

# Usluge vodenih ekosustava u gradskim područjima - primjer Zagreb

---

**Krizmanić, Aleksandra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:957677>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Aleksandra Krizmanić**

**Usluge vodenih ekosustava u gradskim područjima –  
primjer Zagreba**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2019.**



**Aleksandra Krizmanić**

**Usluge vodenih ekosustava u gradskim područjima –  
primjer Zagreba**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistra struke znanosti o okolišu

**Zagreb  
2019.**



Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Znanosti o okolišu* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Nenada Buzjaka.

Sveučilište u Zagrebu  
 Prirodoslovno-matematički fakultet  
 Geografski odsjek

Diplomski rad

## Usluge vodenih ekosustava u gradskim područjima – primjer grada Zagreba

Aleksandra Krizmanić

**Izvadak:** Usluge ekosustava definiraju se kao svi direktni i indirektni čimbenici ekosustava koji doprinose boljem životu ljudi. Iako je to relativno novi koncept, zadobiva dosta pažnje znanstvenika te političkih čimbenika prvenstveno zbog cilja 2 Strategije Europske unije za bioraznolikost koja preporučuje provođenje procjena usluga ekosustava kod svih država članica. Usluge ekosustava se također promoviraju kao koncepti koji imaju potencijal za poboljšanje ekološkog planiranja u urbanim područjima na temelju cjelovitijeg razumijevanja složenih međudnosa i dinamike socijalno-ekoloških sustava. Iako postoje radovi na temu ekosustava jezera koji promatraju tek jednu komponentu istih, pa se primjerice promatraju populacije riba, ili, pak, isključivo kulturne usluge ekosustava, u ovom se radu maksimalno nastoji primijeniti holistički i interdisciplinarni pristup. Zbog toga se u ovom radu promatraju i društveni i geološko-ekološki aspekti vezani uz usluge vodenih ekosustava. Kao pokazatelj odabrana je metoda izračuna površine za rekreaciju na istraživanim područjima – zagrebačkim jezerima Jarunu i Bundeku te okolnom području ta dva lokaliteta, dok je kao geološko-ekološki kriterij odabran izračun površinskog otjecanja. Rezultati su pokazali kako istraživana područja imaju poprilično velike površine za rekreaciju, od čega je zelena još važna i u sprječavanju nastanka površinskog otjecanja. Za dodatne procjene preporuča se daljnji nastavak istraživanja uporabom dodatnih metoda te uključivanjem većeg područja istraživanja.

28 stranica, 6 grafičkih priloga, 5 tablica, 87 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: usluge ekosustava, održivi razvoj, jezero, Jarun, Bundek

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak

Povjerenstvo: prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović  
 prof. dr. sc. Ivančica Ternjej  
 izv. prof. dr. sc. Danijel Orešić

Tema prihvaćena: 12. 4. 2018.

Rad prihvaćen: 2. 7. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

### Urban Aquatic Ecosystem Services in Zagreb

Aleksandra Krizmanić

**Abstract:** Ecosystem services are defined as all direct and indirect factors of ecosystems contributing to better human life. Although it is a relatively new concept, it receives a lot of attention from scientists and political factors, primarily because of the EU's Strategy on Biodiversity which recommends carrying out an assessment of ecosystem services in all member states. Ecosystem services are also promoted as concepts that have the potential to improve ecological planning in urban areas based on a more complete understanding of the complex interdependencies and dynamics of socio-ecological systems. Although there are some studies on ecosystem services which assess only one component of it, e.g. only cultural services or populations of fish, this thesis' aim is to have a holistic and multidisciplinary approach to some extent. For this reason, the thesis also deals with social and ecological aspects related to the services of aquatic ecosystems. Specifically, the method of calculating the recreational area was selected as a social indicator for the research areas – Zagreb's Lakes Jarun and Bundek - and in the surrounding area of these two sites, while the geological-ecological criterion was the calculation of surface runoff. The results showed that there is a vast amount of recreational area in the area of Jarun and Bundek. Land cover such as lawns and woodlands are important for an infiltration and to prevent the surface runoff. For further estimations of ecosystem services, it is recommended to continue the research by using additional method which are described in this thesis, as well as to involve a larger area of research, i.e. expanding it on the whole City of Zagreb.

28 pages, 6 figures, 5 tables, 87 references; original in Croatian

**Keywords:** ecosystem services, sustainable development, lake, Jarun, Bundek

**Supervisor:** Nenad Buzjak, PhD, Associate Professor

**Reviewers:** Blanka Cvetko Tešović, PhD, Full Professor  
Ivančica Ternjej, PhD, Full Professor  
Danijel Orešić, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 12/04/2018

Thesis accepted: 02/07/2019

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.



## POPIS KARTICA

|      |  |
|------|--|
| EEA  | Europska agencija za okoliš                    |
| EU   | Europska unija                                 |
| HAOP | Hrvatska agencija za zaštitu okoliša i prirode |
| MEA  | Milenijska procjena ekosustava                 |
| UN   | Ujedinjeni narodi                              |
| WHO  | Svjetska zdravstvena organizacija              |

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. PREGLED LITERATURE I DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....          | 4  |
| 2.1. Povijest kreiranja pojma usluga ekosustava.....            | 4  |
| 2.2. Uloga Ujedinjenih naroda u konceptu usluga ekosustava..... | 5  |
| 2.3. Problematika vezana uz usluge ekosustava.....              | 6  |
| 2.4. Preporučene metode .....                                   | 7  |
| 3. TEMELJNE POSTAVKE ISTRAŽIVANJA .....                         | 11 |
| 3.1. Područje istraživanja .....                                | 11 |
| 3.2. Ciljevi rada .....   | 16 |
| 4. METODE .....   | 17 |
| 4.1. Rekreacija.....  | 18 |
| 4.2. Površinsko otjecanje.....                                  | 18 |
| 4.3. Bioraznolikost .....                                       | 21 |
| 4.4. Sediment.....  | 21 |
| 5. REZULTATI.....   | 23 |
| 6. RASPRAVA.....  | 26 |
| 7. ZAKLJUČAK .....  | 28 |
| LITERATURA I IZVORI.....  | 29 |
| PRILOZI.....  | 1  |
| Popis slika .....   | 1  |
| Popis tablica .....   | 1  |

## 1. UVOD

Usluge ekosustava definiraju se kao svi direktni i indirektni čimbenici ekosustava koji doprinose boljem životu ljudi (HAOP, 2015). One se sve više koriste ne samo kao sredstvo predstavljanja vrijednosti prirode, već i s ciljem usmjeravanja društva prema održivom razvoju (Grönlund i dr., 2014, Fakhari Rad i dr., 2012). Održivim se razvojem, pak, želi kreirati i zadržati bogatstvo društva, gospodarstva i ekoloških sustava (Folke i dr., 2002).

Prema Milenijskoj procjeni ekosustava (MEA) iz 2000. godine, usluge ekosustava dijelimo na: *opskrbne* (hrana, gorivo, vlakna), *regulacijske* (regulacija klime, pročišćavanje vode, kontrola bolesti i nametnika, oprašivanje), *kulturne* (primjerice nematerijalni estetski, duhovni i rekreacijski doživljaji) te *potporne* (npr. formiranje tla, kruženje nutrijenata i slično) (Harrison i Hester, 2010, str. 55).

