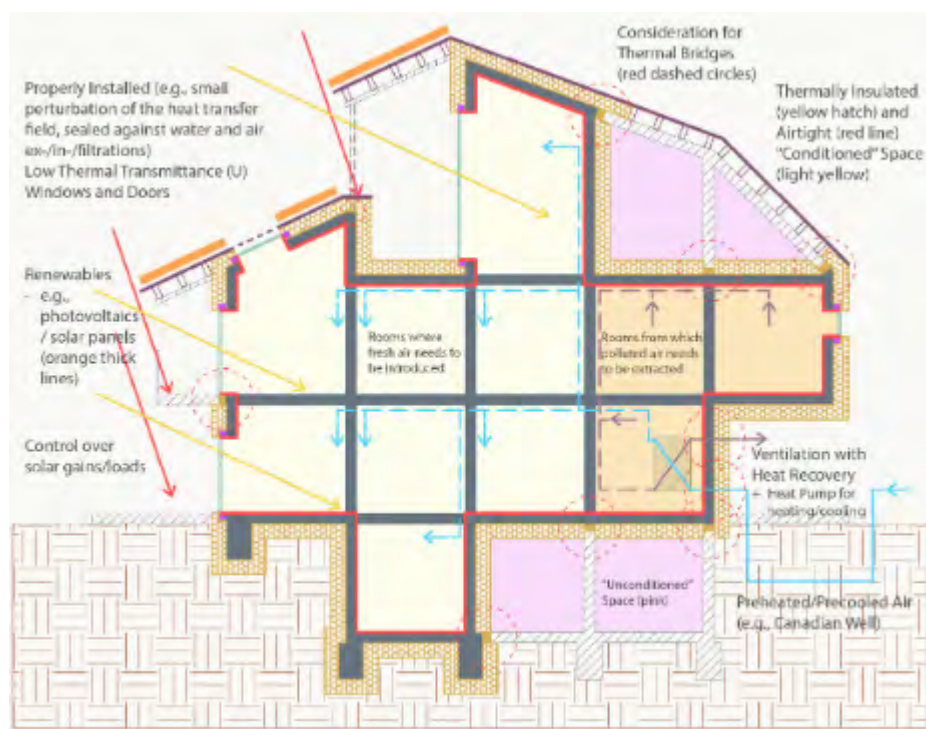


Figura 4 - Concepte pentru reducerea necesarului de energie în clădiri

Pe de altă parte, așa cum a fost menționat, este discutată problema producției de energie- și aici, discuția este îndreptată spre ideea că reducerea cererii de energie și transferul producției de energie mai aproape de locul unde este nevoie de ea, utilizând în același timp surse de energie regenerabilă, sunt factori importanți ce ar trebui luați în considerare, având în vedere ramificațiile extinse ce pot fi identificate la nivel urban. Atunci când cererea de energie este redusă, sunt necesare echipamente de producție a energiei mai mici, ceea ce duce la un impact mai mic asupra mediului, la reducerea costurilor financiare de instalare sau de întreținere a unităților și multe altele. Cu toate acestea,

producția de energie regenerabilă, în special cea solară și eoliană, depinde de condițiile climatice locale. Prin urmare, este important să se decidă unde să se amplaseze și să se integreze astfel de echipamente. Dispunând de date relevante de pe teren și modelând în mod corespunzător mediul construit și simulând condițiile locale de microclimat, se pot identifica locațiile potrivite pentru diverse tehnologii. În altă ordine de idei, această parte din teză subliniază, de asemenea, că instalarea diferitelor echipamente (e.g. panouri fotovoltaice), de exemplu, pe cădiri trebuie să ia în considerare și riscurile legate de condiții adverse – e.g., vânturi puternice, grindină și alte condiții meteorologice.

Pe lângă acestea, discuția privind modul în care poate fi scăzut necesarul de energie sabordează și perspectiva ca, de exemplu, în loc să se consume energie pentru a răci centrele de date, pompele de căldură pot transfera căldura și o pot utiliza pentru încălzire urbană în timpul sezonului rece sau pentru producerea de apă caldă pe parcursul întregului an - de asemenea, energia regenerabilă poate fi utilizată pentru a alimenta astfel de centre de date, alături de soluții care utilizează energia geotermală- fără a neglija, desigur, preocupările legate de mediu care ar putea apărea – alt aspect punctat în teză.

IV.3 Sectorul transporturilor

Această parte reflectă, în principal, modul în care problema mobilității și concepte precum “walkability” (i.e., cât de prietenoase sunt zonele urbane cu “mersul pe jos”) și „bikeability” (i.e., cât de prietenoase sunt zonele urbane cu mersul pe bicicletă) sunt legate de mediul construit și climatul urban.

În zonele urbane există diferite tipuri de clădiri, ce adăpostesc activități diferite, iar oamenii trebuie să se deplaseze între ele. De asemenea, aceștia trebuie să se deplaseze în afara zonei urbane. De asemenea, mărfurile trebuie să fie transportate dintr-un loc în altul, fie în interiorul sau în afara zonei urbane. Având în vedere mediul construit, toată infrastructura necesară pentru aceste transferuri, inclusiv vehiculele, bărcile, avioanele și alte tehnologii, intră în ceea ce se numește sectorul transporturilor. Pentru diferite tipuri de transport sunt necesare infrastructuri specifice, cum ar fi drumuri, șine, pasarele, piste de biciclete, gări, porturi și aeroporturi. Modul în care se formează sectorul transporturilor definește și modelează în mod fundamental peisajul fizic, permite diferite opțiuni de tranzit și influențează condițiile locale de microclimat. Diferiți factori, cum ar fi distribuția clădirilor, nevoile populației umane, mediul natural și condițiile climatice și meteorologice, influențează modul în care acesta ia formă. Acesta joacă un rol important în influențarea opțiunilor de transport, a suprafețelor urbane, a poluării aerului și a multor alte aspecte care au legătură directă sau indirectă cu climatul urban. Pentru a reduce la minimum impactul asupra condițiilor climatice locale și pentru a facilita alegerea opțiunilor de transport mai puțin dăunătoare, sistemul de transport trebuie privit ca un întreg, dar, în același timp, abordat cu atenție la scară mică (de exemplu, analizând problema microclimatului la nivelul trotuarelor/căilor pietonale).

Transportul urban urmărește să ofere opțiuni eficiente, sigure și diverse pentru ca oamenii să se deplaseze în interiorul orașelor. Ar trebui să se înțeleagă impactul fiecărei opțiuni de transport asupra climei și mediului local pentru a evalua modul în care mediul construit se raportează la climatul urban local. Mobilitatea ridicată, cu un nivel ridicat de accesibilitate, este esențială pentru atingerea obiectivelor de durabilitate/sustenabilitate și pentru abordarea problemelor de incluziune socială. Gestionarea responsabilă a mobilității urbane este necesară pentru a răspunde preocupărilor legate de schimbările climatice [312], dar și pentru a crea un climat local mai sănătos. Opțiunile de transport pot afecta procesul decizional, iar opțiunile diverse sunt esențiale pentru a găsi modalități de a răspunde nevoilor de deplasare cu un impact minim asupra climei locale. O serie de aspecte referitoare la acest subiect sunt discutate în continuare în cadrul Tezei- în special se discută despre beneficiile pe care le poate aduce unui oraș un nivel ridicat de “walkability” și de „bikeability” precum și despre modul în care

mediul construit și întreaga configurație pot încuraja (sau descuraja) persoanele care doresc să se deplaseze utilizând opțiuni ecologice.

IV.4 Sectorul apei

Acest capitol abordează problema hidrologiei urbane și discută impactul profund al acesteia asupra climatului urban, asupra sustenabilității și rezilienței locale. Această secțiune se concentrează pe rolul vital al gestionării apei în zonele urbane, nu doar ca resursă esențială pentru viață și activitățile zilnice, ci și ca element-cheie în modelarea microclimatelor urban și în asigurarea sănătății generale a ecosistemelor urbane.

Sunt prezentate diverse componente ale sistemelor urbane de apă, inclusiv alimentarea cu apă dulce, canalizarea și gestionarea apelor pluviale - discutând în același timp despre modul în care mediul construit și activitățile antropice se raportează la această componentă fundamentală a oricărui ecosistem urban. Astfel, acest subcapitol evidențiază interacțiunea dintre aceste sisteme și mediul construit, subliniind modul în care modelele de dezvoltare urbană influențează distribuția, utilizarea și calitatea apei. Discuția evidențiază provocările cu care se confruntă zonele urbane în gestionarea durabilă a apei, în special în contextul schimbărilor climatice - și anume, intensificarea unor aspecte precum deficitul de apă și inundațiile – aspecte critice în multe părți ale lumii.

Un alt aspect abordat se referă la hidrologia urbană și la modul în care apa interacționează cu diferitele elemente care pot fi găsite în ecosistemele urbane, fiind subliniată importanța modelării mediului construit pentru a facilita gestionarea scurgerilor de apă și reducerea riscurilor de inundații.

Practicile de gestionare a apei în mediul urban sunt prezentate ca factori determinanți ai condițiilor climatice locale. Proiectate și gestionate în mod corespunzător, practicile privind gestionarea apei pot contribui la atenuarea efectului de insulă termică urbană (UHI), la îmbunătățirea calității aerului și la furnizarea de beneficii recreative și estetice pentru oameni. În schimb, gestionarea inadecvată a apei poate duce la efecte negative asupra mediului și climei, subliniind necesitatea unor abordări integrate și durabile a planificării urbane a apei ca o altă componentă vitală pentru asigurarea unui climat urban plăcut și sustenabil.

IV.5 Sectorul deșeurilor

Problemele complexe legate de gestionarea deșeurilor urbane sunt un alt aspect care ar trebui luat în considerare atunci când se analizează modul în care mediul construit conduce la diferite micro-/climate specifice. Această parte recunoaște faptul că generarea de deșeuri este un produs secundar inevitabil al metabolismului urban, evidențiind nevoia critică de strategii de gestionare eficiente care să atenueze impactul asupra mediului. Acest capitol subliniază natura complexă a problemei deșeurilor urbane, de la deșeurile menajere la cele industriale și de construcții, fiecare contribuind în mod diferit la climatul urban (de exemplu, calitatea proastă a aerului, GES, sănătatea publică).

