

**Metode experimentale pentru evaluarea serviciilor ecosistemice ale
lacurilor urbane în contextul schimbărilor climatice globale
(EMERSA)**



Raport științific – etapă intermediară

Etapa 2 – Simularea dinamicii furnizării de servicii ecosistemice de către lacurile din mediile urbane în contextul promovării principiilor Smart Cities



Cuprins

Rezumat.....	3
Activitatea 2.1 – Modelarea rolului lacurilor urbane în furnizarea de servicii de epurare a apelor.....	3
Activitatea 2.2 – Model multicriterial integrator de evaluare a serviciilor ecosistemice furnizate de lacurile urbane	5
Activitatea 2.3 – Identificarea componentelor cheie pentru menținerea / ameliorarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în contextul schimbărilor climatice	9
Activitatea 2.4 – Simularea modificărilor în furnizarea de servicii ecosistemice în diferite scenarii de modificare a parametrilor climatici	11
Activitatea 2.5 – Simularea modificărilor în furnizarea de servicii ecosistemice generate de lacurile din mediile urbane în diferite scenarii de modificare în utilizarea terenului.....	12
Activitatea 2.6 – Identificarea mecanismelor de adaptare a orașelor la schimbările climatice prin utilizarea infrastructurilor albastre și promovarea principiilor Smart Cities	16
Activitatea 2.7 – Diseminarea rezultatelor	17
Bibliografie selectivă.....	18



Rezumat

Lacurile urbane reprezintă o componentă a mediilor urbane, a căror dinamică depinde semnificativ de modul în care evoluează/se manifestă diferiți factori de influență. Factorii climatici, modul de utilizare a terenurilor și managementul apei se constituie în factori critici, care influențează semnificativ capacitatea acestor sisteme de a genera servicii ecosistemice. Astfel, dată fiind complexitatea relațiilor dintre componente și interdependența puternică cu condițiile specifice de mediu, lacurile urbane reprezintă ecosisteme puternic individualizate și din acest motiv greu de analizat prin modele de tip universal. Fiecare sistem lacustru se conturează într-un context unic, rezultând astfel proprietăți și caracteristici unice. Din această perspectivă, determinarea beneficiilor specifice fiecărui lac trebuie să se realizeze printr-un cadru metodologic, instrumente și indicatori adaptați și adecvați. În mediul urban, mult mai dinamic, metodele de evaluare trebuie actualizate chiar la nivelul aceluiași corp de apă, date fiind modificările ce intervin permanent în modul de utilizare a terenurilor.

În această etapă, rezultatele obținute din sistemele de monitorizare a indicatorilor climatici, de calitate a aerului și apei, precum și din ancheta socială, au fost *modelate* pentru evaluarea capacității lacurilor selectate drept studii de caz (Lacul Morii, Lacul Herăstrău, Lacul Târgu Jiu și Lacul Porțile de Fier I) de a furniza diferite categorii de servicii ecosistemice. Pe baza acestor modele și considerând diferite scenarii climatice și de schimbare a modului de utilizare a terenurilor s-a simulat modul de evoluție a serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane, evidențiindu-se vulnerabilitățile existente și modalitățile de adaptare necesar a fi integrate în politica de gestionare a mediilor urbane.

Au fost îndeplinite toate obiectivele prevăzute pentru această etapă, inclusiv cele legate de diseminare.

Activitatea 2.1 – Modelarea rolului lacurilor urbane în furnizarea de servicii de epurare a apelor

Lacurile urbane sunt apreciate în primul rând pentru valorile lor recreaționale și estetice, însă asigură toată gama de beneficii specifice ecosistemelor lacustre, inclusiv servicii de epurare. Lacurile evaluate în acest studiu au fost amenajate pentru a regulariza regimul de scurgere al râurilor, protejând astfel zonele construite și infrastructurile din orașe. Alte funcțiuni nu au fost luate semnificativ în considerare în momentul creării lacurilor, nu au fost incluse în design decât în mod rudimentar și nu au o eficiență maximă.

Cercetarea a pornit de la ipoteza că în interiorul unui lac urban, amenajat pe cursul unui râu, au loc o serie de procese de autoepurare care conduc la îmbunătățirea calității apei în aval de acesta. Practic, lacul contribuie la retenția unor poluanți care sunt aduși din amonte de către cursul de apă.

Capacitatea de epurare a lacurilor urbane depinde de volumul de apă înmagazinat, caracteristicile malurilor și ale cuvetei lacustre (permeabilitate, compoziție litologică sau materialele din care au fost construite, gradul de acoperire cu vegetație și tipul acesteia, etc), dar și de tipul de substanțe introduse în funcție de modul de utilizare a terenurilor și sursele de degradare a calității apei.

Rolul lacurilor urbane în furnizarea de servicii de epurare a apelor a fost modelat pe baza evaluării unor indicatori fizici, chimici și biologici reprezentativi, precum nutrienții, detergenții, pesticidele, indicatorii de oxigen, indicatorii de mineralizare și indicatorii biologici și bacteriologici.

De exemplu, în cazul dinamicii amoniului în Lacul Morii în perioada mai-octombrie 2017 se observă o varietate de situații, care evidențiază rolul managementului apei la baraj și al surselor difuze de poluare în dimensionarea serviciului de epurare a apelor (Figura 1).

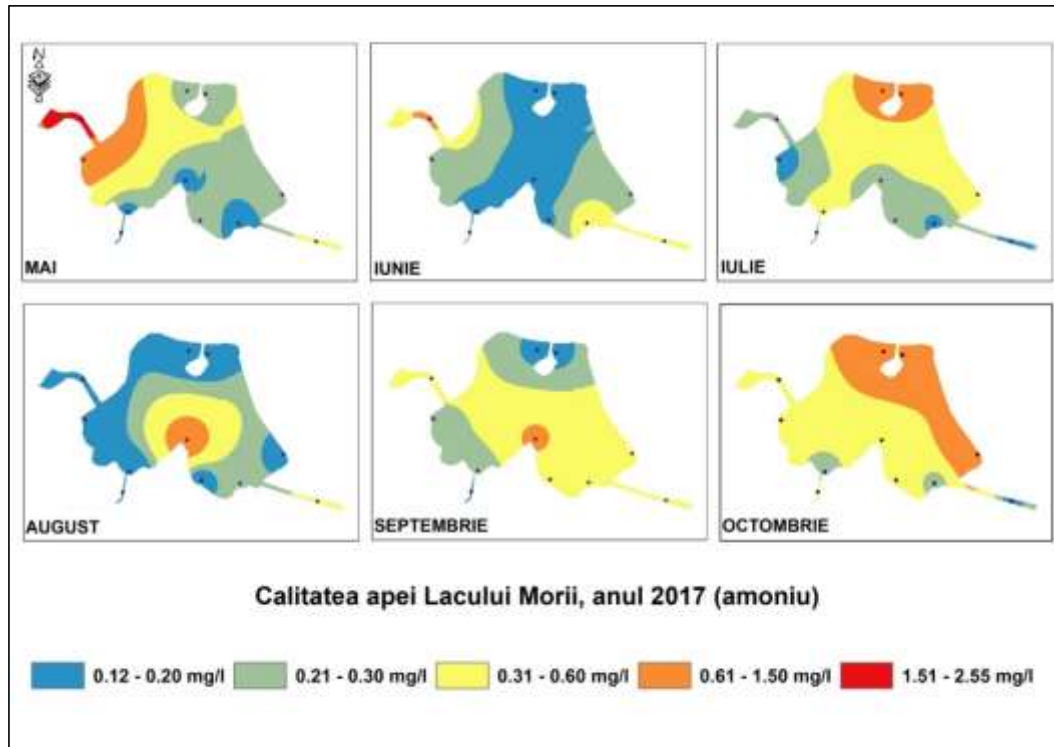


Figura 1 – Modelarea serviciilor de epurare a apei la indicatorul amoniu corespunzătoare Lacului Morii

Aceiași dinamică se observă în cazul fosforului total și fosfaților (Figura 2), care provine dominant din scurgerile de pe terenuri agricole, din eroziune și din atmosferă.