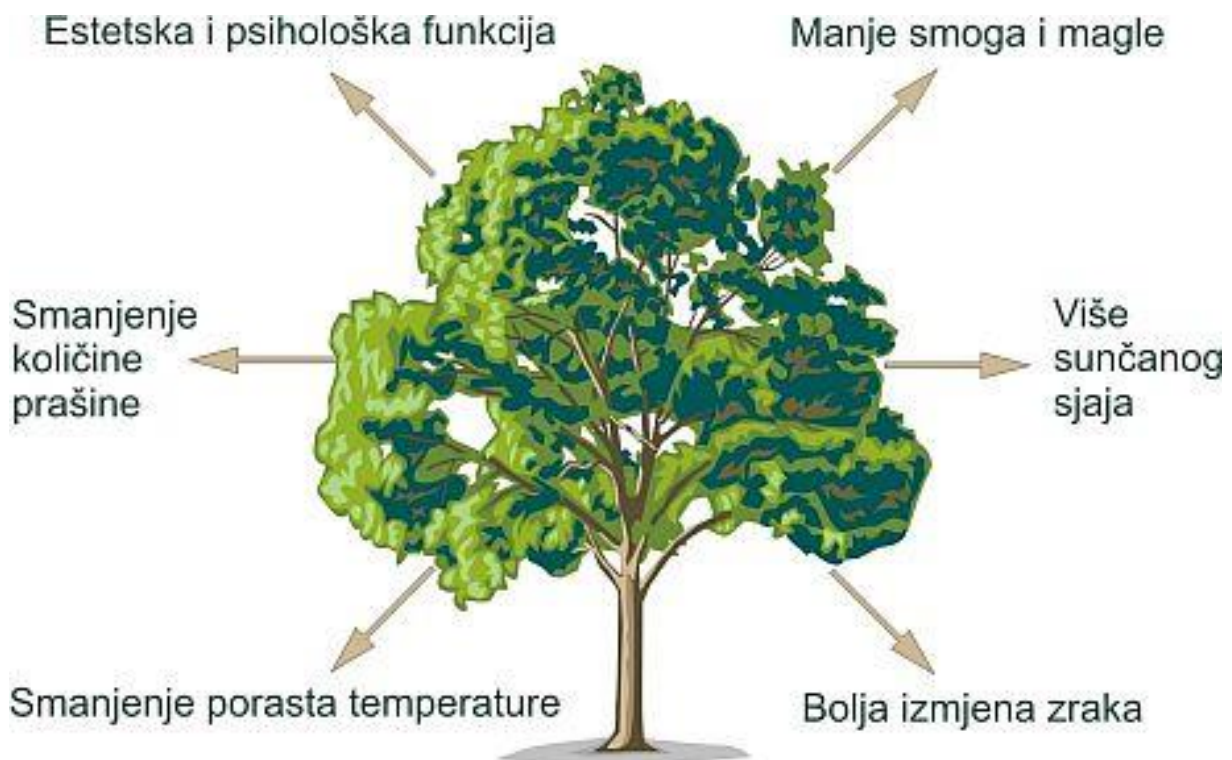
Iako su usluge ekosustava relativno novi koncept, bude interes znanstvenika te zadobivaju pozornost političkih čimbenika, prvenstveno zbog direktive Europske unije koja preporuča provođenje procjena usluga ekosustava kod svih država članica. Naime, HAOP (URL1) navodi kako Strategija EU za bioraznolikost do 2020. godine sadrži šest ciljeva s 20 odgovarajućih akcija za njihovo ostvarenje. Tako akcija 5 cilja pod rednim brojem 2. zahtjeva od država članica da, uz pomoć i podršku Komisije, kartiraju i procjene stanje svojih ekosustava i njihovih usluga do 2014. godine, te da procjene njihovu ekonomsku vrijednost i djeluju u smjeru integracije ovih vrijednosti u sustav ekonomskih obračuna i izvještaja na europskoj i nacionalnoj razini do 2020. godine. Sukladno tome, isti izvor navodi kako Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/17) također naglašava važnost kartiranja usluga ekosustava. Unutar strateškog cilja 4 (povećati znanje i dostupnost podataka o prirodi) kao posebni cilj navodi se vrednovanje i kartiranje usluga ekosustava u svrhu procjene njihovog stanja i poboljšanja uz pomoć niza aktivnosti i indikatora.

Zbog svega gore navedenog primjetno je da se objavljuje sve više literature na tu temu, a usluge ekosustava postaju sve češće istraživane te je primjetan rast istraživanja, no ne i u Hrvatskoj gdje je objavljeno tek nekoliko studija iz područja usluga ekosustava (URL1).

Europska unija omogućila je kartiranje velikog dijela svoje površine programom CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) Land Cover, dok neki dijelovi svijeta poput Južne Amerike i Afrike imaju veoma slabu zastupljenost kartiranih područja (Haase i dr., 2014). Podaci iz programa CORINE Europske komisije, korišteni su za informacije o pokrovu površina u europskim gradovima, a njegov je cilj pružiti usklađene i ažurirane podatke o stanju europskog okoliša. Projekt CORINE Land Cover (CLC) (EEA, 1995) dio je programa CORINE i obuhvaća podatke o vrstama pokrova površina u Europi. Pokrovnost zemljišta podijeljena je u 44 razreda u pet grupa pod sljedećim nazivima: umjetne površine, poljoprivredne površine, šumska i poluprirodna područja, močvarna područja i vodna tijela. Za ovu studiju, rasterski podaci s rezolucijom 100x100 metara za pokrovnost zemljišta u Europi dobiveni su od Europske agencije za okoliš (Schwarz, 2010).

Usluge ekosustava rijetko funkcioniraju samostalno, već su međusobno ovisne i u različitim su vrstama interakcija. Vrlo su važne za opskrbu i preživljavanje stanovništva, a zbog porasta broja stanovnika u budućnosti sve će veći pritisak biti vršen na prirodne resurse u ekosustavima, pa je stoga nužno održivo i promišljeno koristiti te resurse (Brozan, 2018). Naime, primjetno je kako se, posebice u gradskim područjima, zbivaju velike promjene, pa neki izvori spominju kako je urbanizacija pokazala nagli uzlazni trend tijekom posljednjih šezdeset godina. Točnije, globalna urbana populacija porasla je sa 751 milijuna u 1950. na 4,2 milijarde u 2018. godini te se zbog sveukupnog rasta stanovništva i masovnog kretanja ljudi iz ruralnih područja u gradove, predviđa da će se ta brojka do 2050. godine dodatno povećati za još 2,5 milijardi. U Europi, 74% stanovništva trenutno živi u gradovima, što je čini trećom na listi većinsko urbaniziranih regija svijeta, nakon Sjeverne Amerike i Latinske Amerike (Marando i dr., 2018; Koceva i dr., 2016). Drugi autor potvrđuje tezu kako je u slučaju urbanih prostora prisutna velika problematika oko urbanog rasta te sve veće uporabe površina (Holt i dr., 2015). Gradovi se, također susreću sa sve više problema, poput toplinskih urbanih otoka (eng. *UHI*) i toplinskih valova koji postaju sve češći, a vjerojatno je da će postati i učestaliji u budućnosti (URL2). Nadalje, izvor (URL3) spominje dodatne nepovoljne utjecaje na klimu koji su prisutni u gradovima poput dima, čađe i prašine, nastali prometom i industrijskom djelatnošću pogoduju stvaranju magle te smanjuju intenzitet Sunčeve radijacije za 10–20%; grijanje zimi, te ljeti toplinska apsorpcija nagomilanog građevnog materijala, povećava temperaturu zraka za 1–2 °C u odnosu na okolicu grada; pomanjkanje biljnog pokrova i velike površine pokrivene zgradama, pločnicima i kolnicima ubrzavaju otjecanje oborinske vode u kanale, a samim time smanjuju vlažnost zraka; vjetar je zbog trenja na