Un accent semnificativ este pus pe poluare, detaliindu-se modul în care deșeurile gestionate necorespunzător pot contamina aerul, apa și solul. O astfel de poluare nu numai că degradează mediul urban, dar poate afecta considerabil și negativ sănătatea publică și microclimatele locale, exacerband efectul de insulă termică urbană și contribuind la emisiile de GES. Se subliniază, de asemenea, necesitatea de a trece la recuperare și reciclare ca mijloc de reducere a amprente ecologice a sectorului deșeurilor, alături de principiile economiei circulare - de exemplu, reducerea, reutilizarea, reciclarea. Cu toate acestea, sunt, de asemenea, evidențiate și discutate pe scurt unele bariere (de exemplu, diferite aspecte societale).

Subcapitolul "Sectorul deșeurilor" prezintă o imagine de ansamblu concisă, dar cuprinzătoare, a modului în care gestionarea deșeurilor urbane poate avea legătură cu climatul local (urban), fiind subliniată importanța unei abordări integrate care consideră deșeurile nu ca un punct final, ci ca parte a unui sistem urban mai larg- având consecințe directe asupra calității aerului, solului și/sau apei- dar și asupra multor alte aspecte ale experienței umane în zonele urbane.

IV.6 Confort și sănătate

Această parte explorează intersecțiile dintre mediile urbane și microclimate și impactul profund al acestora asupra bunăstării umane. Sunt abordate modalitățile multiple în care designul urban și condițiile climatice converg pentru a influența confortul fizic și rezultatele în materie de sănătate ale oamenilor, subliniindu-se importanța creării unor spații urbane locuibile care să fie favorabile sănătății fizice și mentale.

Discuția se axează pe efectul de insulă de căldură urbană (UHI), o problemă predominantă în climatologia urbană care este strâns legată de exacerbarea disconfortului termic în zonele dens construite, cu precădere în timpul sezonului cald.

Efectul UHI, caracterizat prin temperaturi ridicate în zonele urbane în comparație cu cele rurale, este atribuit modificării suprafețelor de teren și abundenței materialelor care absorb căldura în orașe. Acest fenomen are un impact semnificativ asupra mediului termic, afectând nivelul de confort al locuitorilor, aspect ce poate duce la apariția unor boli legate de căldură în timpul temperaturilor maxime.

În plus, discuția se extinde pentru a cuprinde implicațiile mai largi ale climatului urban asupra sănătății publice. Sunt subliniate riscurile directe pentru sănătate asociate cu temperaturile extreme și calitatea aerului, cum ar fi afecțiunile cardiovasculare și respiratorii. Astfel, calitatea aerului apare ca un alt aspect critic al confortului și sănătății urbane discutat în acest subcapitol. Concentrația poluanților, inclusiv a particulelor, a oxizilor de azot și a compușilor organici volatili, este strâns legată de infrastructura urbană, de sistemele de transport și de alte activități cu caracter antropogen- elemente fundamentale ale/legate de mediul construit.

Acustica urbană este o altă preocupare semnificativă în perspectiva mai largă a climatului urban (propusă în teză încă de la început). Străzile urbane au un impact asupra propagării sunetului, care este generat de multe surse diferite distribuite în spațiul urban. Sunetul urban[78] poate transmite emoții pozitive; cu toate acestea, poate fi, de asemenea, deranjant, conducând la zgomot urban care poate avea un impact asupra somnului, productivității și nu numai.

În afară de aceasta, în acest capitol sunt prezentate și alte preocupări legate de problema "smogului electromagnetic" și a emisiilor de radon: în zonele urbane, o varietate de activități contribuie la formarea unui climat local specific și din alte perspective decât cele discutate în mod central. Zonele urbane găzduiesc diverse echipamente, cum ar fi turnurile de radio, liniile electrice, transformatoarele și vehiculele care generează radiații de radiofrecvență (RFR) și câmpuri electromagnetice (EMF)- iar acest lucru poate fi considerat ca fiind ceva care ar putea interfera cu climatul local- și, prin urmare, merită să fie explorat mai în profunzime. De asemenea, este esențial să se ia în considerare măsuri de siguranță specifice de expunere pentru atunci când sunt la mijloc anumite activități din zonele urbane.

În afară de îngrijorarea legată de câmpul electromagnetic-CEM, alte elemente, cum ar fi radonul, reprezintă o amenințare diferită pentru organismele vii, deoarece le expune la radiații α . Radonul este un gaz nobil prezent în atmosferă datorită eliberării acestuia din roci și sol și poate fi prezent în interiorul clădirilor sau la exterior (provenind din pământ sau chiar din materialele de construcție).

Pe lângă discuțiile legate de mediul termic, calitatea aerului, sunetul urban, imaginea și estetica aduse în discuție în primul rând, această parte a Tezei subliniază, de asemenea, ideea că, atunci când se discută aspecte ce țin de climatul urban, este esențial să se ia în considerare problema radiațiilor, deoarece acestea, negestionate corespunzător, pot avea un impact semnificativ asupra populației umane și asupra biosferei.

Astfel, aspectele discutate în legătură cu problemele de confort și de sănătate asociate cu climatul urban, având în vedere dinamica urbană, sunt abordate cât mai exhaustiv posibil- chiar dacă elementele cheie sunt abordate doar pe scurt. Aceasta înseamnă că problema "climatului urban" este explorată dincolo de perspectiva "climatologică" obișnuită. Cu toate acestea, preocuparea din perspectiva de "climă" rămâne totuși o componentă primară, critică și fundamentală a întregului cadru, motiv pentru care i se acordă o atenție deosebită pe parcursul discuțiilor.

IV.7 Instrumente de evaluare

Pentru a face față numeroaselor probleme cu care se confruntă zonele urbane, este important să fie cunoscute și folosite cele mai puternice instrumente de evaluare existente- și acest lucru se referă la imaginile din satelit, big data, inteligența artificială, diverse modele numerice și așa mai departe. Această parte a lucrării subliniază rolul esențial al acestor instrumente în sprijinirea proceselor de planificare și proiectare urbană "conștiente de climă" și "centrate pe om", permițând părților interesate să ia decizii bazate pe date care să îmbunătățească reziliența urbană și experiența generală de viață pentru întreaga populație umană. În centrul discuției se află clasificarea diferitelor instrumente de evaluare, care variază de la simple metode de observare la software de modelare sofisticat și rețele de senzori. Aceste instrumente sunt esențiale pentru cuantificarea elementelor cu multiple fațete ale mediilor urbane, de la calitatea aerului și confortul în mediul exterior la eficiența energetică. Astfel, ele pot ajuta la înțelegerea într-o manieră cuprinzătoare starea actuală a ecosistemelor urbane și pot ajuta la formularea de predicții.

Această parte a Tezei evidențiază importanța Sistemelor Informaționale Geografice (GIS), subliniind capacitatea acestora de a integra și analiza diferite tipuri de date din surse diverse și pentru diferite domenii (multe dintre acestea, în cele din urmă, pot fi integrate pentru a evalua diferite dimensiuni ale climatelor locale - din numeroasele perspective care pot fi considerate atunci când se analizează problema pe larg). Aplicațiile GIS facilitează cartografierea și vizualizarea insulelor de căldură urbană, a acoperirii spațiilor verzi, a nivelurilor de poluare și a multor alte tipuri de informații care pot fi relevante din multe motive- în special din perspectiva planificării și proiectării urbane. Astfel, tehnologiile GIS pot oferi informații valoroase despre modelele spațiale și pot identifica zonele de interes care necesită intervenție. De asemenea, acestea pot fi cuplate cu date de teledetecție și măsurători pe teren- alte subiecte de discuție în cadrul acestui subcapitol.

În plus, subcapitolul se concentrează pe problema soluțiilor software de modelare și simulare disponibile care pot fi utilizate pentru a înțelege și a prezice rezultatele strategiilor de design urban asupra micro-/climatelor urbane. Aceste modele permit celor care planifică și proiectează să evalueze eficacitatea soluțiilor propuse pentru atenuarea efectelor climatice negative, cum ar fi insulele de căldură și circulația deficitară a aerului. Prin simularea diverselor scenarii, părțile interesate pot evalua impactul diferitelor opțiuni de proiectare asupra confortului urban și a calității mediului, orientând dezvoltarea unor spații urbane mai durabile- aspect abordat la exemplificarea unor astfel de abordări în două exemple de aplicații din cadrul celui de-al cincilea capitol al Tezei (și anume, Evaluarea numerică: Mediul termic exterior).

Discuția se referă, de asemenea, la rolul emergent al tehnologiilor inteligente și al internetului obiectelor – „internet of things” (IoT) în evaluarea climatului urban. De exemplu, rețelele de senzori amplasate în zonele urbane colectează date în timp real despre multe lucruri de interes (de exemplu, parametrii climatici). Astfel de date pot fi utilizate în numeroase aplicații, de exemplu, oferind acces la un nivel ridicat de detaliu și precizie care poate fi utilizat pentru testarea și validarea modelelor și simulărilor și pentru analiza în timp real a diferitelor probleme.