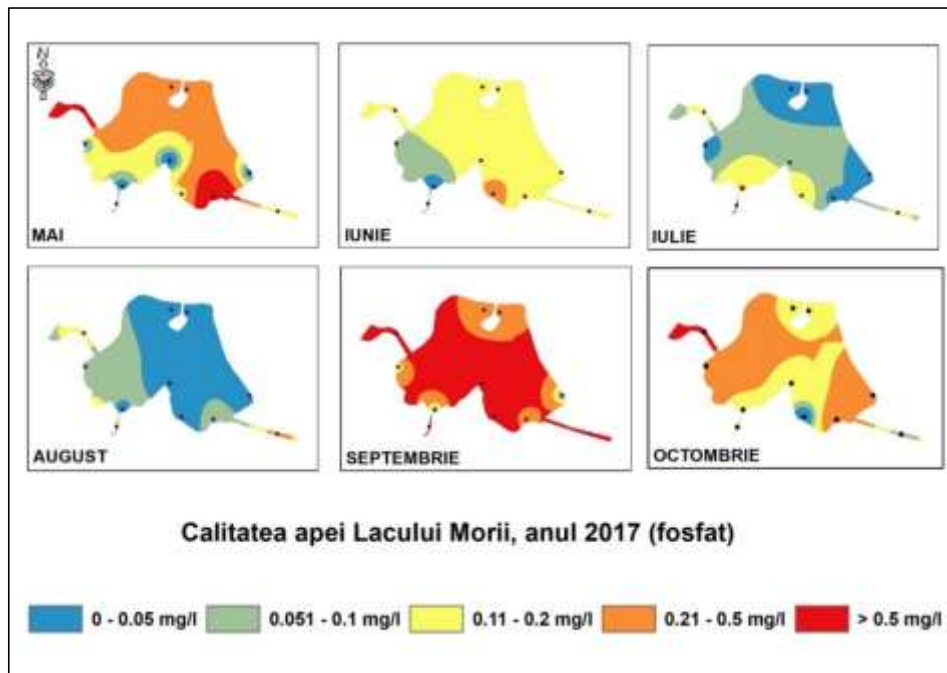


Figura 2 - Modelarea serviciilor de epurare a apei la indicatorul fosfați corespunzătoare Lacului Morii

Astfel, prin modelarea indicatorilor de calitate a apei pentru toate lacurile considerate ca studii de caz se poate evidenția dimensiunea serviciului de epurare a apelor, dar și factorii care îl pot diminua semnificativ. Stocarea îndelungată a apei în lacurile de acumulare, deversările difuze din zonele de mal (surse agricole și menajere), valurile de căldură sunt printre cele mai importante forme de diminuare a serviciului de epurare a apei, întâlnit la nivelul lacurilor urbane.

Activitatea 2.2 – Model multicriterial integrator de evaluare a serviciilor ecosistemice furnizate de lacurile urbane

Pentru a realiza un model multicriterial integrator de evaluare a serviciilor ecosistemice furnizate de lacurile urbane, acestea au fost identificate pe baza cercetării extensive a literaturii de specialitate. Ulterior ele au fost integrate într-o evaluare de tip expert opinion adresată cercetătorilor la nivel național și internațional cu expertiză în domeniul suprafețelor acvatice urbane și le-au fost atașati indicatori mențiți să faciliteze cuantificarea lor.

În cadrul expert opinion, experților li s-a cerut să ierarhizeze principalele categorii de servicii ecosistemice asociate lacurilor urbane (servicii de aprovizionare, servicii de reglare și servicii culturale (împărțite în servicii de recreere pasivă, servicii de recreere activă și alte servicii culturale), iar apoi în cadrul fiecărei categorii să ierarhizeze principalele servicii ecosistemice identificate conform literaturii de specialitate.

Conform rezultatelor expert opinion, completat de 87 de experți, majoritatea internaționali, cele mai importante servicii furnizate de lacurile urbane sunt cele legate de recreere pasivă (greutate criteriu - 0.28), urmat îndeaproape de recreere activă (0.25) și reglare



(0.25). Serviciile de aprovizionare (0.11) și celelalte servicii culturale sunt considerate mai puțin importante.

Experții au considerat asigurarea habitatului pentru speciile de animale și plante acvatice drept cel mai important serviciu de aprovizionare, cu o pondere mai mare de jumătate din totalul importanței acestei categorii de servicii ecosistemice (Tabelul 1).

Tabelul 1 – Ierarhizarea serviciilor de aprovizionare furnizate de lacurile urbane

Nr.	Criteriu	Indicator	Greutate
1	Furnizare de apă pentru irigarea terenurilor agricole, spațiilor verzi sau spălarea spațiilor publice	Cantitatea de apă folosită pentru irigarea terenurilor agricole, spațiilor verzi sau spălarea spațiilor publice	0.2086
2	Producerea de energie electrică	Cantitatea de energie electrică produsă pe an	0.0791
3	Extragerea de nisipuri și pietrisuri	Cantitatea de nisipuri și pietrișuri extrase anual	0.0072
4	Recoltarea vegetației acvatice (de ex., stuf)	Cantitatea de vegetație acvatică recoltată pentru scopuri comerciale sau pentru procesare pe categorii de vegetație, pe an	0.0863
5	Pescuit pentru hrană	Cantitatea de pește extrasă anual pentru hrană	0.1079
6	Habitat pentru animale și plante acvatice	Număr de habitate acvatice în stare bună de conservare Număr de specii de animale și plante existente	0.5108

În ceea ce privește serviciile de reglare, moderarea climatului a fost considerat ca având cea mai mare importanță (Tabelul 2), fiind un serviciu ușor de perceput și cu manifestare constantă în proximitatea lacurilor urbane. Reducerea poluării aerului, care este un fenomen profund dependent de activitatea surselor de poluare din proximitate, de momentul zilei și condițiile meteo precum temperatura, umiditatea și mai ales direcția și viteza vântului, și care nu are o manifestare continuă din punct de vedere spațial și temporal a primit o importanță mult mai mică.

Tabelul 2 – Ierarhizarea serviciilor de reglare furnizate de lacurile urbane

Nr.	Criteriu	Indicator	Greutate
1	Reducerea poluării aerului	Diferența înregistrată în concentrația unor poluanți din aer cum ar fi particulele în suspensie, CO ₂ etc în proximitatea lacului și la anumite distanțe față de acesta	0.1277
2	Moderarea climatului (crearea unui microclimat mai plăcut, umidificarea aerului)	Diferența în grade înregistrată față de zonele din proximitate; Distanța până la care se resimte influența lacului asupra microclimatului; Diferența de umiditate a aerului între zona lacului și puncte situate la anumite distanțe față de el	0.2606
3	Protecția împotriva inundațiilor	Volumul de apă ce poate fi preluat în cazul viiturilor	0.1968
4	Asigurarea scurgerii apei din precipitații	Cantitatea de apă din precipitații preluată de lac din zona de influență	0.1968
5	Îmbunătățirea calității apelor	Diferența înregistrată la anumiți indicatori de calitate a apei în punctele de intrare și ieșire din lac (în cazul lacurilor situate pe cursuri de apă) sau comparativ în puncte situate la mal și în centrul lacului	0.1277
6	Reducerea nivelului de zgomot la nivel urban	Diferența în dB(A) înregistrată între zona din proximitatea lacului, mal și puncte situate pe suprafața lacului	0.0904

Serviciile culturale de recreere pasivă sunt specifice grupurilor de persoane cu dificultăți de deplasare cum sunt vârstnicii și persoanele cu dizabilități, dar pot fi utilizate de orice

persoană. Pentru cuantificarea numărului de persoane care consideră spațiul zona de evadare din rutina zilnică sau factor de ameliorare a sănătății psihice sau pentru a diferenția între persoanele care admiră peisajul și cele care observă natura este necesară interacțiunea cu acestea (Tabelul 3).