kućama općenito oslabljen, ali mjestimično i pojačan, ako je kanaliziran smjerom ulica; promjenom sastava površinskog sloja tla mijenja se i toplinska vodljivost tla, a time i toplina tla i zraka. Stoga je, u pogledu smanjenja gore navedenih problema u urbanim središtima, sastav biljnog pokrova od iznimne važnosti, a pogodnosti zelenila su brojne (Slika 1.). Dakle, rješenja za čim bolje i ekološki prihvatljivije upravljanje gradovima, mogu se postići uz pomoć usluga koje zelene površine pružaju u gradskim središtima, a više ili manje direktno utječu i na vodene ekosustave, točnije ciklus kretanja vode, regulaciju površinskog otjecanja, pročišćavanja vode itd. Hidrološki ciklus, također se može promatrati kao dio vodenog ekosustava, na koji neminovno utječe okolna vegetacija, stoga je nužno u promatranju vodenih ekosustava uključiti i učinke koji vegetacija čini na njih.



Slika 1. Neke od pogodnosti drveća na ekosustave (izvor: URL3).

Naposljetku, važno je spomenuti kako se usluge ekosustava također promoviraju kao koncept koji ima potencijal i za poboljšanje ekološkog planiranja u urbanim područjima na temelju cjelovitijeg razumijevanja složenih međudnosa i dinamike socijalno-ekoloških sustava, što se postavlja kao imperativ. Međutim, znanstveni diskursi o oba koncepta još uvijek nemaju okvire usmjerene na primjenu koji bi razmatrali takvu holističku perspektivu i bili prikladni za uvođenje usluge ekosustava u praksu planiranja (Haase i dr., 2014).

## 2. PREGLED LITERATURE I DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Povijest kreiranja pojma usluga ekosustava

Pojam usluga ekosustava (eng. *ecosystem services*) prvi se put pojavljuje 1981. godine, usprkos tome što se priroda s ekonomske perspektive krenula opisivati i analizirati još u 18. stoljeću (URL4).

Neki autori tvrde kako je koncept usluga ekosustava produkt prethodno nastalog MEA, stoga je za razumijevanje istih važno objasniti njegove principe. MEA se fokusira na nekoliko glavnih pitanja: (i) kakvo je trenutno stanje ekosustava i usluga koje oni pružaju za kvalitetu ljudskog života i koliko su modificirani u posljednje vrijeme?; (ii) prema vjerodostojnim procjenama trendova razvoja iz čimbenika poput rasta populacije i gospodarstva, tehnološkog razvoja i vladajućih struktura, kako će se opskrba dobrama i usluga ekosustava mijenjati te koji su mogući učinci na ljudsko blagostanje?; te, u konačnici, (iii) kakve smo uspješne pothvate imali u prošlosti u konzervaciji i optimizaciji uporabe dobrama i usluga ekosustava te što predviđamo kao moguće opcije u budućnosti? (Mooney i dr., 2004). U nekim se radovima navodi kako je MEA, pak, kreiran s namjerom da se pokuša globalno ocijeniti stanje ekosustava kao što je to učinjeno Međuvladinim panelom o klimatskim promjenama (eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) (Reid i Mooney, 2016, MEA 2005).

Mooney i dr. (2004.) navode kako je MEA pridonio kreiranju programa pod nazivom "Procjena bogatstva i vrednovanje usluga ekosustava" (eng. *Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, WAVES*) programa Svjetske Banke koji ima za cilj promovirati održivi razvoj obavezno uključujući prirodne resurse u planiranju razvoja.

MEA je imao značajan utjecaj na znanstvenu zajednicu, što se može vidjeti u razvoju međunarodnog istraživanja globalnih promjena. U konačnici, MEA je imao i značajni utjecaj na provedbu globalne procjene u srodnim poljima, primjerice projekta Ekonomija ekosustava i bioraznolikosti (eng. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB*), čiji je cilj promovirati bolje razumijevanje istinskih ekonomskih vrijednosti usluga ekosustava i ponuditi ekonomske alate koji uzimaju u obzir prave čimbenike (TEEB, 2008).

To je, također, kako je u prethodnom poglavlju navedeno, i jedan od ciljeva procjena usluga ekosustava.

## 2.2. Uloga Ujedinjenih naroda u konceptu usluga ekosustava

Godine 1995. UN-ov Program za okoliš (eng. *United Nations Environment Program, UNEP*) surađivao je sa znanstvenicima u postavljanju Procjene globalne bioraznolikosti (eng. *Global Biodiversity Assessment, GBA*) koji je imao za cilj informirati o razmatranjima Konvencije o biološkoj raznolikosti (eng. *Convention on Biological Diversity, CBD*) (Watson i dr., 1995). Uz ovu postoje i druge konvencije na temu bioraznolikosti, kao i IPCC koji je imao za ulogu informirati o razmatranjima Okvirne konvencije UN-a o klimatskim promjenama. Dizajn MA bio je utemeljen na iskustvima GBA-e, kao i na istraživanjima koja su pomogla identificirati karakteristike uspješnih znanstvenih procjena (Reid i Mooney, 2016, Cash i Clark, 2001). Ranije spomenuti IPCC nastao je, također, na poticaj UN-a. Sve u svemu, izvodi se zaključak kako je kreiranje najvažnijih konvencija, panela i dokumenata glede zaštite okoliša provedeno na inicijativu UN-a.

U recentnijoj povijesti je, također, vidljiv značaj UN-a. Naime, izdavanjem 17 Ciljeva održivog razvoja (eng. *Sustainable Development Goals, SDGs*) skrenuta je pozornost ne samo na programe poboljšanja socijalnih i ekonomskih pitanja, već je to dalo dodatno usmjerenje k rješavanju pitanja smanjenja bioraznolikosti, zagađenja voda i sličnih problema iz polja okoliša (URL5). Dakle, neosporno je kako će zbog ispunjavanja UN-ovih Ciljeva održivog razvoja sve veći naglasak biti na istraživanjima u pogledu zaštite okoliša, flore i faune, a kako bi se odredio njihov značaj, najprikladnije su upravo procjene usluga ekosustava. Naime, jedan od primjera kako su ciljevi održivog razvoja povezani s uslugama ekosustava jest kako se uz pomoć potonjeg može procijeniti mogućnost pročišćavanja vode putem biljnog pokrova, zastupljenost određenih biljnih i životinjskih vrsta te razne utjecaje na njihova staništa, pa čak i odrediti ekonomsku vrijednost koju donose stanovništvu i slično.

### 2.3. Problematika vezana uz usluge ekosustava

Brojni autori navode samo definiranje usluga ekosustava kao osnovni problem. Tako La Notte i dr. (2017.) tvrde kako, iako postoje različite definicije i tumačenja usluga ekosustava (što može biti nedostatak), one mogu biti korisne za obogaćivanje područja istraživanja, no za to je potrebno riješiti postojeću dvosmislenost, pa predlažu definiciju usluga ekosustava kao interakcije ekosustava koji uzrokuju promjenu ljudskog blagostanja. Drugi pak autori spominju kako postoji pregršt definicija te se one često preklapaju (Robertson i dr., 2014).