Pentru a completa tabloul instrumentelor digitale care pot fi utilizate pentru a evalua diferitele aspecte care converg către problema climatului urban, sunt prezentate/menționate pe scurt diferite soluții. Aceste tehnologii sunt disponibile pe piață și pot fi utilizate pentru problema deja menționată a evaluării/simulării micro-/climatelor urbane (de exemplu, ENVI-met - <https://www.envi-met.com/>, OrbitalStack <https://orbitalstack.com/>), dar și pentru a analiza alte aspecte ale climei urbane: problema sunetului urban (de exemplu, SoundPLAN - <https://www.soundplan.eu/>, Predictor-LimA - <https://dgmsoftware.com/products/predictor/>), traficul urban (de ex, PTV VISSIM - <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>, Eclipse SUMO - <https://projects.eclipse.org/projects/automotive.sumo>), riscurile de inundații urbane (de exemplu, HEC-RAS - <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>, SWMM - <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>), diverse vulnerabilități urbane (de exemplu, Orbital Insight- <https://orbitalinsight.com/>, EpiModel- <https://www.epimodel.org/>), dar și pentru modelarea sistemelor complexe (de exemplu, Anylogic- <https://www.anylogic.com/>, Vensim- <https://vensim.com/>).

În afară de aceasta, subcapitolul abordează avantajele și limitările legate de diversele experimente/activități de laborator care pot fi utilizate pentru a evalua climatul urban (de exemplu, simulările fizice în tuneluri de vânt), dar și importanța feedback-ului social în întreaga problemă a înțelegerii extinse a climatului urban- oferind, de asemenea, câteva exemple de proiecte care utilizează astfel de practici (de exemplu, DivAirCity- <https://divaircity.eu/>, RESTORE – <https://www.eurestore.eu/>).

În cele din urmă, sunt prezentați câțiva indicatori importanți și sisteme de evaluare care pot fi utilizate pentru a evalua diferite zone urbane, alături de câteva discuții privind problema evaluării întregului ciclu de viață.

În concluzie, în subcapitolul "Instrumente de evaluare" este subliniată utilitatea instrumentelor și tehnologiilor avansate în studierea și gestionarea diferiților factori care influențează climatul la nivel urban. Prin utilizarea acestor instrumente, urbanistii, proiectanții și factorii de decizie politică pot obține o înțelegere mai profundă a provocărilor de mediu cu care se confruntă zonele urbane și pot concepe strategii mai eficiente pentru crearea unor climate urbane sănătoase, confortabile și durabile.

IV.7 Harta conceptuală: Cum sunt legate lucrurile între ele?

Așa cum a fost menționat, ideile (categoriile de idei) cheie discutate în primele patru capitole sunt centralizate într-o schemă menită să îi ajute pe cei interesați să exploreze diferite interrelații. Această cartografiere poate fi utilizată în continuare (detaliată și) pentru a dezvolta metodologii specifice de evaluare a zonelor urbane și poate fi utilizată în orice abordare strategică în vederea obținerii unor climate urbane mai durabile.

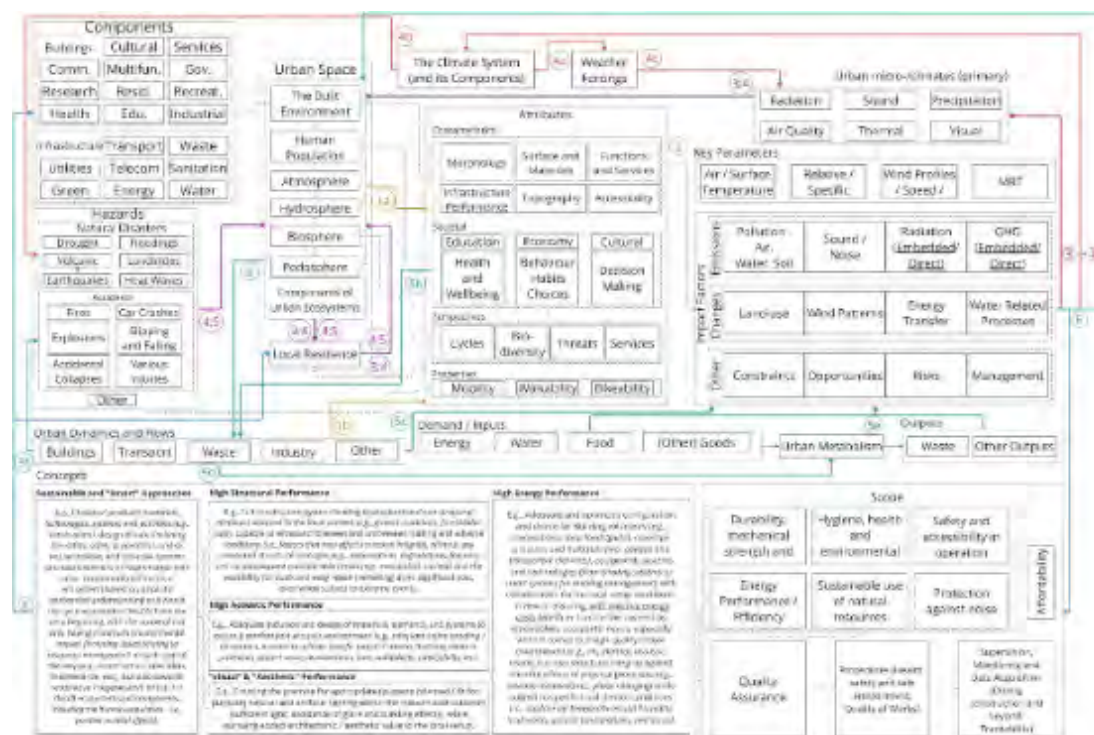


Figura 5 - Harta conceptuală: Vizualizarea interrelațiilor

V. Evaluare numerică: Mediul termic exterior

Privind problema în sens mai larg, mediul construit și activitățile antropice asociate, cu care este în mod fundamental legat (într-un anumit grad de reciprocitate), influențează în mare măsură toate celelalte componente ale ecosistemelor urbane. Prin urmare, acesta este responsabil pentru crearea unui climat urban unic, care poate fi privit din diverse perspective, toate în cadre caracterizate de interrelații și interacțiuni complexe.

Având în vedere acest rol semnificativ al mediului construit în determinarea specificului climatului urban și ținând seama de contextul schimbărilor climatice, este esențial să se înțeleagă modul în care diferite configurații ale mediului construit vor conduce la diferiți parametri climatici.

Acest lucru se referă, de asemenea, la preocupările majore ale prezentului și la discuțiile inerente legate de schimbările climatice și de supraîncălzirea orașelor în timpul lunilor de vară.

De aceea, în această parte a lucrării se urmărește explorarea modului în care capacitățile și instrumentele actuale pot fi utilizate pentru a evalua modul în care o anumită zonă urbană răspunde la anumite forțări meteorologice în ceea ce privește mediul termic și confortul uman, în special în timpul sezonului cald. Pentru aceasta, orașul București este ales ca zonă de studiu în vederea dezvoltării de exemple de aplicații specifice.

În primul rând, imaginile din satelit sunt folosite pentru a identifica zonele fierbinți din oraș. De asemenea, analizând modul în care temperatura aerului și un indicator de confort personalizat au evoluat în ultimii ani- acest lucru se referă la evaluarea datelor obținute de la <https://meteoblue.com>- prin intermediul serviciilor History+, bazate pe NEMS (de înaltă rezoluție), un model multiscalar (de la nivel global până la cel local), care reprezintă NOAA Environment Monitoring System: <https://docs.meteoblue.com/en/meteo/data-sources/datasets#nems> -, se determină o zi

reprezentativă pentru vârful sezonului cald. Datele asociate acestora se utilizează pentru a simula modul în care diferite variante ale mediului construit vor influența răspunsul climatic local.

În plus, sunt dezvoltate două exemple de aplicații. Unul examinează o parte mai mare a orașului (adică o zonă de mărimea unui cartier), în timp ce celălalt se concentrează pe o scară mai mică (adică la nivelul străzii).

După cum s-a spus, obiectivul principal al acestor două aplicații este de a furniza o estimare numerică a modului în care diferiți parametri de interes se modifică atunci când se schimbă configurația urbană (de exemplu, diferite suprafețe, vegetație etc.).

V.1 Software și metodă

Referitor la metodologia utilizată, aceasta poate fi înțeleasă prin intermediul a patru etape:

Etapă 1: Definirea problemei- înțelegerea impactului sistemelor construite asupra răspunsului climatic local în condiții de vreme caldă, cu două obiective cheie: (i) explorarea modului în care schimbările de materiale, suprafețe și acoperire vegetală pot afecta răspunsul climatic local în condiții de vreme caldă și (ii) identificarea instrumentelor cheie care pot fi utilizate pentru a studia aceste schimbări.

Etapă 2: Găsirea software-ului potrivit- pentru a aborda problema (problemele) din etapa 1, a trebuit mai întâi să se identifice instrumentele GIS și de simulare adecvate- QGIS (pentru a integra imaginile satelitare ale temperaturii suprafeței terestre- LST) și ENVI-met (pentru modelare și simulare) au fost considerate cea mai bună opțiune pentru această sarcină.

Etapă 3: Modele și simulări- După cum a fost menționat, ENVI-met a fost utilizat pentru această sarcină - software-ul permite crearea de modele 3D, simularea unor forțări meteorologice specifice și evaluarea modului în care diferite scenarii vor conduce la diferiți parametri climatici- funcționarea software-ului este discutată într-o manieră extinsă în cadrul lucrării.

Etapă 4: Concluzii- Pe baza rezultatelor simulării din aplicațiile I și II și a anumitor simulări asupra unor "spații de testare" legate de funcționarea software-ului, această etapă se referă la modul în care diferite modificări ale unei configurații pot afecta parametrii locali de climă. Se concentrează în principal pe procesele de transfer de energie și de masă, luând în considerare în același timp parametrii atmosferici, diferitele suprafețe, confortul uman etc. În afară de aceasta, sunt evidențiate unele limitări și aspecte de care trebuie să se țină seama atunci când se utilizează astfel de evaluări numerice.

V.2 Aplicația I (ENVI-met): Vecinătate

Primul pas a fost utilizarea unei imagini din satelit LST pentru a identifica unele zone problematice. Dintre acestea, una (1) a fost selectată în scopul simulării (simularea la nivel de cartier).