Tabelul 3 – Ierarhizarea serviciilor culturale pasive furnizate de lacurile urbane

Nr.	Criteriu	Indicator	Greutate
1	Desfășurarea de activități creative (poezie, pictură, fotografie)	Numărul mediu de persoane care desfășoară activități creative (fotografie, pictură) în zona din proximitatea lacului zilnic	0.1325
2	Admirarea peisajului	Numărul de persoane care admiră peisajul în zona din proximitatea lacului zilnic	0.1861
3	Observarea unor plante și/sau animale	Numărul de persoane care observă natura în zona din proximitatea parcului zilnic	0.1546
4	Picnic	Numărul mediu de picnicuri / de persoane care participă la picnicuri în zona din proximitatea lacului zilnic	0.1262
5	Spațiu de evadare din rutina zilnică	Numărul de persoane care consideră că în acest spațiu evadează din rutina zilnică (zilnic)	0.1924
6	Ameliorarea sănătății psihice	Numărul de persoane care consideră că activitățile desfășurate în proximitatea lacului le ajută la ameliorarea sănătății psihice	0.2082

Din categoria serviciilor culturale de recreere activă s-au evidențiat plimbarea (0.2907) și socializarea (0.2423) (Tabelul 4), adică activitățile accesibile cu mici excepții întregii populații urbane. Celelalte servicii ecosistemice care pot presupune plata unor taxe (practicarea sporturilor acvatice sau participarea la evenimente organizate) sau existența unei pasiuni (scăldatul, pescuitul sportiv) prezintă o importanță mai redusă.

Tabelul 4 – Ierarhizarea serviciilor culturale active furnizate de lacurile urbane

Nr.	Criteriu	Indicator	Greutate
1	Plimbare	Numărul mediu de persoane care se plimbă în zona din proximitatea lacului zilnic	0.2907
2	Practicarea diferitelor sporturi acvatice	Numărul mediu de persoane care realizează sporturi acvatice zilnic; Numărul de sporturi acvatice ce pot fi practicate	0.1410
3	Scăldatul	Numărul mediu de persoane care se scaldă în lac zilnic	0.0925
4	Practicarea pescuitului sportiv	Numărul mediu de persoane angajate în activitatea de pescuit sportiv zilnic	0.0881
5	Socializare	Numărul mediu de persoane angajate în activități de socializare în zona din proximitatea lacului zilnic	0.2423
6	Participarea la evenimente organizate	Numărul mediu de persoane participante la evenimente organizate în zona din proximitatea lacului anual; Numărul de evenimente organizate pe an	0.1454

Modelul multicriterial integrator s-a realizat cuantificând fiecare indicator asociat serviciilor ecosistemice identificate și raportându-l la valoarea maximă înregistrată (ca procent din total sau procent din numărul maxim de persoane ce realizează activitatea respectivă pentru unul dintre lacurile urbane integrate în analiză) pentru a-l normaliza și a-l face comparabil. Ulterior valorile normalizate pentru fiecare criteriu s-au înmulțit cu greutatea corespunzătoare și s-au adunat pentru a obține scorul final pentru fiecare categorie de servicii ecosistemice.

Aceste scoruri pot fi folosite pentru a compara serviciile ecosistemice furnizate de lacuri pe categorii. Ulterior scorurile finale pe categorii de servicii ecosistemice pot fi normalizate, înmulțite cu greutatea acordată fiecărei categorii de servicii (reglare, aprovizionare, recreere activă, recreere pasivă, alte servicii culturale) și apoi adunate pentru a se obține scorul final caracteristic nivelului de servicii ecosistemice furnizate de lacurile urbane.

Tabelul 5 – Ierarhizarea deserviciilor asociate lacurilor urbane

Nr.	Criteriu	Indicator	Greutate
1	Dezvoltarea excesivă a vegetației acvatică	Suprafață / procentul din suprafața lacului afectat(ă) de eutrofizare	0.0831
2	Creșterea riscului de inundație	Numărul de inundații produse în zona lacului comparativ cu alte zone din oraș / numărul de inundații produs după realizarea lacului (în cazul lacurilor artificiale) comparativ cu o perioadă similară de timp dinaintea construcției acestuia	0.0438
3	Apariția unor animale nedorite	Numărul de specii ubicvise sau invazive apărute în zonă	0.0438
4	Apariția țânțarilor	Existența țânțarilor în zona din proximitatea lacului	0.1131
5	Mirosuri neplăcute	Suprafața (procentual) din proximitatea lacului afectată de mirosuri neplăcute	0.0623
6	Apa poluată	Numărul de indicatori de calitatea apei pentru care sunt depășite concentrațiile maxime admise	0.1478
7	Umezeala ridicată a aerului		0.0138
8	Vânt mai puternic, în special iarna	Diferența dintre viteza medie a vântului în proximitatea lacului și viteza medie a vântului în zonele construite	0.0069
9	Substratul supraumectat în zonele de mal	Umiditatea solului	0.0138
10	Infiltrări de apă în subsolul blocurilor	Numărul de blocuri din proximitatea lacului afectate de infiltrații în subsol	0.0392
11	Atrage depozitarea necontrolată a deșeurilor	Numărul de depozite necontrolate de deșeuri / Suprafață afectată de depozitarea necontrolată a deșeurilor	0.1293
12	Insecuritate datorată izolării zonei	Numărul de infracțiuni și contravenții identificate în zona din proximitatea lacului	0.03
13	Apariția unor grupuri de persoane care pun probleme	Numărul de persoane care crează probleme (consumatori de alcool, droguri)	0.0762
14	Favorizează apariția de locuințe improvizate și oameni ai străzii	Numărul de locuințe improvizate / Numărul de oameni ai străzii	0.0461
15	Risc de îmbolnăvire	Numărul de îmbolnăviri	0.0392
16	Risc de înec	Numărul de persoane înecate pe an	0.0461
17	Crearea unei discontinuități la nivel urban	Grad de fragmentare prin suprafețe industriale	0.0254
18	Conturarea unei zone periculoase ori cu potențial redus de a se integra în peisajul urban	Număr de infracțiuni per suprafață	0.0392

În modelul multicriterial s-a integrat și un modul de cuantificare a deserviciilor pe care acestea le generează. După un model similar celui aplicat serviciilor ecosistemice au fost identificate principalele deservicii generate de lacurile urbane și au fost prezentate experților pentru identificarea celor mai importante. S-a realizat un model multicriterial similar pentru a genera imaginea completă a aspectelor pozitive și negative generate de un lac urban.



Conform analizei experților (Tabelul 5) apa poluată, apariția depozitelor necontrolate de deșuri și apariția țânțarilor sunt cele mai importante deservicii pe care le generează un lac urban. Cele mai importante două, ca și altele din lista prezentată pot fi minimizate printr-o gestionare corectă a spațiului din proximitatea lacului, prin implementarea de sancțiuni și prin realizarea de activități de educare a populației.

Activitatea 2.3 – Identificarea componentelor cheie pentru menținerea / ameliorarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în contextul schimbărilor climatice

În scopul identificării componentelor cheie pentru menținerea și ameliorarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în contextul schimbărilor climatice s-a realizat o meta-analiză a articolelor existente în bazele de date internaționale (Borenstein et al., 2009; Seto et al., 2011) pentru a evidenția cele mai importante servicii furnizate de ecosistemele acvatice urbane.