Oko toga, pak, što ima najveći utjecaj na promjene ekosustava, znanstvenici imaju različite stavove. Neki stručnjaci smatraju kako će klimatske promjene imati značajne posljedice za čovječanstvo i svjetske ekosustave, iako je pogrešno smatrati da će isključivo promjene u okolišu dovesti do takvog ishoda (Reid i Mooney, 2016). Isti izvor navodi kako goleme utjecaje na ekosustave čini i erozija tla, kemijsko zagađenje, gubitak bioraznolikosti, kao i neodrživo crpljenje vode iz rijeka i vodonosnika.

Neki autori navode kako su u prošlosti prikupljane informacije uglavnom o opsegu i stanju određenog stanja ekosustava - na primjer, bioraznolikosti - ali ne nužno o kvantifikaciji pružanja pruženih usluga. Planirano je da će MEA stimulirati više istraživanja o stanju, funkcijama i međusobnim odnosima ekosustava. Izazov koji se pojavljuje jest pružiti dovoljno čvrstih temelja kako bi naknadne procjene mogle jasno dokumentirati stanje napretka u održavanju biotičkih sustava o kojima svi ovisimo (Mooney, 2004).

Međutim, mnoge usluge koje pružaju ekosustavi za gradski život ne zadobivaju preveliku važnost kod ljudi i kreatora politika (Faehnle i dr., 2015, Jansson i Nohrstedt, 2001). Većina tih usluga prolazi nezapaženo jer nemaju stvarnu cijenu u gospodarstvu, a ljudi i politika ih rijetko prepoznaju (Daily, 1997, Constanza, 1992, Odum, 1989). No, ipak, usluge ekosustava usko su povezane s rastućim tržištem vrijednosti sirovina od više milijardi dolara procijenjene vrijednosti, pa se usluge ekosustava sve češće koriste kao političko rješenje za ekološke probleme od ugroženih vrsta do klimatskih promjena (Robertson i dr., 2014).



Primjene dobivenih znanja iz procjene usluga ekosustava, također, se smatraju problemom (Bennett i dr., 2015). Isti autor, stoga, predlaže multidisciplinarni pristup kroz vrednovanje različitih usluga ekosustava.

## 2.4. Preporučene metode

Kako bi se podržalo održivo pružanje usluga iz ekosustava, kod planiranje urbanih infrastruktura moraju se uzeti u obzir složene ekološke i društvene procese koji djeluju u različitim vremenskim okvirima i prostorno se razlikuju unutar regije (Faehnle i dr., 2015).

Prema Burkhard i dr. (2012.), važno je odabrati odgovarajuće pokazatelje usluga ekosustava koji bi trebali biti: mjerljivi, osjetljivi na promjene u pokrovu zemljišta, vremenski i prostorno eksplicitni te skalirajući. U skladu s time, urbano socijalno-ekološki pristup (Berkes i Folke 1998) bit će sve više neophodni za postizanje boljeg ljudskog blagostanja u urbanim sredinama suočavajući se s novim i složenim izazovima kao što su klimatske promjene (Bowler i dr., 2010; Ernstson i dr., 2010; Chelleri i Olazabal, 2012), migracije (Seto i dr., 2011), pomicanje i globalizirano ekonomsko ulaganje (Childers i dr., 2013) i telekomunikacije na gradskim zemljištima (Hasse, 2014, Seto i dr., 2012).

Prema Kroll i dr. (2011.) potrebno je koristiti metodu kojom će se postići dobar kompromis između preciznosti, široke primjenjivosti na različite krajolike i prilagodljivosti različitim dostupnim podacima, dok prema Zipperer i dr. (2000), temeljni koncept ekosustava mora sadržavati ljudsku komponentu kako bi se objasnio ljudski utjecaj na urbani krajolik (Larondelle i Haase, 2013).

Kao ključnu strategiju za rješavanje pitanja održivog urbanog razvoja, EU se zalagala za razvoj rješenja utemeljenih na prirodi, kao što je provedba zelene infrastrukture (GI), koja može pružiti širok raspon regulacijskih usluga ekosustava (ES) (Marando i dr., 2018). GI elementi – točnije periurbane i urbane šume i ulična drveća, kao i efekt pokrivenosti vegetacijom te utjecaj raznolikost drveća dobri su pokazatelji za procjenu regulacijskih usluga ekosustava. GI je važan za strategiju prilagodbe klimi temeljenoj na ekosustavu u urbanim sredinama, doprinoseći definiranju kriterija i pokazatelja utemeljenih na znanju, relevantnih

za donošenje odluka u mediteranskim gradovima (Marando i dr., 2018). Međutim, Baró i dr. (2015.) u svom istraživanju sugeriraju da se od reguliranja usluga ekosustava koje pruža urbana zelena infrastruktura očekuje da igraju samo manju ili komplementarnu ulogu u odnosu na druge urbane politike namijenjene smanjenju onečišćenja zraka i emisija stakleničkih plinova na razini grada. Usto, vrednovanje usluga ekosustava uz pomoć efekta hlađenja koji vegetacija stvara, postalo važno pitanje u trenutnoj procjeni usluga ekosustava, posebice za urbana područja (Zhao i dr., 2019). Ipak, ne treba se u potpunosti oslanjati na pozitivne doprinose drveća budući da neki izvori tvrde da 60% drveća u gradovima doživi tek 22 godine (URL6).

Utjecaj usluga ekosustava može se procjenjivati još i na sljedeće načine: (i) emisivnošću površina ili (ii) evapotranspiracijom (Schwarz, 2011), (iii) potencijalom hlađenja drveća (Bowler i dr., 2010) ili, pak, (iv) sekvestracijom ugljika (Strohbach i Hasse, 2012, Gibbs, 2006).

Kod mjerenja temperatura dolazimo do drugih nedostataka. Naime, neki autori navode kako temperature zraka ne mogu biti jednostavno procijenjene na prostorno eksplicitan način. Točnije, postoje mala mjerenja za pojedinačne zgrade ili male građevine u gradovima (npr. Offerle i dr., 2007). Međutim, teško je izvući veze između specifičnih klasa korištenja zemljišta i temperature zraka (Cheng i dr., 2008), što zahtijevaju simulacijske modele s intenzivnim unosom podataka čak i za jednostavne izračune. To je daleko od relevantnog za svakodnevnu praksu planiranja. Stoga su potrebni pokazatelji koji služe kao tzv. *proxy* za temperaturu zraka (Schwarz i dr., 2011).

U izradi procjena usluga urbanih vodenih ekosustava evapotranspiracija je, također, bitan pokazatelj jer je relevantna za balans vode urbanog područja, ali i za temperaturu zraka (Schwarz i dr., 2011, Haase i Nuissl, 2007). Međutim, ta metoda dolazi i s nekim izazovima poput vremenske zahtjevnosti potrebne za prikupljanje podataka, dodatnu kalibraciju formule u ovisnosti od vrste tla na području istraživanja i sl.