Este vorba de zona cuprinsă între Bd. Iuliu Maniu (N), Bd. Timișoara (S), Bd. General Paul Teodorescu (E) și Str. Lujerului (W)- o zonă caracterizată de centre comerciale, parcuri, drumuri asfaltate și zone de construcții dense.

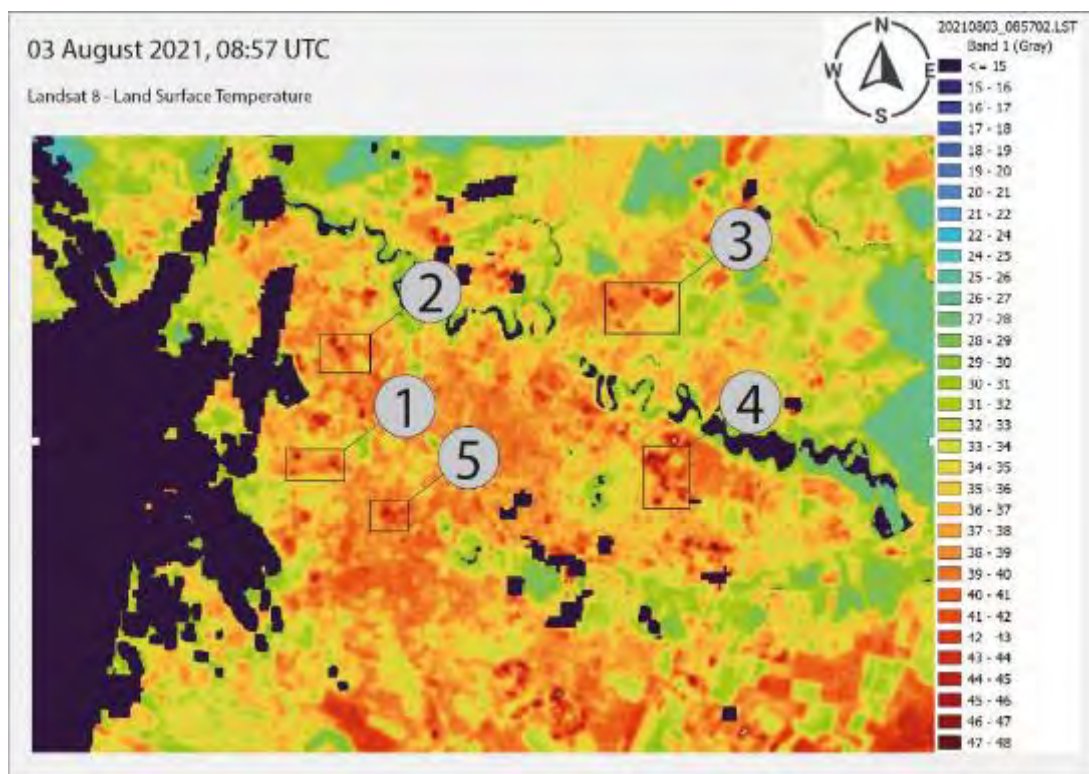


Figura 6 - Imagine Landsat 8 care arată temperatura la suprafața solului (LST) pentru București, 03 august 2021, 08:57 UTC (11:57 ora locală) - aceasta permite identificarea punctelor fierbinți din oraș și a unei zone de studiu.

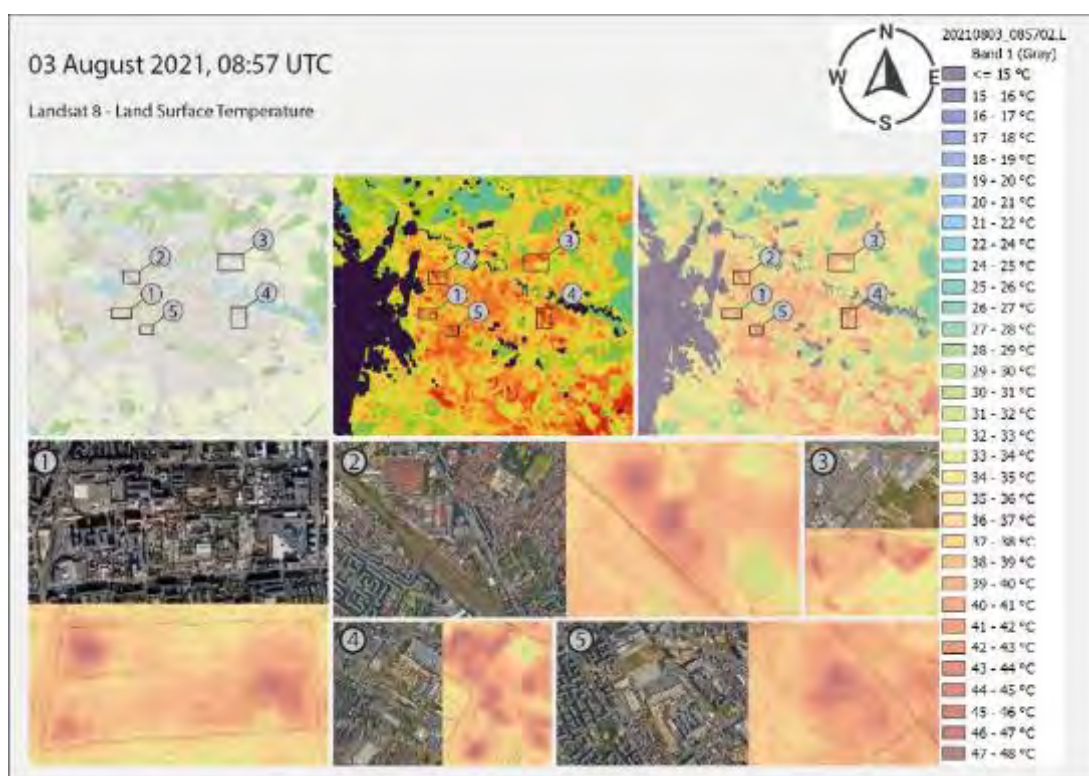


Figura 7 - Imagini Landsat 8 care arată LST pentru diferite zone din București, 03 august 2021, 08:57 UTC (11:57 ora locală)



Figura 8 - Imagine Google Earth - Exemplul 1 (Imagine datată 19 octombrie 2022)

În afară de găsirea spațiului urban pentru modelare, o altă sarcină a fost aceea de a găsi o "zi reprezentativă" pentru vârful sezonului cald. Prin urmare, 15 ani de date orare (2008-2022) au fost evaluate și utilizate pentru a identifica o astfel de zi, utilizând în același timp doi indicatori (temperatura aerului și ITU- indicele de confort).

$$ITU = (T * 1.8 + 32) - (0.55 - 0.0055 * RH)[(T * 1.8 + 32) - 58]$$

unde T este temperatura aerului, iar RH este umiditatea relativă.

În intervalul de timp ales,

2% dintre ore au fost cu temperaturi ale aerului de peste 34,68°C

și

2% dintre ele au avut ITU peste 79,75.

Procentul de 2% a fost considerat reprezentativ pentru "vârful" sezonului.

Ulterior, analiza a continuat prin examinarea numărului de ore cu temperaturi ale aerului de peste 34,68° C și ITU de peste 79,75.

$$N_{temp}^{day,x} = \sum_1^{24} t_i, \text{ where the hourly temperature } t_i > 34.68^{\circ}\text{C};$$

$$N_{ITU}^{day,x} = \sum_1^{24} ITU_i, \text{ where the hourly ITU } > 79.75$$

Acest lucru permite să se înțeleagă "cât de mult" au depășit temperaturile 34,68° C și, respectiv, "cât de mult" au depășit valorile ITU 79,75.

Din numărul total de zile în care orele au depășit valorile de mai sus, 10% au depășit cumulativ pragul de 34,68° C cu cel puțin 19,5 °C (cumulativ) și pragul de 79,75 cu cel puțin 17,6 unități ITU (cumulativ). Dintre acestea, una a fost aleasă în mod aleatoriu pentru a fi utilizată pentru simulare- și anume 5 august 2021.

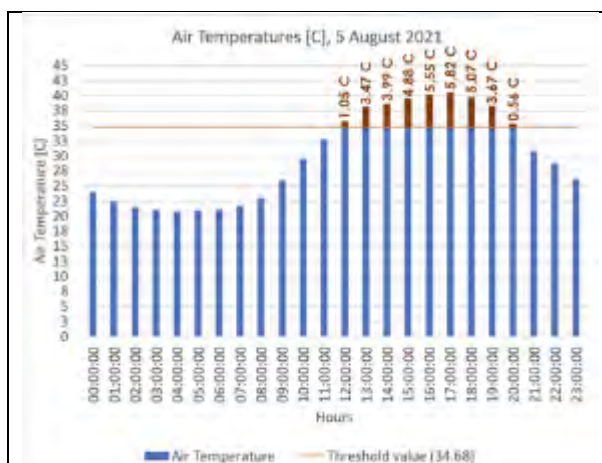


Figura 9 - Grade-ore peste 34,68° C pentru 5 august 2021

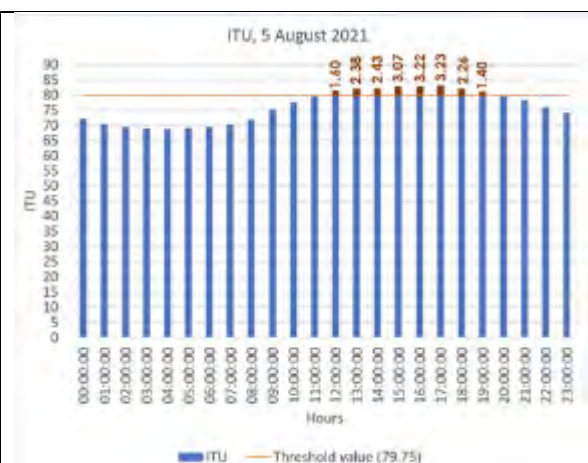


Figura 10 - Unități ITU peste 79,75 pentru 5 august 2021

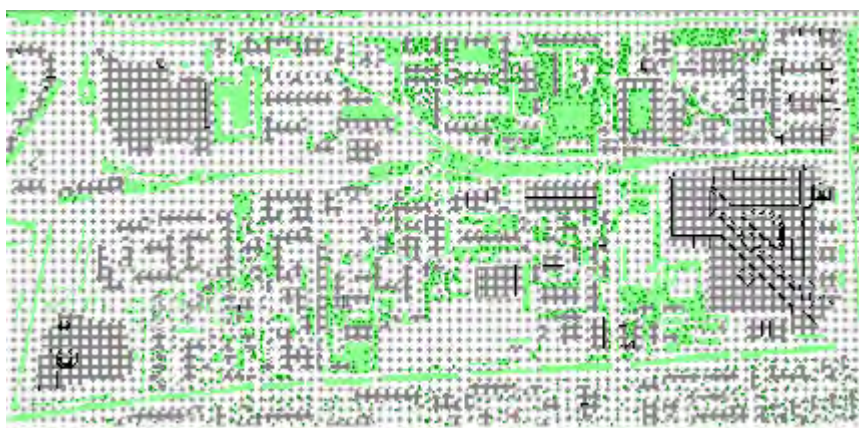


Figura 11 - Modelul 1, Configurație (varianta inițială - aproximare a situației existente)