Referitor la **metodele utilizate** de cercetători pentru analiza ecosistemelor acvatice, cele mai frecvente sunt cele cantitative prin utilizarea metodelor statistice, GIS sau teledectie și cercetările în teren. Metodele statistice sunt utilizate predominant pentru analizele multi-aniuale sau pentru a identifica factori determinanți ai modificărilor chimice și fizice ca urmare a poluării sau schimbărilor climatice (Ballesteros et al., 2014; Jeppesen et al., 2011; Xu et al., 2016).

În baza cuvintelor cheie inventariate din articolele analizate, s-a realizat o analiză de tip *social network* (Dotsika and Watkins, 2017; Schodl et al., 2017) pentru a identifica tipare și tendințe ale utilizării lor în literatura de specialitate, care vizează ecosistemele acvatice în contextul schimbărilor climatice. S-au utilizat cuvintele cheie din 54 de articole științifice (întrucât acestea prezentau cuvinte cheie), care ulterior au fost unificate și s-au obținut 195 cuvinte cheie unice.

Rezultatele analizei rețelei sociale scot în evidență cele mai utilizate cuvinte cheie în cadrul articolelor științifice: climate change (68), urban hydrology and hydrogeology (39), water resources (33) land use change (33) și ecosystem services (30). Acestea sunt conectate cu un număr ridicat dintre cuvintele cheie analizate, au o importanță ridicată în analiza ecosistemelor urbane și evidențiază direcții sau abordări similare de cercetare. Situația este similară și în cazul rezultatelor obținute pentru *betweenness centrality*: climate change (7626.24), ecosystem services (2510.86), urban hydrology and hydrogeology (1875.37), land use change (1738.54) și, diferit față de *degree centrality*, urban lakes (1299.63). Aceste cuvinte cheie sunt acele cuvinte care joacă rol de facilitator pentru cuvintele care în mod normal ar fi deconectate sau foarte puțin conectate în cadrul rețelei. Referitor la cele mai influente cuvinte și noduri în cadrul întregii rețele, cu cele mai multe legături cu alte noduri, se remarcă climate change (0.271), urban hydrology and hydrogeology (0.228), water resources (0.223) land use change (0.224) și nutrient loadings (0.225) (Figura 3).

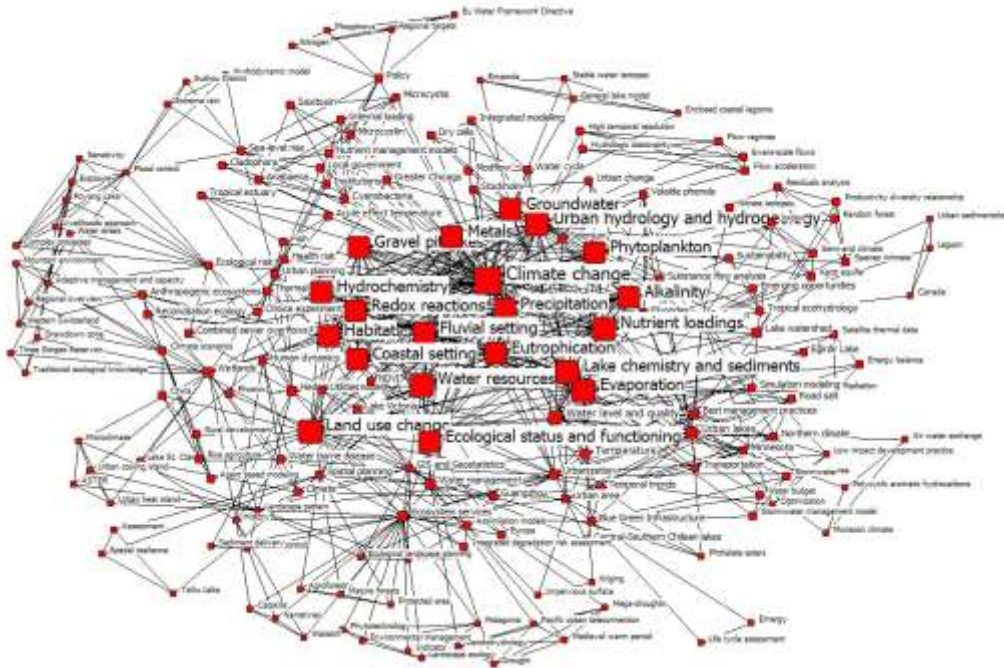


Figura 3 - Distribuția rețelei sociale după valoarea indicatorului Eigenvector centrality (după eliminarea cuvintelor cheie izolate)

Importanța sistemelor urbane ecologice (lacuri, râuri, infrastructuri verzi) și implicit a ecosistemelor acvatice în furnizarea serviciilor ecosistemice climatice este majoră în contextul problemelor cu care se confruntă societățile urbane.

Componentele cheie în menținerea sau ameliorarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în contextul schimbărilor climatice se referă la (Bates et al., 2008; Palmer et al., 2008; Williamson et al., 2009):

- o capacitate de stocare ridicată a lacurilor, pentru a acționa împotriva inundațiilor;
- prezența, în proximitatea lacurilor urbane, a rezervoarelor de urgență pentru minimizarea inundațiilor;
- lipsa poluanților proveniți din activitățile menajere, industriale sau provenite din agricultură;
- maluri naturale care au o capacitate mai mare de a prelua excesul de apă provenit din precipitații abundente;
- păstrarea substratului natural al lacurilor pentru a maximiza procesul de stocare al carbonului.

În Raportul extins s-a realizat o analiză detaliată a acestor componente cheie în menținerea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în contextual schimbărilor climatice globale.

Activitatea 2.4 – Simularea modificărilor în furnizarea de servicii ecosistemice în diferite scenarii de modificare a parametrilor climatici

Toate scenariile actuale de schimbări climatice estimează o creștere a temperaturii aerului în partea sudică a României cu 1.0 – 1.5°C în perioada 2021 – 2050 față de media 1991 – 2020 (Cheval et al 2017). De altfel, temperatura aerului a înregistrat o tendință crescătoare în ultimele decenii, ușor mai accentuată în arealele urbane decât în cele rurale (Figura 4). Încălzirea regională dominantă poate avea intensități diferite în arealele urbane față de cele rurale din cauza modificărilor suprafeței active din ultimele decenii, în relație indirectă cu procesele de modificare climatică. Altfel spus, extinderea suprafeței urbane conduce la creșterea temperaturii ambientale, iar creșterea temperaturii regionale amplifică fenomenul.

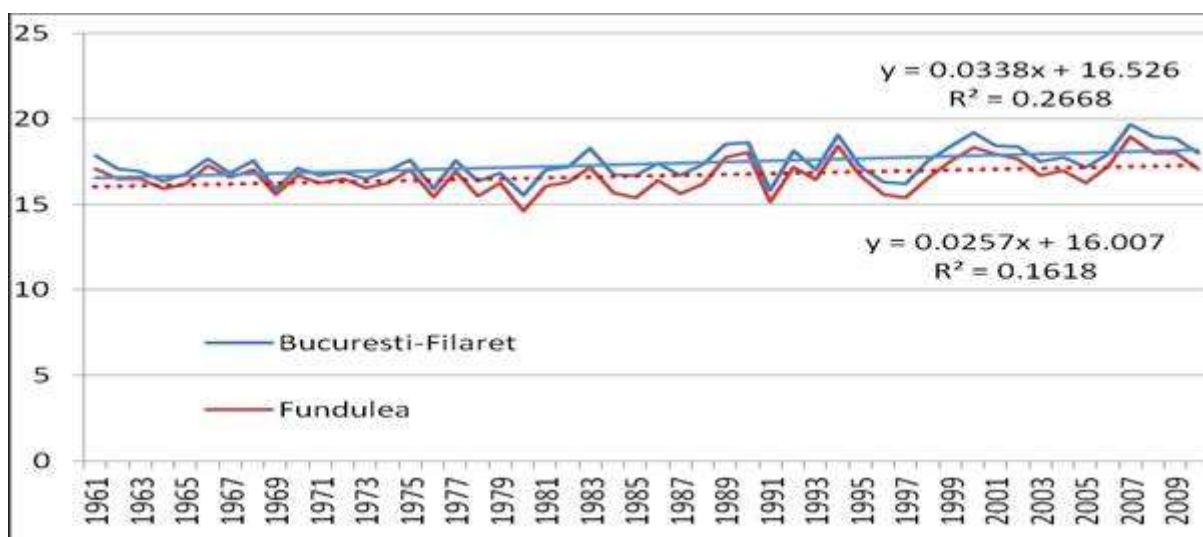


Figura 4 - Variabilitatea și tendința de evoluție a temperaturii aerului la stațiile meteorologice București-Filaret și Fundulea