Analiza ugljičnog otiska (tzv. *carbon print*) je, također, jedna od uspostavljenih metoda za sustavno kvantificiranje oslobađanja i izvora ugljika tijekom životnog vijeka dobara i usluga. Metoda procjene sekvestriranja ugljika ima mnogo izazova, najviše ih je povezano s rastom drveća i smrtnošću stabala. Naime, povećanje godišnje smrtnosti stabla s 0,5 na 4% smanjuje

sekvestraciju za više od 70% (Strohbach i dr., 2011). Također, takva procjena iziskuje dugotrajnije promatranje te, naravno, stručnost u poznavanju flore.

Uslugama ekosustava koje pružaju urbani zeleni prostori za vodeni ekosustav posvećeno je manje pozornosti. Ipak, važna uloga koju urbane zelene površine vrše jest ta što mogu učinkovito smanjiti površinsko otjecanje (Bernatzky, 1983; Chengi dr., 2008; Douglas, 2011; Shepherd, 2006), a ono utječe na globalan ciklus kruženja vode, koji se ponekad zanemaruje, no u posljednje vrijeme manje zbog sve jačeg zagađenja voda. Postoje studije (Zhang i dr. 2012) kojima je izračunata čak i ekonomska vrijednost zelenih površina u reduciranju površinskog otjecanja.

Zelene površine, također, osiguravaju funkciju regulacije vode uglavnom kroz zaustavljanje oborina u krošnjama lišća, skladištenjem vode u kapilarama u tlu i infiltraciju oborina prema dolje (Yang i dr., 2015).

Nadalje, suprotno opće uvriježenom mišljenju, nisu samo zelene površine apsorbensi ugljika, već značajnu ulogu u tome imaju i vodeni ekosustavi (URL7). Isto potvrđuju Schallenberg i dr. (2013.) navodeći kako jezera mitiraju efekte klimatskih promjena na dva glavna načina: sekvestracijom ugljika i hidrološkim „puferiranjem“. Isti autori tvrde kako je procijenjeno da na globalnoj razini površinske vode odvajaju oko 20% ugljika prenesenog s kopna, smanjujući gubitke ugljika iz površinskih voda u atmosferu za otprilike jednu trećinu (Tranvik i dr., 2009). Stoga, jezera imaju važnu ulogu u reduciranju posljedica klimatskog zatopljenja (Schallenberg i dr., 2013).

Također, u procjenama usluga ekosustava, znanstvenici se često koriste i ekonomskim ili pak kulturnim uslugama ekosustava. Tako su Allen i dr. (2015.) istražili kako su različite aktivnosti poput ribolova, planinarenja, promatranja ptica te, općenito, turistički posjeti Velikim jezerima u 2010. godini doprinijela američkoj ekonomiji s 15,4 milijarde dolara.

Kulturne usluge ekosustava odnose se na širok raspon nematerijalnih koristi koje ljudi primaju od ekosustava (Milcu i dr., 2013). U usporedbi s drugim koristima usluga ekosustava, one su direktno primijećene od strane javnosti, što može biti važan kriterij i opravdan razlog za obnovu ekosustava i ulaganja u njih (Daniel i dr., 2012).

Kategorije kulturnih usluga ekosustava uključuju rekreaciju i pozitivne učinke prirodnog krajolika u održavanju mentalnog i fizičkog zdravlja, kao i ekonomske koristi, estetsko uvažavanje, duhovno iskustvo i osjećaj mjesta povezanog s turizmom prirodnih ljepota (TEEB, 2010).

Usto, moguće je pridati i pozornost vodenim ekosustavima *per se* na način da se provedu istraživanja kakvoće vode, primarne produkcije i slično. Poznato je kako su alge proizvođači kisika baš kao i biljke te na taj način pridonose boljoj kvaliteti zraka. Usto, zbog prethodno navedenih izazova današnjih ekosustava poput sve većeg zagađenja ispušnim plinovima, svakako bi bilo nužno poraditi i na tom aspektu motrenjem razina emisija u zraku.

Glede procjena društvenih usluga ekosustava, svakako je najefikasnija metoda anketa čim većeg broja ljudi o tome koliko im određeni lokaliteti znače, posebice u rekreacijske, ali i u zabavne svrhe.

### 3. TEMELJNE POSTAVKE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Područje istraživanja

Urbana morfologija potencijalno ima važan utjecaj na usluge ekosustava. Stoga je moguće promicati pružanje usluga kroz urbanu strukturu koja opskrbljuje procese i funkcije koje ih podupiru. Međutim, potrebno je razumijevanje sposobnosti urbanih područja da proizvede višestruke usluge ekosustava i prostorni obrazac njihove proizvodnje (Holt i dr., 2015).

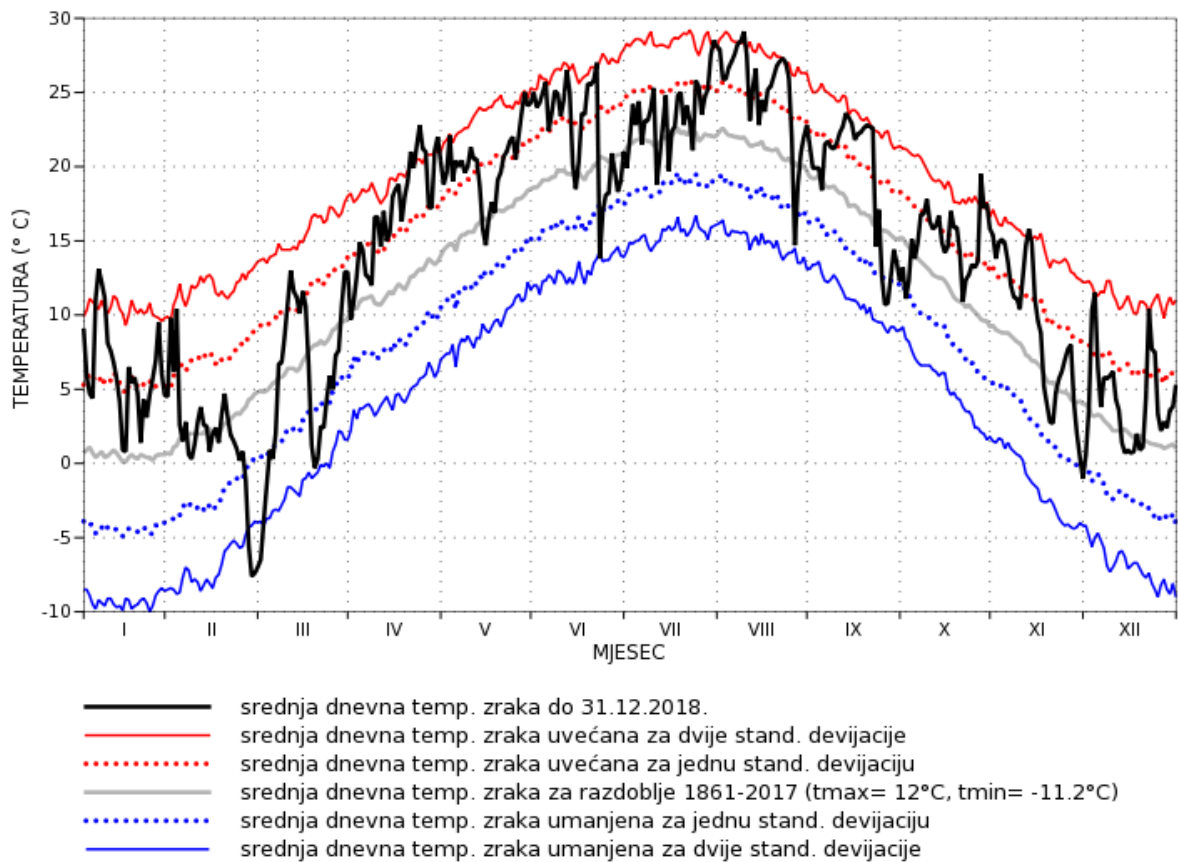
Ovim se radom proučava urbani prostor jer gradovi igraju važnu ulogu u globalnom kruženju ugljika. Gradovi su izvor velikog dijela emisija CO<sub>2</sub>, no u tim područjima nailazimo na urbane šume te druge zelene površine koje imaju sposobnost pohranjivanja ugljika, što nije lako mjeriti (Strohbach i dr., 2012). Osim toga, procjenjuje se kako će do 2050. godine čak 75% stanovništva živjeti u urbanim područjima (UN, 2012). Stoga je iznimno važno zbog urbanog planiranja imati istražene prinose dobara ekosustava (Hasse i dr., 2014).