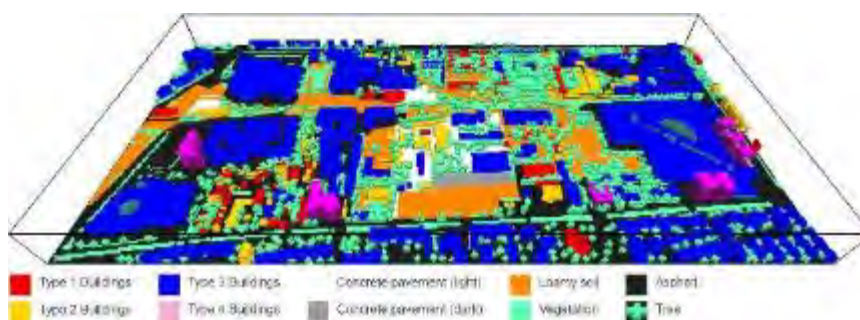


Figura 12 - Modelul 1, 3D (varianta inițială - aproximare a situației existente)

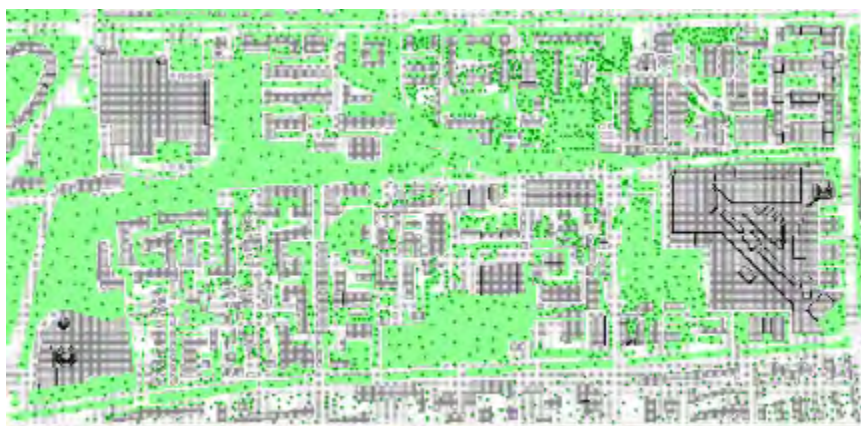


Figura 13 - Modelul 2, configurație (variantă inițială modificată)

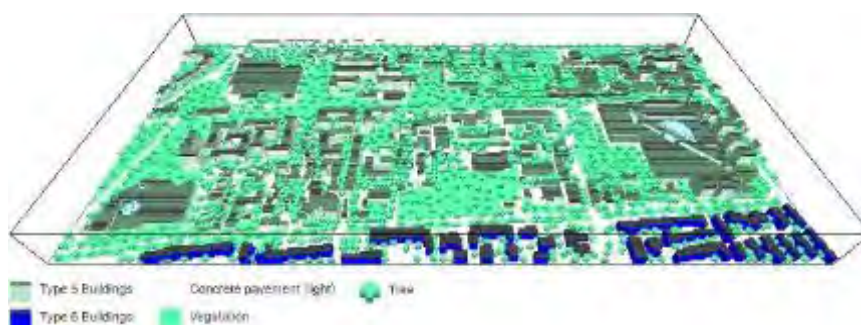


Figura 14 - Modelul 2, 3D (variantă inițială modificată)

În următorul extras din rezultatele simulării, pot fi observate temperaturi ale aerului ușor mai mici în cea de-a doua simulare (model) în comparație cu prima- totuși, în acest exemplu (la această oră și în acest plan de vedere), având în vedere forțarea extremă (vârful sezonului), diferența este doar limitată și poate fi contabilizată mai mult dacă se utilizează un model cu rezoluție mai mare- cu toate acestea, în scenariile cu astfel de forțări, un lucru care este subliniat de asemenea în teză este că, în astfel de cazuri extreme, discuția nu se referă la "confort", ci mai degrabă la limitarea riscurilor grave pentru sănătate- același lucru poate fi concluzionat și atunci când se analizează extrasul PMV.

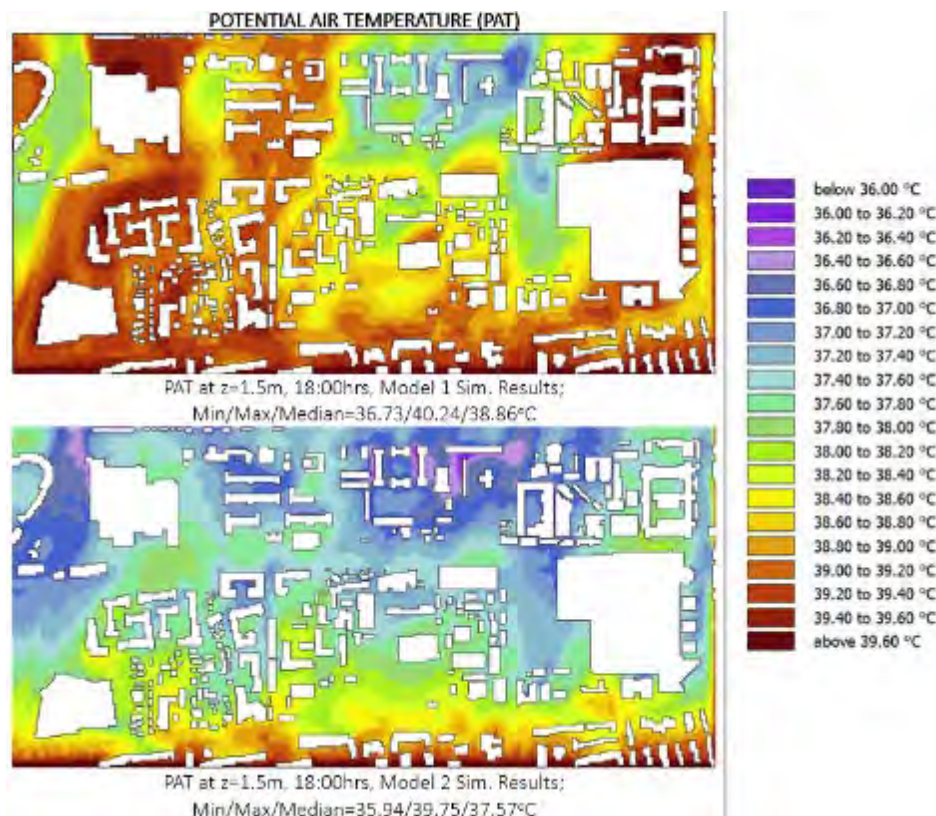


Figura 15 - Rezultate: Schema care arată temperaturile aerului estimate pentru cele două modele diferite, supuse aceleiași forțări meteorologice la un moment dat și într-un anumit plan de vizualizare.

Indicatorul PMV arată modul în care se așteaptă ca o anumită persoană, așa cum este definită în model, să experimenteze mediul termic- valorile trebuie interpretate după cum urmează: -4-> Foarte rece, -3-> Rece, -2-> Rece, -1-> Ușor rece, 0-> Neutru, +1-> Ușor cald, +2-> Cald, +3-> Cald, +4-> Foarte cald.

În această vedere, pot fi observate efectele localizate ale înverzirii. Cu toate acestea, deoarece cel de-al doilea model a introdus suprafețe cu o reflectivitate mai mare, temperatura medie de radiație- MRT a crescut, compensând negativ efectul de răcire al vegetației- teza oferă o discuție mai aprofundată pe această temă.