Pentru toate studiile de caz, au fost analizate valorile de temperatură rezultate din simulări ale Modelului Climatic Regional CORDEX (MPI-CSC-REMO2009; HIRHAM v05 și RACMO22E) pentru domeniul european corespunzând unei rezoluții de 0.11 grade (EUR-11, cca. 12.5 km) aduse la scară urbană (1 km). De exemplu, pe baza datelor rezultate au fost trasate profile transversale N-S și E-V prin centrul municipiului București, pentru evidențierea insulei de căldură urbană în climatul actual și în climatul 2021-2050. Toate modelele evidențiază creșteri cu 1.5 - 2.0°C ale temperaturii aerului în București, dar profilul de ansamblu al insulei de căldură se menține, creșterile fiind similare pe tot parcursul profilului, atât pe timp de zi, cât și pe timp de noapte.

Integrând valorile din scenariile climatice prezentate se poate observa o presiune semnificativă care apare la nivelul serviciilor ecosistemice de reglare și, secundar, de aprovizionare. În cazul serviciilor ecosistemice culturale, deși teoretic se poate afirma că pot fi amplificate, prin diminuarea serviciilor de reglare și de aprovizionare, se poate ajunge, la o scădere semnificativă a ofertei pentru aceste tipuri de servicii (Tabelul 6).

Tabelul 6 – Tendințele serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane în diferite scenarii climatice

Variabilă	Tendință	Scenariu	Model	Perioada	Sursa	Consecință la nivelul serviciilor ecosistemice
Temperatura medie anuală	Creștere cu 1.0 – 1.5°C	A1B	RegCM3, ALADINClimate și PROMES	2021-2050 față de 1991-2020	Cheval et al (2017)	Scadere servicii de aprovizionare, reglare și culturale
Precipitații anuale	Scădere cu <5%	A1B	RegCM3, ALADINClimate și PROMES	2021-2050 față de 1991-2020	Cheval et al (2017)	Mentinerea serviciilor de aprovizionare și reglare, creșterea serviciilor culturale
Evapotranspirație potențială	Creștere cu 5-7%	A1B	RegCM3, ALADINClimate și PROMES	2021-2050 față de 1991-2020	Cheval et al (2017)	Creșterea serviciilor de reglare a calitatii aerului, scăderea serviciilor culturale, menținerea serviciilor de aprovizionare
Precipitații iarna	Creștere cu cca 30 mm/an	RCP4.5	CMIP5 multi-model mean	2080-2099 față de 1991-2020	IPCC (2013)	Ameliorarea serviciilor de epurare a apei, creșterea serviciilor de habitat
Precipitații vara	Scădere cu cca 30-35 mm/an	RCP4.5	CMIP5 multi-model mean	2080-2099 față de 1991-2020	IPCC (2013)	Creșterea serviciilor culturale, reducerea serviciilor de reglare și de aprovizionare
Precipitații sezon cald (aprilie-septembrie)	Scădere cu cca 10% a percentilei de 25%	RCP4.5	CMIP5 multi-model mean	2016-2035 față de 1986-2005	IPCC (2013)	Creșterea serviciilor culturale, reducerea serviciilor de reglare și de aprovizionare
Noapți tropicale în lunile de vară (iunie, iulie, august)	Creștere cu 40-50/an	A1B	ENSEMBLES	2071-2100 față de 1961-1990	Dankers și Hiederer (2008)	Scăderea serviciilor culturale, de aprovizionare și de reglare
Frecvența valurilor de căldură	Creștere de la 1-2 la 6-12/ an	RCP4.5	CMIP5 multi-model mean	2068-2100 față de 1961-1990	EEA (2018)	Scăderea serviciilor culturale, de aprovizionare și de reglare

Activitatea 2.5 – Simularea modificărilor în furnizarea de servicii ecosistemice generate de lacurile din mediile urbane în diferite scenarii de modificare în utilizarea terenului

Dimensiunea serviciilor ecosistemice oferite de lacurile urbane variază în strânsă legătură cu gradul de artificializare al ecosistemelor lacustre și cu dinamica utilizării terenului în zona din proximitatea sa. Spațiile naturale din proximitatea lacurilor ajută la maximizarea serviciilor ecosistemice pe care acestea le oferă asigurând echilibrul ecosistemului lacustru și intensificând beneficiile sale la scară locală. Pe de altă parte, artificializarea zonei din proximitate este în multe cazuri echivalentă cu creșterea numărului de beneficiari ai serviciilor ecosistemice generate, putând crea o situație de eficientizare a utilizării acestora, dar existând posibilitatea intensificării presiunii umane peste limita de suportabilitate a ecosistemului.

Pentru simularea modificărilor în furnizarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile din mediile urbane s-a optat pentru analiza unor studii de caz. Primul studiu de caz se referă la compararea capacității de moderare climatică a lacurilor urbane utilizând ca exemple Lacul Morii și Lacul Herăstrău.

Pentru cuantificarea moderării climatice generate de cele 2 lacuri s-a utilizat banda termală a unor imagini LANDSAT 4-5, 7 și 8 din perioada 1985-2017, din care a fost derivată temperatura suprafețelor. Au fost utilizate imagini din timpul verii pentru a identifica aportul suprafețelor naturale în momentul dezvoltării maxime a aparatului foliar și imagini din timpul iernii pentru evidențierea modificării cantității de servicii ecosistemice oferite în condiții de minimizare a suprafețelor naturale din vecinătate (Figura 5).