Grad Zagreb glavni je grad Republike Hrvatske. Prostire se na 641,32 četvornih kilometara te, prema procjeni iz 2017. godine, u njemu živi 802 762 stanovnika. Od ukupne površine, 75.3% otpada na zelene površine, na izgrađena područja 21% te na promet 3,7% (Grad Zagreb, 2018; Urban atlas, 2012). Na području grada Zagreba nalazi se 7 posebnih rezervata šumske vegetacije unutar Parka prirode Medvednica te 3 značajna krajobraza. Glede vodenih površina, najznačajnija je rijeka Sava koja protječe Zagrebom u duljini od 29 kilometara (Grad Zagreb, 2018; MZDE).

Prema Köppenovoj klasifikaciji klima, Zagreb ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfb). Karakteriziraju ju niske temperature zraka u hladnijem dijelu godine, kada su prosječne mjesečne temperature između 0 i -2°C, dok je prosječna mjesečna temperatura najtoplijeg mjeseca iznad 20°C (Šegota i Filipčić, 1996).

Promatranjem vrijednosti srednjih dnevnih temperatura u Zagrebu 2018. godine u usporedbi sa srednjim dnevnim temperaturama od početaka mjerenja do 2017. godine (Slika 2.), vidljivo je pregršt promjena. Naime, u najvećem dijelu primjetna su povećanja temperature u odnosu na prosjek svih dosadašnjih mjerenja, dok u hladnijem dijelu godine imamo, pak, naglo

zmanjenje temperature. Međutim, uzmu li se u izračunu u obzir dvije standardne devijacije, odstupanja postaju sporadična, odnosno tek na nekoliko dana tijekom čitave godine.



Slika 2. Usporedba vrijednosti srednjih dnevnih temperatura u Zagrebu 2018. godine s razdobljem od 1861.–2017. godine (izvor: DHMZ, 2019).

Razlike u temperaturi mogu se tumačiti kao manje ili više upozoravajuće na klimatske promjene (varijacije), no ono što je sigurno jest kako Zagreb ide u korak s ostatkom svijeta u sve većem zagađenju, odnosno emisijama stakleničkih plinova, u ovom slučaju, prvenstveno zbog povećanja broja osobnih automobila (Birin, 2015).

Namjera je ovim radom istražiti dva najveća vodena područja u urbanom dijelu grada Zagreba, a to su jezera Bundek i Jarun. Prvi je nastao Bundek, zbog iskopavanja šljunka za gradnju Zagrebačkog velesajma 1955. godine, međutim zatvoren je za javnost već desetak godina kasnije, da bi opet postao funkcionalan 2005. godine (URL8). Drugi izvor (URL9) navodi kako površina parka Bundek iznosi 545 000 m<sup>2</sup> od čega 470 000 m<sup>2</sup> otpada na zelene

površine (travnjake), 50 000 m<sup>2</sup> na vodene površine (jezera), te 10 000 m<sup>2</sup> na pješačke staze te da sportsko rekreacijski centar Bundek čine Veliko jezero i Malo jezero.



Slika 3. Veliko i Malo jezero na Bundeku (fotografija: Ana Kunštek).

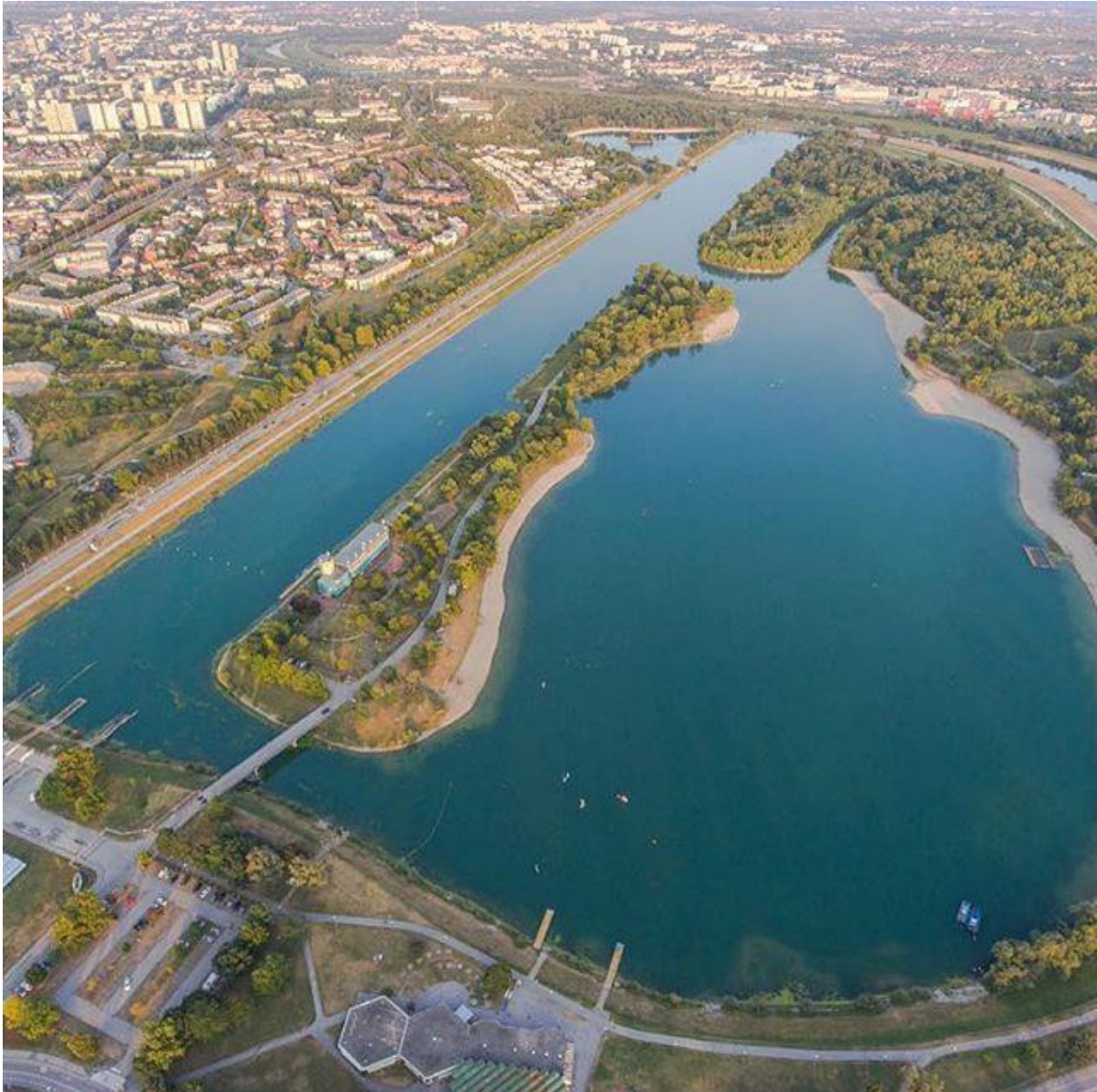
Potonji izvor još navodi kako je na Velikom jezeru uređena obala površine 10 000 m<sup>2</sup> na kojoj tijekom ljetne sezone za sigurnost kupaca brine spasilačka služba i liječnička služba, dok je oko jezera uređena je biciklističko – rolerska staza dužine 1650 m, pješačka staza te tri dječja igrališta.