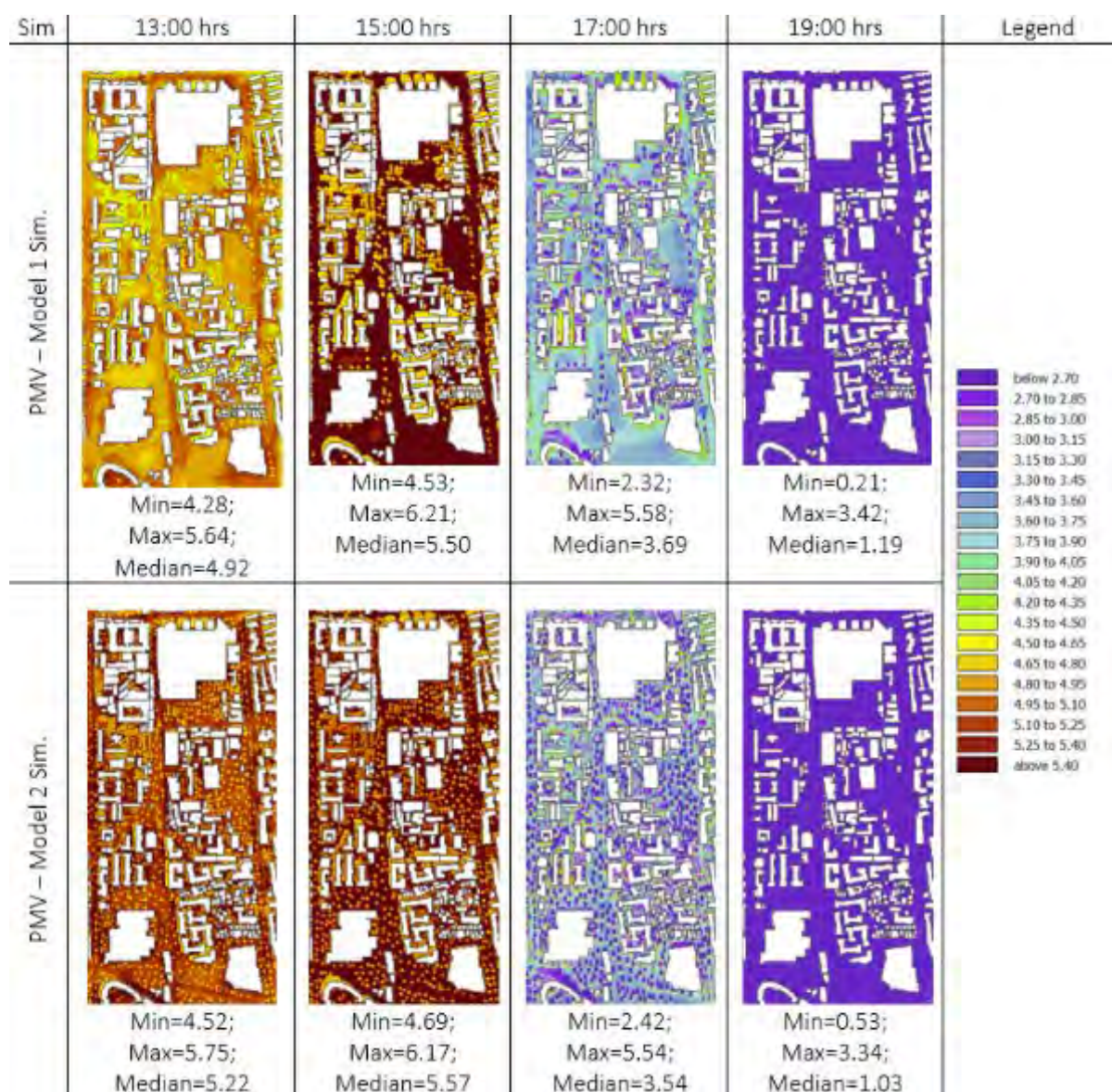


Figura 16 - Rezultate: Schema care prezintă nivelurile estimate privind PMV pentru cele două modele diferite, supuse aceleiași forțare meteorologică (la ore diferite).

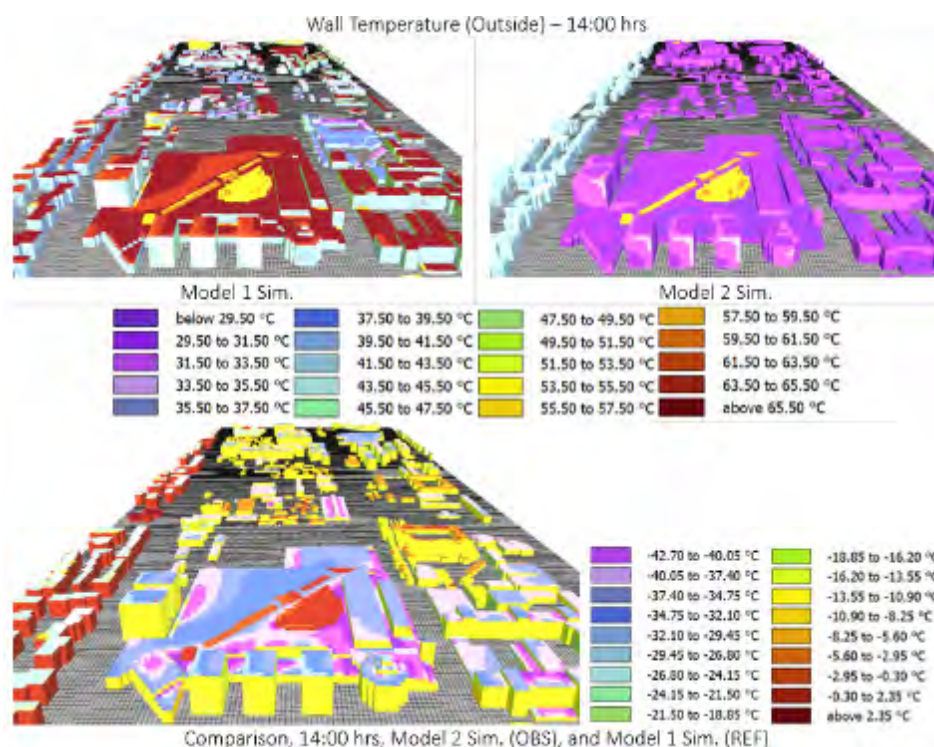


Figura 17 - Rezultate: Temperatura de suprafață a clădirilor pentru două modele diferite (cu o comparație între ele) supuse aceleiași forțare meteorologică la un moment dat, în vizualizare 3D.

În ceea ce privește clădirile, un lucru care poate fi subliniat și arătat în figura de mai sus este faptul că modificările primului model au dus la temperaturi de suprafață diferite (de exemplu, înverzirea aplicată pe clădiri- de exemplu, "magenta" în cel de-al doilea model; sau suprafețe cu reflexivitate ridicată pe acoperișuri- de exemplu, "partea stângă unde acoperișurile nu mai sunt roșii, ci mai degrabă albastru deschis").

V.3 Aplicația II (ENVI-met): Profilul străzilor

Din nou, software-ul ENVI-met este utilizat pentru a analiza modul în care anumite elemente specifice de design urban au un impact asupra mediului termic și a confortului uman de-a lungul unui profil stradal (permisiv) care poate fi întâlnit în multe locuri din orașul București. Prin aplicarea unui set de condiții meteorologice care pot fi considerate caracteristice sezonului cald (însă cu o variație liniară care ar permite un control și o înțelegere mai bună a modului în care se schimbă variabilele), studiul explorează trei configurații pentru același spațiu, inclusiv modificări ale materialelor de suprafață, ale acoperirii vegetale și ale corpurilor de apă. De asemenea, abordează pe scurt și problema poluării auto și inițiază o discuție în acest sens.

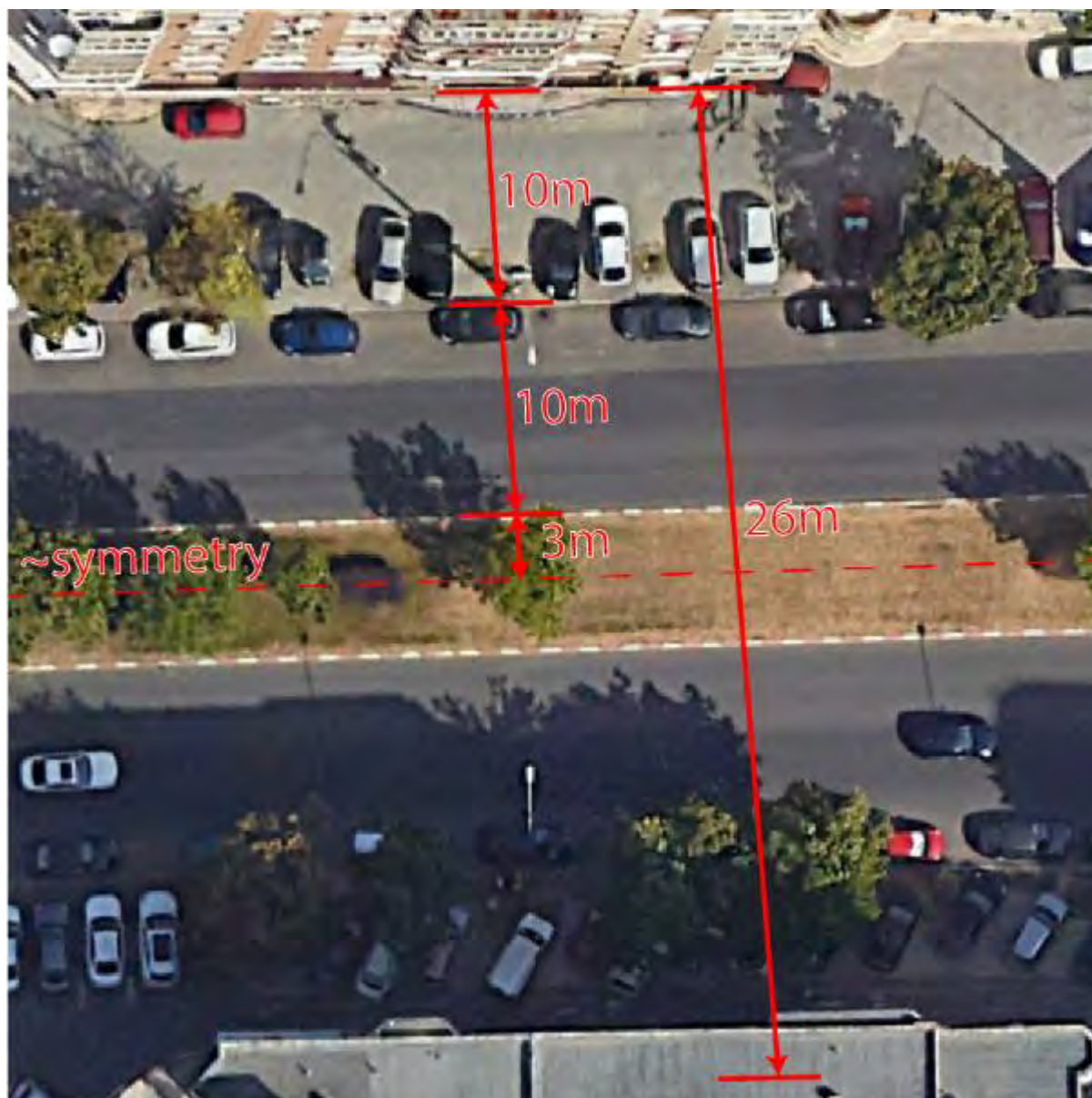


Figura 18 - Profilul străzii luat în considerare la construirea celui de-al doilea model de aplicație (aproximare)

Principalele constatări subliniază rolul semnificativ al amenajării la nivelul străzilor în sensul îmbunătățirii condițiilor microclimatice. Rezultatele evidențiază eficacitatea vegetației dense și a suprafețelor reflectorizante atent amplasate pentru îmbunătățirea confortului exterior. Aplicația exemplifică potențialul intervențiilor de proiectare orientate la nivelul străzii (de exemplu, amplasarea strategică a copacilor și a corpurilor de apă) în crearea unor spații urbane mai răcoroase și mai confortabile în perioadele calde ale anului. În timp ce explorează modul în care fiecare configurație a avut ca rezultat un mediu termic diferit, această parte subliniază importanța critică a încorporării considerentelor micro/climatice în proiectarea urbană la nivel de stradă pentru a promova medii urbane prietenoase cu oamenii.