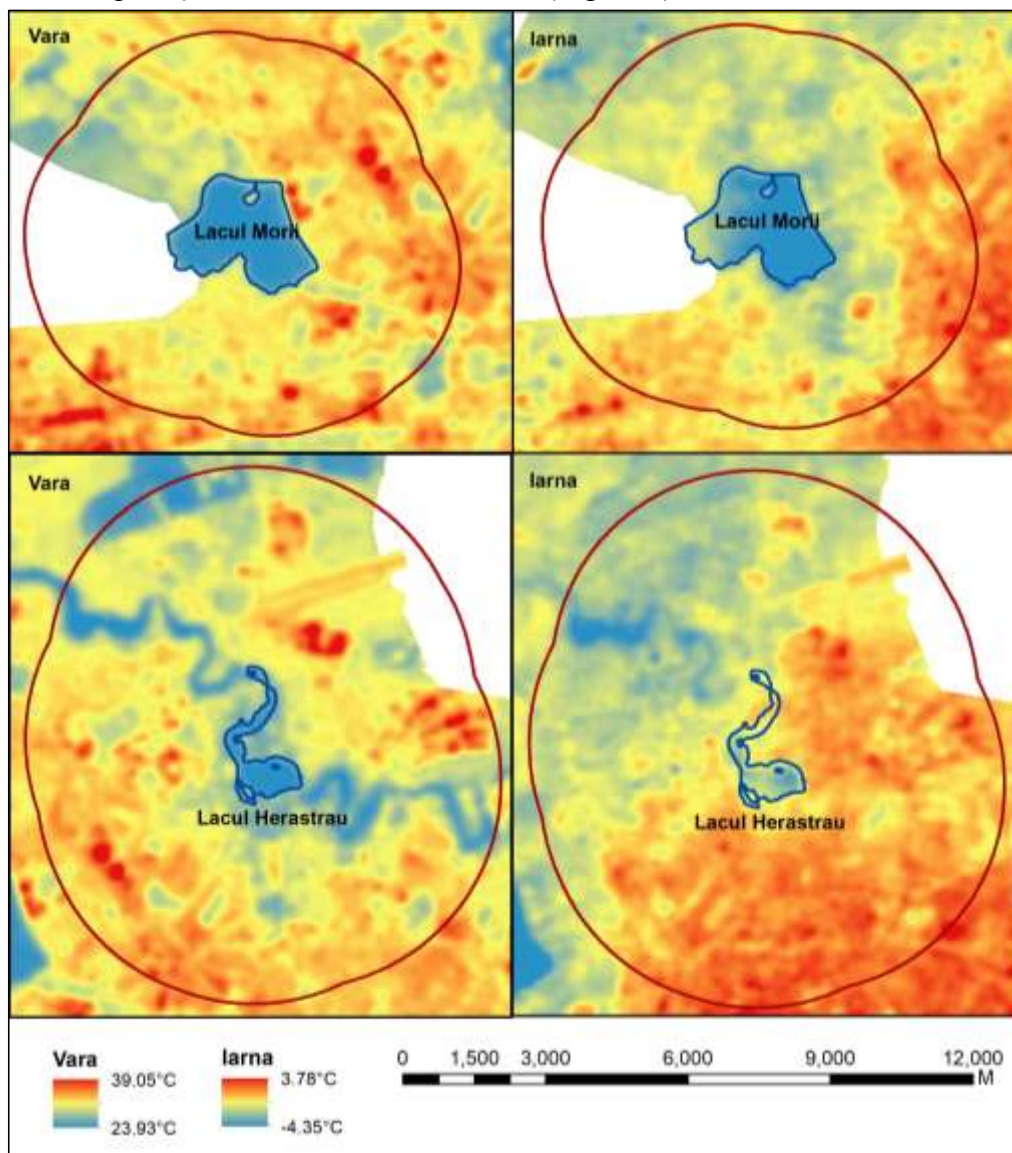


Figura 5 – Temperatura medie multianuală a suprafețelor derivată din imagini LANDSAT

Astfel, se poate observa că, deși ambele lacuri sunt evidențiate vara prin temperaturi mai scăzute (aproximativ 24°C) decât zona din proximitate, efectul de moderare climatică este



mult mai scăzut în cazul Lacului Morii care este înconjurat preponderent de suprafețe artificializate. În zona din proximitatea Lacului Morii se întâlnesc predominant temperaturi de 29-30°C, atingându-se maxime, chiar în apropierea malului lacului, într-o fostă zonă industrială, caracterizată de construcții compacte, de până la 35-36°C. Valorile minime caracterizează zona terenurilor abandonate și grădinilor locuințelor individuale de la periferia orașului și se situează în jurul valorii de 26°C. În proximitatea lacului Herăstrău, în zona verde, valorile temperaturii suprafeței oscilează în jur de 26-27°C, valori mari înregistrându-se spre exteriorul zonei de 3 km, în cadrul fostelor platforme industriale (Pipera, Băneasa).

În concluzie, serviciile de moderare climatică oferite de lacurile din zonele urbane sunt intensificate în timpul verii de existența zonelor naturale în proximitate după cum sugerează și alte studii precum Du & al (2016). De asemenea, diferența de temperatura între suprafața acvatică și cea artificială este mai mare vara (ajungând până la 15°C) decât în timpul iernii (până la 8-9°C).

S-au testat temperaturile medii ale suprafețelor pentru anotimpul de vară în perioada 1985 – 2017 în corelație cu dinamica utilizării terenurilor. Din datele derivate din imaginile LANDSAT se observă că temperatura medie a suprafețelor a crescut după 1990 în contextul schimbărilor climatice actuale.

Pentru a evalua modificările în furnizarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane s-a testat un model de predicție a dinamicii utilizării terenului. În rularea modelului s-a optat pentru utilizarea imaginilor LANDSAT 4-5, 7 și 8 pentru studiul de caz reprezentat de Lacul Morii. Pentru prelucrarea imaginilor s-a utilizat clasificarea supervizată pe baza pixelilor Suport Vector Machine ce constă în crearea unei scheme de clasificare prin alegerea unor zone eșantion. S-au ales câte 500 de probe de training pentru fiecare clasă în parte pentru a minimiza erorile. S-au identificat 5 clase de utilizare a terenului: acvatic (râuri și lacuri), construit (indiferent de tipul de construcție sau funcția acesteia), vegetație arboricolă, vegetație ierboasă și sol. Clasificarea a fost ulterior validată și s-au realizat reclasificări pentru zonele în care au apărut erori. Cele mai comune erori au fost legate de clasificarea unor zone construite umbrite și a unor spații verzi ca și suprafețe acvatice.

Scenariul se bazează pe modificările identificate în utilizarea terenului în perioada 2000 – 2015 și poate oferi proiecții pentru diferite intervale de timp în viitor. În această perioadă cele mai mari modificări le-a înregistrat spațiul construit, care s-a dezvoltat preponderent pe suprafețe înierbate sau acoperite de sol, și vegetația arboricolă, localizată în special în zone cu fostă utilizare agricolă sau industrială și insuficient îngrijite în ultima perioadă.

S-a optat pentru modelarea evoluției suprafeței construite, modelul primind ca premisă scăderea probabilității de dezvoltare a spațiului construit odată cu îndepărtarea față de spațiul deja construit. Scenariul pentru o perioadă de 15 ani (2030) (Figura 6) evidențiază cu roșu și galben zonele cu cea mai mare probabilitate de dezvoltare a spațiului construit. Trebuie menționat că zonele reprezentate cu roșu în cadrul spațiului deja construit se referă la actuale zone identificate ca și zone cu arbori, care în realitate sunt deja încorporate în spațiul construit, coroana arborilor mascând existența zonelor artificiale.

Serviciile de moderare climatică exemplificate anterior nu sunt singurele afectate în cazul modificării utilizării terenurilor din proximitate. Există de asemenea modificări în serviciile de reglare a calității atmosferei, care însă sunt profund dependente și de caracteristicile circulației maselor de aer, și în cele de reglare a calității apei, în cazul unei dezvoltări urbane insuficient planificate care mărește numărul de surse generatoare de degradare a apei. Serviciile de suport sunt și ele afectate ca urmare a degradării calității ecosistemelor. Singurele ce pot fi afectate atât pozitiv cât și negativ sunt serviciile culturale, care pot crește ca importanță prin mărirea numărului de potențiali beneficiari și prin faptul că restul spațiilor din proximitate sunt transformate, dar se pot diminua calitativ deoarece caracterul natural al zonei se diminuează.