Jarun je bio rukavac rijeke Save, koji je nakon gradnje nasipa 1964. postao močvara, a obzirom da se i ondje vadio šljunak, produbilo se jezero. Iako su oba jezera antropogenog podrijetla, njihov je značaj veliki, ne samo u pogledu velikih zelenih i vodenih površina, već i zbog kulturnih događanja, sportsko-rekreativnih te zabavnih sadržaja koji se ondje održavaju.

Sportsko-rekreacijski centar se, s druge strane, prostire se na 2 400 000 m<sup>2</sup> od čega 30% otpada na vodene površine. Čine ga regatna staza duga 2250 m i dva jezera – Veliko i Malo,



te šest otoka: Otok Univerzijade, Otok Trešnjevka, Otok Veslača, Otok Hrvatske mladeži, Otok Divljine i Otok Ljubavi. Uz obale Jarunskih jezera uređeno je 2500 metara šljunčanih plaža, a cijeli prostor rekreacijsko-športskog centra povezan je kilometrima pješačkih i biciklističkih staza.



Slika 4. Jarunsko jezero i dio okolnog istraživanog prostora (fotografija: Wikipedia).

Osim samih vodenih područja i njegovih okolnih parkova, promatrat će se i okolno područje na koji ta dva lokaliteta imaju golemi značaj. Drugim riječima, na primjeru Bundeka promatrat će se dijelovi okolnih kvartova Sopot, Središće, Travno, Zaprude i Hrelić, dok će se kod Jaruna promatrati kvartovi Gajevo, Horvati-Srednjaci, Staglišće te dijelovi Vrbana i



Prečkog (Slika 5.). Dakle, uz vodene i zelene površine važno je proučiti i udio cestovnih, stambenih i drugih površina na istraživanoj lokaciji.



Slika 5. Istraživane lokacije Jarun (gornja) i Bundek (donja slika) prikazane u QGIS-u u mjerilu 1:10 000 (izvor: Geoportal, 2011, GIS).

### 3.2. Ciljevi rada

Nakon opsežnog pregleda literature i najčešće korištenih metoda u procjeni usluga vodenih i urbanih ekosustava, definirani su sljedeći ciljevi rada:

- 1) saznati veličine zelenih i vodenih površina na Jarunu i Bundeku,
- 2) izračunati omjer tih površina u odnosu na broj stanovnika u tim dijelovima,
- 3) odrediti iznose površinskog otjecanja u odnosu na vrste pokrova površina,
- 4) saznati o bioraznolikosti istraživanih područja te o
- 5) sedimentu kao regulacijskoj usluga ekosustava.

Prema Schallenber i dr., 2015, prva su dva cilja odgovor na opskrbne i/ili kulturne usluge ekosustava, dok su treći i peti su odgovor na regulacijske usluge ekosustava. Četvrti se, prema istim autorima, smatra „ispunjenjem obaveza prema globalnim konvencijama“.

## 4. METODE

Postoje radovi na temu ekosustava jezera koji promatraju tek jednu komponentu koja utječe na neke od četiri u uvodu spomenute usluge, pa se primjerice promatraju populacije riba kao regulacijska usluga ekosustava (Holmlund i Hammer, 1999) ili, pak, isključivo ekonomske prednosti koje ekosustavi pružaju (Allan i dr., 2015), odnosno, gubitke koji nastaju onečišćenjem, nezgodama i slično (Rothlisberger i dr., 2012). Međutim, u ovome se radu maksimalno nastoji primijeniti holistički i multidisciplinarni pristup.

Prva korištena metoda u ovome radu bila je pronalazak relevantne literature na temu usluga ekosustava, s naglaskom na vodene ekosustave, što je većim dijelom učinjeno putem platforme *OneSearch* Sveučilišta u Lancasteru, Google Znalca (eng. *Google Scholar*) te upitima autorima za određene radove putem *Research Gate*-a. Adekvatni znanstveni radovi te knjige su, osim za dodatna saznanja u pogledu usluga ekosustava, koristili i za odabir najefikasnijih metoda u procjeni usluga ekosustava.

Nadalje, lokacija istraživanja određena je prema tome na koji dio grada jezera Jarun i Bundek imaju najveći utjecaj. Područje je potom kartirano u Quantum GIS-u uz pomoć digitalnih ortofoto karti sa servisa Geoportal. Dolaskom na teren zabilježeno je stanje fotografiranjem, kako bi se kasnije lakše mogla odrediti vrsta pokrova, odnosno tip zelene površine.

Kako bi se postigli ciljevi iz poglavlja 3.2., koristit će se sljedeće metode:

- 1) vektorizirati područja prema različitim funkcijama u QGIS-u,
- 2) izračunati površine pomoću različitih alata te saznati broj stanovnika prema posljednjem popisu stanovništva,
- 3) prema dostupnim podacima o količini padalina te formulama i uputama izračunati iznose površinskog otjecanja,
- 4) istražiti floru i faunu putem raznih portala i literature te
- 5) proučiti važnost sedimenta.

## 4.1. Rekreacija

U skladu s prethodno spomenutim funkcijama stabala i zelenila kao površinama za rekreaciju, u ovome će se radu raditi procjena njihove važnosti na ovim lokalitetima. Jarun i Bundeck poznati su kao rekreacijski lokaliteti, pa se procjena pravila u pogledu njihove važnosti za rekreativne svrhe. Točnije, pravljena je procjena ukupne površine na promatranim lokacijama te naknadno relativna usporedba prema broju stanovnika, koji je prikupljen iz dokumenta koji sažima podatke s posljednjeg popisa stanovništva 2011. godine (URL10). Međutim, i vodena područja mogu se upotrebljavati za rekreaciju, kao i okolne površine te staze oko njih. Stoga su i one uzete u taj izračun. Procjena veličine tih površina napravljena je uz pomoć poligonskih vektora čime je označeno područje od interesa, a onda alatima poput Field Calculator iz QGIS-a izračunata površina. Omjer tih površina prema broju stanovnika u kvartovima određen je jednostavnim statističkim funkcijama u Microsoft Excel<sup>®</sup>-u.

Prema Allan i dr. (2015), rekreacijske aktivnosti na jezerima mogu biti sljedeće: sportski ribolov, plivanje, obilazak parkova, promatranje ptica, veslanje itd.