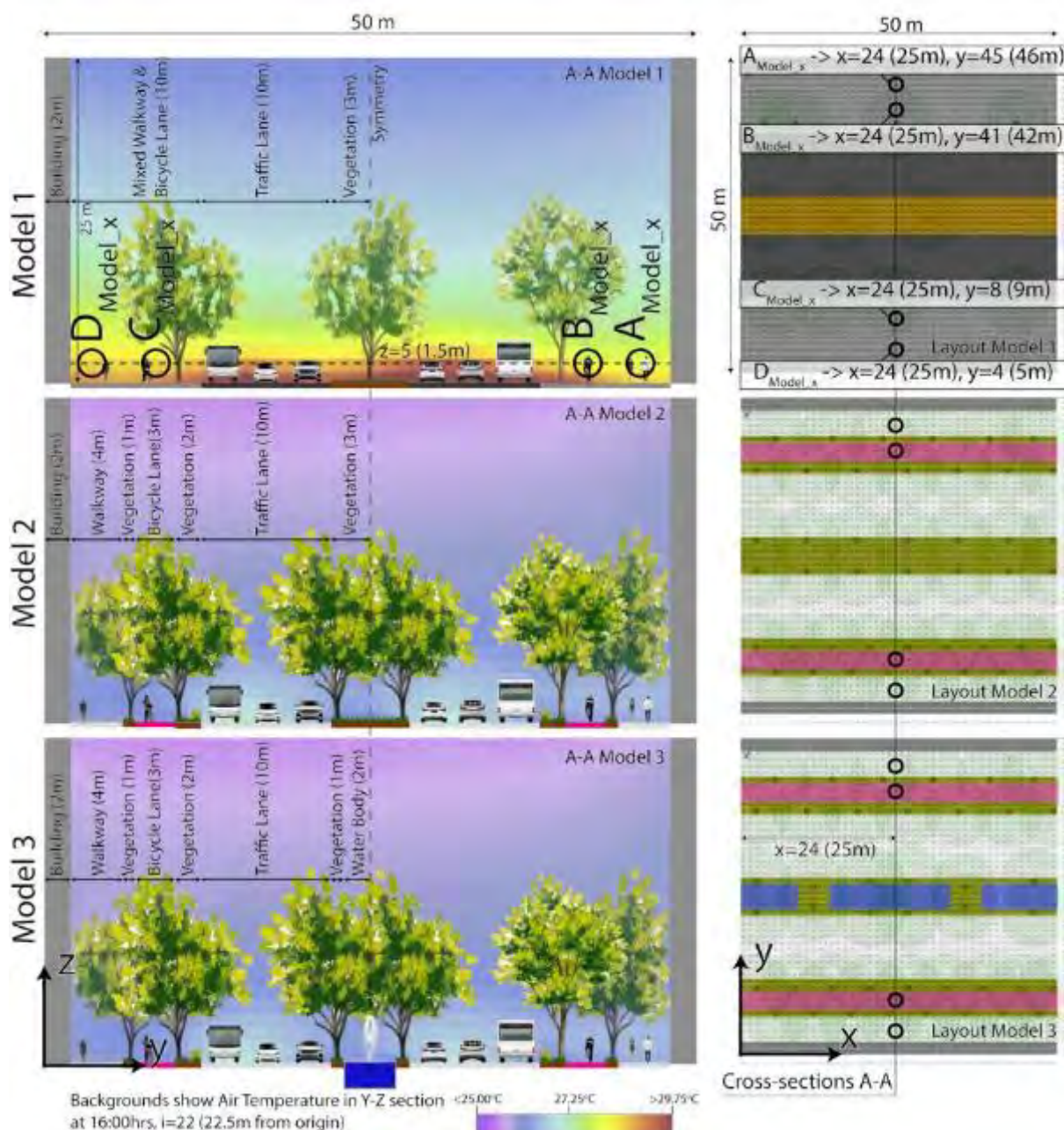


Figura 19 - Secțiuni transversale ale modelelor (stânga) și scheme (dreapta) - Modelul 1: Aproximație a configurației existente, cu mai puțină vegetație și asfalt negru; Modelul 2: Configurație îmbunătățită, cu mai multă vegetație și suprafețe reflectorizante; Modelul 3: Al doilea model ușor modificat -> copaci mutați ușor, corpuri de apă și o fântână adăugate pe zona centrală care separă traficul

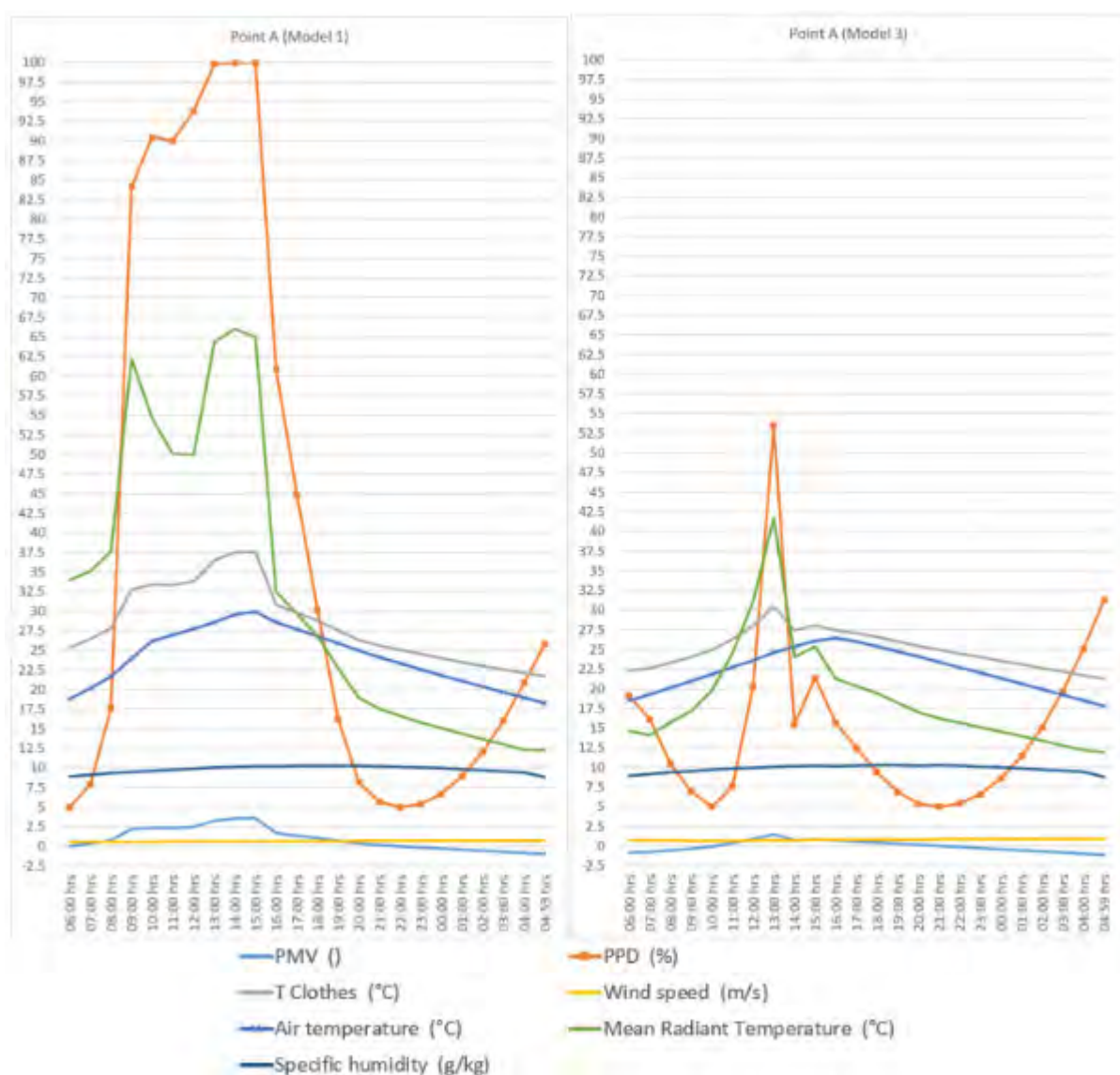


Figura 20 - Comparație între evoluția parametrilor de confort în punctul A (Modelul 1 versus Modelul 3) - se poate observa o scădere considerabilă a Procentului estimat de nemulțumiți (PPD), evidențiind efectul coronamentului de copaci de mare densitate introdus în cel de-al doilea model

VI. Concluzii finale

Teza pledează pentru o abordare interdisciplinară, integrând științele naturii fizice, ale celei vii, dar și aspecte ce țin de dimensiunea socială sau a sistemului de climă planetar pentru a explora în mod cuprinzător impactul mediului construit asupra climatului urban. Aceasta pune accentul pe o dublă abordare "centrată pe om"- "conștientă de climă" atunci când se explorează climatele urbane și în proiectarea urbană în general- adică o abordare care se concentrează atât pe nevoile fiziologice umane de bază pentru confort (de exemplu, confort termic/acustic/vizual), cât și pe dimensiuni ce țin de aspirațiile societății, luând în considerare, în același timp, contextele climatice globale și regionale și alte componente ale ecosistemului urban și a legăturilor/interrelațiilor generale care duc la un climat urban sau la altul.