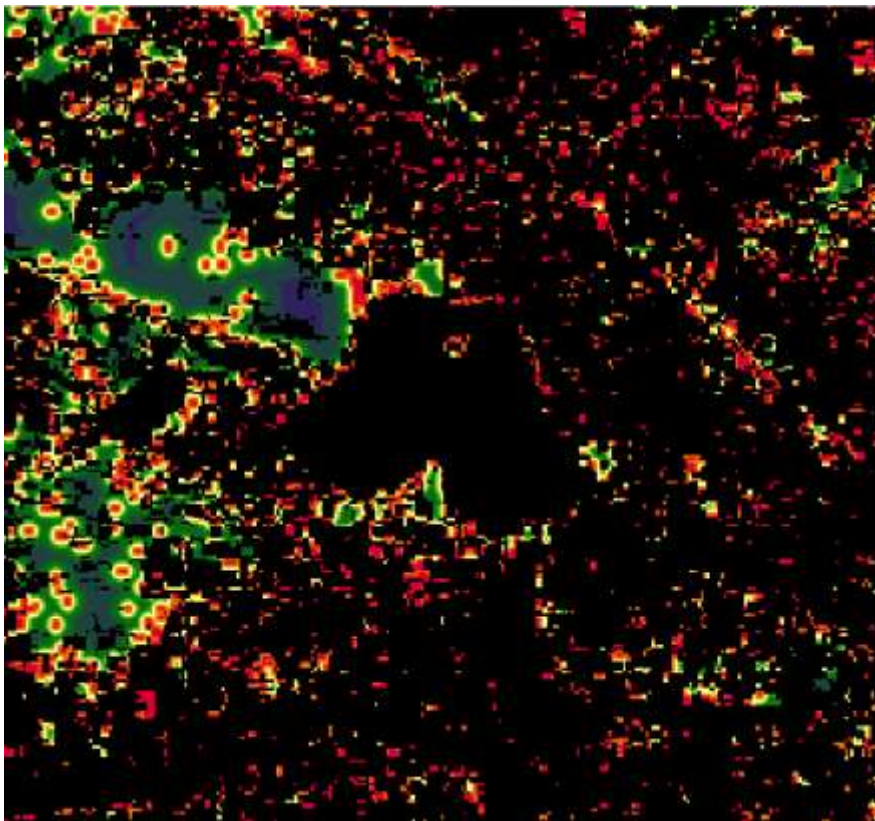


Figura 6 - Scenariu de evoluție a spațiului construit în zona din proximitatea Lacului Morii într-un orizont de timp de 15 ani

În aceste condiții, în scenariul de menținere a caracteristicilor actuale ale spațiului din arealul Lacul Morii influența sa asupra hinterlandului se va conserva. În schimb, construcția unor imobile mai înalte în partea vestică a lacului poate limita influența lacului, iar efectele schimbărilor climatice pot fi amplificate.



Activitatea 2.6 – Identificarea mecanismelor de adaptare a orașelor la schimbările climatice prin utilizarea infrastructurilor albastre și promovarea principiilor Smart Cities

Mecanismele de adaptare ale orașelor la schimbările climatice se încadrează în două mari categorii: controlul sau modificarea surselor și a consumului de energie și dezvoltarea unor suprafețe la nivelul orașului de limitare sau contracarare a efectelor negative. Având în vedere că schimbarea modurilor de producere și consum a energiei durează în general perioade foarte mari de timp, devine cu atât mai importantă o planificare adecvată a orașelor. Majoritatea abordărilor asociate cu folosirea infrastructurilor albastre pentru adaptarea la schimbările climatice sunt concentrate pe două aspecte: controlul temperaturilor și managementul apei (Deak and Bucht, 2011)

Orașele inteligente sunt bazate pe volume mari de date și calcule, precum și un suport tehnologic ridicat. Implementarea conceptului de orașe inteligente poate asista cu succes orașele în demersul lor de a controla și combate efectele schimbărilor climatice, prin integrarea datelor climatice și modelărilor unor parametri climatici cu datele de consumuri și structuri antropice dezvoltate (Deng et al., 2017). Orașele inteligente au două nivele de infrastructuri locale, la nivel general urban (conectarea celor mai mici unități din orizontul local) și pentru servicii publice (educație, sănătate, fiscalitate) suportate de un al treilea nivel național (elementele de bază pentru energie, alimentare cu apă, transport și comunicații), toate trei conectate prin intermediul tehnologiei informației. Modelele de adaptare la schimbări climatice ținesc de digitalizarea acțiunilor dar și a deciziilor într-un mod holistic.

Instrumentele cele mai utilizate pentru orașe inteligente sunt: sisteme inteligente de stocare și distribuție a energiei, controlul diferitelor utilități prin intermediul senzorilor, automatizarea funcționării unor procese, vehicule electrice și infrastructura de încărcare, folosirea tehnicilor GIS, monitoringul și controlul parametrilor de mediu. Instrumentele inteligente pentru adaptarea directă la schimbări climatice sunt: panouri solare și alte surse de energie regenerabilă, sechestrarea carbonului, sisteme de transport inteligente.

În cadrul proiectului s-a realizat o analiză de documente privitoare la mecanismele de adaptare a orașelor la schimbări climatice prin utilizarea infrastructurilor albastre și promovarea principiilor Smart Cities pe trei paliere principale: analiza strategiilor și documentelor existente la nivel național, a celor la nivel local, precum și transfrontalier prin analiza proiectelor finanțate de Uniunea Europeană în domeniul schimbărilor climatice.

În ceea ce privește finanțarea există o varietate de mecanisme la nivel european, între finanțarea oferită de UE, fonduri acordate unor domenii prioritare sau lipsa totală a menționării instrumentelor de finanțare. Un număr redus de state au linii bugetare speciale pentru implementarea acțiunilor de combatere a schimbărilor climatice. Diferențieri importante mai apar și în ceea ce privește corelarea acțiunilor de adaptare la schimbări climatice cu alte tipuri de legislație sau proceduri clare de monitorizarea efectelor implementării.

Activitatea 2.7 – Diseminarea rezultatelor

Au fost indeplinite toate țintele proiectului legate de diseminarea rezultatelor, respectiv:

Articole în reviste științifice

Indicator	Prevăzute în planul de realizare	Realizate
Publicare articole ISI	1	
Publicarea articole BDI	0	
Inaintate spre publicare		2
In pregatire		2

- **Iojă I.C., Osaci-Costache G., Breuste J., Hossu C.A., Grădinaru S.R., Onose D.A., Niță M.R., Skokanova H.** (2018) Integrating urban blue and green areas based on historical evidence. *Urban Forestry & Urban Greening* (under review)
- **Hossu C.A., Iojă C.I., Onose D.A., Niță M.R., Popa A.M., Talabă O., Inostroza L.** (2018), Synergies and trade-offs in how multiple user groups assess urban lakes ecosystem services, *Ecosystem Services* (under review)

Comunicări științifice

Indicator	Prevăzute în planul de realizare	Realizate
Comunicări științifice	3	6

- **Iojă C.I., Cârstea E., Talabă O., Hossu C.A., Cheval S., Șandric I., Vânau G., Niță M.R., Popa A.M.** (2018), Assessment of ecosystems services generated by Morii Lake in Bucharest city, „Deltas and Wetlands” International Symposium, 16-20 May 2018, Tulcea, Romania;
- **Popa A.M., Iojă I.C., Niță M.R., Onose D.A., Badiu D.L., Șandric I.C., Cheval S.**, (2018), Possible Use of NBS for Thermal Stress Mitigation, *ELSEDIMIA International Conference* – 17 – 19 May 2018, Cluj-Napoca, Romania;
- **Hossu C.A., Iojă C.I., Onose D.A., Vânau G., Popa A.M., Talabă O.** (2018), Synergies and trade-offs of ecosystem services provided by urban lakes, *RegioResources 21-2018, Global megatrends and Landscape*, 17-19 April 2018, Smolenice, Slovakia;
- **Cheval S., Șandric I., Iojă C.I., Dumitrescu A., Onose D., Vânau G.** (2018), The influence of urban lakes on the land surface temperature – a remote sensing assessment, *European Geosciences Union General Assembly* 8–13 April 2018, Vienna, Austria;
- **Iojă C.I., Cârstea E., Hossu C.A., Cheval S., Șandric I., Vânau G., Niță M.R., Popa A.M., Talabă O.** (2018) Ecosystems services generated by Morii Lake in Bucharest city, *The International Conference Air and Water – Components of the Environment*, March 15-17, 2018 Sovata, Romania;
- **Cheval S., Croitoru A., Iojă C.I.** (2018) Urban climate research and associated climate services in Romania, *The International Conference Air and Water – Components of the Environment*, March 15-17 March 2018, Sovata, Romania.