Astfel, lucrarea începe cu o explorare a situației climatice globale, punând accentul pe eforturile științifice de înțelegere a schimbărilor climatice, pe rolul IPCC și pe impactul dezastrelor naturale asupra mortalității umane. Acest lucru ajută la plasarea lucrurilor în context.

Apoi, se discută dinamica lumii urbane și modul în care elemente precum morfologia/metabolismul urban și activitățile antropice definesc climatele urbane specifice.

În plus, se detaliază modul în care diverse sectoare ce pot fi conștientizate la nivel urban, cum ar fi sectorul energetic, transportul și gestionarea deșeurilor, contribuie la condițiile climatice urbane și sunt afectate de acestea.

Aceste discuții se încheie cu o scurtă referire la instrumentele care pot fi utilizate pentru a evalua climatul urban- de exemplu, cartografierea, teledetecția și simulările numerice, subliniind importanța acestora în studiile climatice urbane.

Ideile referitoare la interrelațiile urbane - care sunt identificate și discutate pe larg în teză - sunt prezentate într-o hartă conceptuală special elaborată pentru a ilustra cele mai importante interconexiuni dintre diferitele elemente care influențează climatul urban. Această schemă poate fi extrem de valoroasă în ceea ce privește sprijinirea oricărei persoane interesate să aibă o imagine de ansamblu/înțelegere cuprinzătoare a acestor sisteme complexe. Două exemple de aplicații prezentate ca studii de caz care utilizează software-ul ENVI-met- un instrument numeric utilizat pe scară largă pentru evaluarea microclimatelor urbane, care a fost supus mai multor studii de validare [390], [394] - arată modul în care schimbările în materie de vegetație și de proprietăți de suprafață pot modifica microclimatele, fie că acestea sunt privite la nivel de cartier sau la nivel stradal. Ambele exemple de aplicații se concentrează pe sezonul cald.

Per ansamblu, ca o sinteză asupra concluziilor generale, pot fi remarcate următoarele idei-cheie:

- Înțelegerea limitărilor software-ului este esențială pentru interpretarea corectă a rezultatelor simulării microclimatului.
- Amplasarea strategică a vegetației poate îmbunătăți în mod semnificativ microclimatele locale, reducând efectele temperaturii de vârf/radiației solare și sporind confortul uman - dar cu anumite limitări în cazul unor valuri de căldură puternice (când nu se mai poate discuta despre "confort", ci mai degrabă despre limitarea "riscurilor grave pentru sănătate" - atât pentru oameni, cât și pentru diferitele componente ale biosferei locale [403]).
- Utilizarea suprafețelor foarte reflectante poate crește temperatura medie de radiație- MRT, ceea ce poate agrava disconfortul în timpul anotimpurilor calde. De aceea astfel de suprafețe trebuie amplasate cu foarte mare grijă.
- Efectuarea de simulări cu setări ale modelului cât mai detaliate posibil și la diferite scări, luând în considerare în același timp fenomenele reale, este esențială pentru evaluarea microclimatelor.
- Corpurile de apă și fântânile arteziene pot juca un rol important, dar, după cum sugerează și diferite studii, eficiența acestor mijloace depinde de curenții de vânt locali și, în mod inerent, de proiectarea și planificarea urbană care ar trebui să ia în considerare astfel de aspecte [426].
- Simulări precum cele date ca exemplu în teză ajută la proiectarea urbană optimă prin evaluarea unor factori precum vegetația și proprietățile suprafețelor asupra microclimatului urban- dar acestea pot fi folosite și în alte direcții (de exemplu, estimarea temperaturilor frunzelor poate fi importantă pentru a evalua riscurile pentru vegetație, iar temperaturile exterioare ale pereților clădirilor ne pot ajuta să estimăm mai bine necesarul de energie).

VI. Referințe

selecție

- [3] D. De Fontaine, *Principles of classical thermodynamics: applied to materials science*. Singapore ; Hackensack, NJ: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2019.
- [24] G. K. Vallis, 'Geophysical fluid dynamics: whence, whither and why?', *Proc. R. Soc. A.*, vol. 472, no. 2192, p. 20160140, Aug. 2016, doi: 10.1098/rspa.2016.0140.
- [38] 'The Essential Fluid Dynamics Equations', cadence. [Online]. Available: <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2021-the-essential-fluid-dynamics-equations>
- [42] D. J. Tritton, *Physical fluid dynamics*, Reprint. in The modern university physics series. New York: Van Nostrand Reinhold, 1980.
- [47] 'Navier-Stokes Equations 3 - dimensional - unsteady', National Aeronautics and Space Administration (NASA). [Online]. Available: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/nseqs.html>
- [58] V. Kumaran, 'Fundamentals of Rheology', in *Rheology of Complex Fluids*, J. M. Krishnan, A. P. Deshpande, and P. B. S. Kumar, Eds., New York, NY: Springer New York, 2010, pp. 35–65. doi: 10.1007/978-1-4419-6494-6_2.
- [75] G. Müller and M. Möser, Eds., *Handbook of engineering acoustics*, 1. English ed. Berlin Heidelberg: Springer, 2013.
- [78] J. Kang, *Urban sound environment*. London ; New York: Taylor & Francis, 2007.
- [198] A. P. Cracknell and K. Barótsos, *Understanding global climate change: modelling the climatic system and human impacts*, Second edition. Boca Raton London New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2022.
- [208] Intergovernmental Panel On Climate Change, *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1st ed. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009157896.
- [235] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), Ed., *Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1st ed. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009157926.
- [276] 'UNESCO (via World Bank) – processed by Our World in Data. "Literacy rate, adult total (% of people ages 15 and above)" [dataset]. UNESCO (via World Bank) [original data]. EM-DAT, CRED / UCLouvain, Brussels, Belgium - www.emdat.be (2023). <https://ourworldindata.org/natural-disasters#natural-disasters-data-explorer>'.
- [277] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1st ed. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [283] T. R. Oke, G. Mills, A. Christen, and J. A. Voogt, *Urban Climates*, 1st ed. Cambridge University Press, 2017. doi: 10.1017/9781139016476.
- [296] N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, and A. Bonn, Eds., *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: linkages between science, policy and practice*. in Theory and practice of urban sustainability transitions. Cham: Springer Open, 2017.

- [300] 'Fact Sheet | Nature as Resilient Infrastructure – An Overview of Nature-Based Solutions', Environmental and Energy Study Institute. [Online]. Available: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-nature-as-resilient-infrastructure-an-overview-of-nature-based-solutions>
- [301] S. Joshi, 'The sick building syndrome', *Indian J Occup Environ Med*, vol. 12, no. 2, p. 61, 2008, doi: 10.4103/0019-5278.43262.
- [302] A.-L. Popescu, 'General design considerations for applying thermal insulation layers underneath foundations of buildings placed within the main seismic regions of Romania', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 664, no. 1, p. 012090, May 2021, doi: 10.1088/1755-1315/664/1/012090.
- [308] U. Krämer, T. Koch, U. Ranft, J. Ring, and H. Behrendt, 'Traffic-Related Air Pollution Is Associated with Atopy in Children Living in Urban Areas', *Epidemiology*, vol. 11, no. 1, pp. 64–70, Jan. 2000, doi: 10.1097/00001648-200001000-00014.
- [312] N. Sobrino and A. Monzon, 'Management of Urban Mobility to Control Climate Change in Cities in Spain', *Transportation Research Record*, vol. 2375, no. 1, pp. 55–61, Jan. 2013, doi: 10.3141/2375-07.
- [313] A. Berleant and A. Carlson, *The aesthetics of human environments*. Peterborough (Ont.): Broadview press, 2007.
- [341] S. Maji, S. Ghosh, and S. Ahmed, 'Association of air quality with respiratory and cardiovascular morbidity rate in Delhi, India', *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 28, no. 5, pp. 471–490, Sep. 2018, doi: 10.1080/09603123.2018.1487045.
- [373] R. S. Ulrich, 'Visual landscapes and psychological well-being', *Landscape Research*, vol. 4, no. 1, pp. 17–23, Mar. 1979, doi: 10.1080/01426397908705892.
- s[390] R. A. Elraouf, A. ELMokadem, N. Megahed, O. A. Eleinen, and S. Eltarabily, 'Evaluating urban outdoor thermal comfort: a validation of ENVI-met simulation through field measurement', *Journal of Building Performance Simulation*, vol. 15, no. 2, pp. 268–286, Mar. 2022, doi: 10.1080/19401493.2022.2046165.
- [394] O. Aleksandrowicz, T. Saroglou, and D. Pearlmutter, 'Evaluation of summer mean radiant temperature simulation in ENVI-met in a hot Mediterranean climate', *Building and Environment*, vol. 245, p. 110881, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110881.
- [403] M. B. Vicari, J. Pisek, and M. Disney, 'New estimates of leaf angle distribution from terrestrial LiDAR: Comparison with measured and modelled estimates from nine broadleaf tree species', *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 264, pp. 322–333, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.agrformet.2018.10.021.
- [426] K.-M. Wai, L. Xiao, and T. Z. Tan, 'Improvement of the Outdoor Thermal Comfort by Water Spraying in a High-Density Urban Environment under the Influence of a Future (2050) Climate', *Sustainability*, vol. 13, no. 14, p. 7811, Jul. 2021, doi: 10.3390/su13147811.