Conferința de încheiere a proiectului

Indicator	Prevăzute în planul de realizare	Realizate
Conferință încheiere	1	1

Conferința de încheiere a fost organizată pe data de 22.06.2018, în sala Tempus a Universității din București, în prezența tuturor membrilor echipei. Au fost prezentate rezultatele obținute și strategia de valorificare a acestora.

Alte rezultate

Indicator	Prevăzute în planul de realizare	Realizate
Actualizarea paginii de web	1	1
Articol de diseminare pe pagina UNIBUC	1	1
Articol de diseminare pe pagina INOE	1	1
Lucrări de dizertație și de licență	0	4
Integrare în planul local de acțiune pentru mediu al Municipiului București	0	1

Pentru Etapa II au fost realizate: Studiu privind componentele cheie pentru menținerea/ameliorarea serviciilor ecosistemice generate de lacurile urbane; Scenarii de evoluție a serviciilor ecosistemice funcție de schimbările climatice și de utilizare a terenurilor; Studiu Mecanisme de adaptare a mediilor urbane la schimbările climatice).

Rezultatele obținute în proiect au fost diseminate și prin realizarea și actualizarea paginii web a CCMESI ([pagina proiect](#)) și 2 articole pe paginile UNIBUC și INOE.

Bibliografie selectivă

- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., 2008, Climate change and water, Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., Rothstein, H. R., 2009, Introduction to Meta-Analysis, John Wiley and Sons.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., Freeman, L. C., 2002, Ucinet for Windows: Software for social network analysis.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., Johnson, J. C., 2018, Analyzing social networks, Sage.
- Catherine, A., Selma, M., Mouillot, D., Troussellier, M., Bernard, C., 2016, Patterns and multi-scale drivers of phytoplankton species richness in temperate peri-urban lakes, *Patterns and multi-scale drivers of phytoplankton species richness in temperate peri-urban lakes* **559**:74-83.
- Chen, X., Chen, Y., Shimizu, T., Niu, J., Nakagami, K. I., Qian, X., ..., Li, J., 2017, Water resources management in the urban agglomeration of the Lake Biwa region, Japan: An ecosystem services-based sustainability assessment, *Science of the Total Environment* **586**:174-187.
- Chester, E. T., Robson, B. J., 2013, Anthropogenic refuges for freshwater biodiversity: their ecological characteristics and management, *Biological Conservation* **166**:64-75.



- Deak, J., Bucht, E., 2011, Planning for climate change: the role of indigenous blue infrastructure, with a case study in Sweden, *Town Planning Review* **82**(6):669-685.
- Deng, D., Zhao, Y., Zhou, X., 2017, Smart city planning under the climate change condition, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **81**:012091.
- Derkzen, M. L., van Teeffelen, A. J., Nagendra, H., Verburg, P. H., 2017, Shifting roles of urban green space in the context of urban development and global change, *Current Opinion in Environmental Sustainability* **29**:32-39.
- Dotsika, F., Watkins, A., 2017, Identifying potentially disruptive trends by means of keyword network analysis, *Technological Forecasting and Social Change* **119**(114-127).
- Elbakidze, M., Angelstam, P., Yamelynets, T., Dawson, L., Gebrehiwot, M., Stryamets, N., ..., Manton, M., 2017, A bottom-up approach to map land covers as potential green infrastructure hubs for human well-being in rural settings: A case study from Sweden, *Landscape and Urban Planning* **168**:72-83.
- Gómez-Baggethun, E., Barton, D. N., 2013, Classifying and valuing ecosystem services for urban planning, *Ecological Economics* **86**:235-245.
- Haase, D., 2015, Reflections about blue ecosystem services in cities, *Sustainability of Water Quality and Ecology* **5**:77-83.
- Haryani, G. S., 2016, Ecohydrology in Indonesia: Emerging challenges and its future pathways, *Ecohydrology & Hydrobiology* **16**(2):112-116.
- Hering, D., Carvalho, L., Argillier, C., Beklioglu, M., Borja, A., Cardoso, A. C., Hellsten, S., 2015, Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress—An introduction to the MARS project, *Science of the total environment* **503**:10-21.
- Hu, Z. J., Wang, L. L., Tang, H. W., Qi, X. M., 2017, Prediction of the future flood severity in plain river network region based on numerical model: a case study, *Journal of Hydrodynamics* **29**(4):586-595.
- Hurlimann, A., Barnett, J., Fincher, R., Osbaldiston, N., Mortreux, C., Graham, S., 2014, Urban planning and sustainable adaptation to sea-level rise, *Landscape and Urban Planning* **126**:84-93.
- Jeppesen, J., Christensen, S., Ladekarl, U. L., 2011, Modelling the historical water cycle of the Copenhagen area 1850–2003, *Journal of hydrology* **404**:117-129.
- Laforteza, R., Chen, J., van den Bosch, C. K., Randrup, T. B., 2017, Nature-based solutions for resilient landscapes and cities, *Environmental research*.
- Larson, E. K., Perrings, C., 2013, The value of water-related amenities in an arid city: The case of the Phoenix metropolitan area, *Landscape and Urban Planning* **109**(1):45-55.
- Li, Y., Shi, Y., Qureshi, S., Bruns, A., Zhu, X., 2014, Applying the concept of spatial resilience to socio-ecological systems in the urban wetland interface, *Ecological indicators* **42**:135-146.
- McDonald, R. I., Green, P., Balk, D., Fekete, B. M., Revenga, C., Todd, M., Montgomery, M., 2011, Urban growth, climate change, and freshwater availability, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **108**(15):6312-6317.
- McDonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., Boucher, T., 2014, Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure, *Global Environmental Change* **27**:96-105.
- Milano, M., Reynard, E., Köpflin, N., Weingartner, R., 2015, Climatic and anthropogenic changes in Western Switzerland: Impacts on water stress, *Science of the total environment* **536**:12-24.



- Palmer, M. A., Reidy Liermann, C. A., Nilsson, C., Flörke, M., Alcamo, J., Lake, P. S., Bond, N., 2008, Climate change and the world's river basins: anticipating management options, *Frontiers in Ecology and the Environment* **6**(2):81-89.
- Rozyłowicz, L., Nita, A., Manolache, S., Ciocanea, C. M., Popescu, V. D., 2017, Recipe for success: A network perspective of partnership in nature conservation, *Journal for Nature Conservation* **38**:21-29.
- Schodl, K., Klein, F., Winckler, C., 2017, Mapping sustainability in pig farming research using keyword network analysis, *Livestock Science* **196**:28-35.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., Reilly, M. K., 2011, A meta-analysis of global urban land expansion, *PloS one* **6**(8):e23777.
- Spring, Ú. O., 2011, Aquatic systems and water security in the Metropolitan Valley of Mexico City, *Current Opinion in Environmental Sustainability* **3**(6):497-505.
- Su, S., Xiao, R., Jiang, Z., Zhang, Y., 2012, Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale, *Applied Geography* **34**:295-305.
- Waltham, N. J., Sheaves, M., 2017, Acute thermal tolerance of tropical estuarine fish occupying a man-made tidal lake, and increased exposure risk with climate change, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **196**(173-181).
- Williamson, C. E., Saros, J. E., Vincent, W. F., Smol, J. P., 2009, Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change, *Limnology and Oceanography* **54**(6):2273-2282.
- Wu, Q., Xia, X., Mou, X., Zhu, B., Zhao, P., Dong, H., 2014, Effects of seasonal climatic variability on several toxic contaminants in urban lakes: Implications for the impacts of climate change, *Journal of Environmental Sciences* **26**(12):2369-2378.
- Xu, X., Yang, G., Tan, Y., Zhuang, Q., Li, H., Wan, R., ..., Zhang, J., 2016, Ecological risk assessment of ecosystem services in the Taihu Lake Basin of China from 1985 to 2020, *Science of the Total Environment* **554**:7-16.

Director de proiect,
Prof.univ.dr. Ioan-Cristian Iojă