U skladu s navedenim u poglavlju 3.1., u okolici jezera Jarun i Bundeck nalaze se i brojne rolersko-biciklističke staze, šetnice itd.. U istraživanom području nalaze se i brojne škole i vrtići te športsko-rekreacijski centri „Mladost“ i „Jarun“ te konjički i kajak-kanu klub i drugi.

## 4.2. Površinsko otjecanje

Kako bi se izvršila treća točka cilja ovog rada, korištena je metoda određivanja iznosa površinskog otjecanja na istraživanim lokacijama i u odnosu na vrste pokrova površina. Naime, Yang i dr. (2015.). navode kako SCS model procjenjuje površinsko otjecanje prema vezi između tipa površinskog pokrova, dnevne količine padalina te vrste tla (Lim i dr., 2006). Taj model se može primijeniti na urbana i neurbanizirana područja (USDA, 1986). Za potrebe izrade izračuna prema SCS modelu, potrebno je odrediti maksimalni retencijski potencijal nakon početka otjecanja (S), a kako bi se, pak dobio iznos CN (eng. *curve number*), koji služi za određivanje svojstava otjecanja određenog tla te vrste pokrova. Slijedi da visoke vrijednosti CN-a (poput, primjerice, 98 za kolnike) uzrokuju da se većina kiša pojavi kao otjecanje te, sukladno tome, minimalnom infiltracijom. Niže vrijednosti (kao što su 58 za određene šumske

površine) odgovaraju povećanoj sposobnosti tla da propušta vodu, te će proizvesti znatno manje površinskog otjecanja (URL11).

Yang i dr. (2015.) navode kako je SCS metoda krivulje površinskog otjecanja (SCS, 1972) bazirana na vodnoj bilanci na dvije temeljne hipoteze, koje se mogu izraziti kao:

$$P = Ia + F + Q,$$

$$\frac{Q}{P - Ia} = \frac{F}{S}$$

gdje je Q otjecanje u milimetrima (mm); P ukupna količina padalina u razdoblju od 5 dana prije poplave, a u ovome radu najkišovitijeg dana u mjesecu, (mm); Ia je inicijalna abstrakcija u mm, koja predstavlja sve gubitke prije nego otjecanje započne. F je kumulativna infiltracija izuzimajući Ia; S je maksimalni retencijski potencijal nakon početka otjecanja (u mm); dok je kombinacijom dviju gore spomenutih jednadžbi dobiva se izraz za Q:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (1)$$

Jednadžba (1) vrijedi za  $P > Ia$ ; inače,  $Q = 0$ , prema čemu je izvedena sljedeća formula:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad P \geq Ia \quad (2)$$

$$Q = 0, \quad P < Ia$$

Jednadžba (2) je ključna formula u SCS modelu. Parametar S je u (2) definiran kao:

$$S = \frac{25\,400}{CN} - 254 \quad (3)$$

gdje je S mjereno u milimetrima i CN varira, prema jednom od tri tipa prevladavajućeg stanja vlažnosti tla: CN I = suho, CN II = umjereno, CN III = vlažno. Ia je veoma varijabilna, ali je, općenito, povezana s parametrima prema vrsti tla i tipa pokrova.

Odnos između S i CN je čista matematička transformacija, izvedena isključivo radi jednostavnijeg prikazivanja koeficijenta te za lakše razumijevanje (Hawkins, 2001, Parasuraman i dr., 2007).

Kako bi se pojednostavio izračun, Yang i dr. (2015.) navode kako je varijabla Ia eliminirana na temelju iskustvenog odnosa prema izrazu:

$$Ia = mS$$

gdje je m konstanta i iznosi 0.2. U konačnici dobivamo sljedeću jednadžbu:

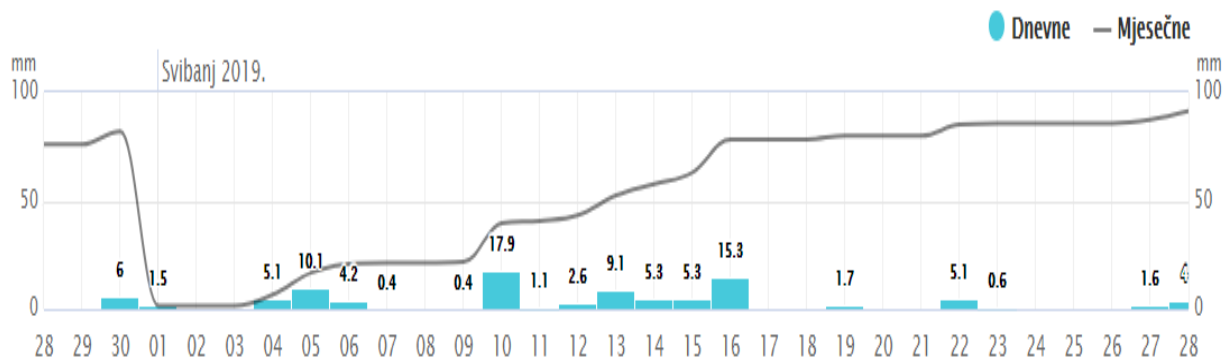
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad P \geq 0.2S \quad (4)$$
$$Q = 0 \quad P < 0.2S$$

Naime, (4) je uobičajena forma SCS modela.

Uz pomoć Digitalne pedološke karte s portala Tlo i biljka prof. dr. sc. Vladimira Vukadinovića (URL12) određeno je kako na istraživanom području prevladava pseudoglejno do močvarno glejno tlo. Takva se tla, prema URL13 opisuju kao praškasto ilovaste do praškasto-glinasto-ilovaste teksture, nestabilne praškaste do sitnomrvičaste strukture, što prema USDA, 1986 znači kako su to tla C kategorije. Također, drugi izvor kako su to ujedno i najčešća tla u ovom dijelu Hrvatske (URL14).

Količina padalina u 5 dana odabrane za izračun ovome radu pripadaju razdoblju od 5. do 9. svibnja 2019. godine, podaci su preuzeti s URL15 (Slika 6.). Istraživano razdoblje je veoma kratko budući da su prethodni mjeseci bili ispodprosječno kišoviti i ne bi bili pogodni za ovu metodu. Sljedeći je korak bio zbrojiti količinu padalina u tih 5 dana te dobivenu vrijednost preračunati u inče, budući da se u tablici za određivanje CN broja koriste inči. Zatim se

promotri tablica prema kojoj se odredi iznos CN-a, nakon čega se naprave izračuni prema gore navedenim formulama (URL16).



Slika 6. Dnevne i mjesečne količine padalina u Zagrebu, svibanj 2019 (izvor: URL16).

### 4.3. Bioraznolikost

Prostor Jaruna je stanište raznolikog životinjskog svijeta, točnije 130 vrsta ptica i 29 vrsta riba (URL17). S druge strane, prema portalu botanic.hr, na Jarunu je zabilježeno preko 350 biljnih vrsta na gotovo 50 lokaliteta (URL18).

Bundek je evidentno slabije istražen te se za njega jedva može pronaći literatura, a i mnogo je manji lokalitet od Jaruna. Izvor tek navodi kako je „Malo jezero ostavljeno je kao prirodno stanište brojnim biljnim i životinjskim vrstama“ (URL19).

### 4.4. Sediment

Hranjive tvari mogu se taložiti u sedimente na dnu jezera (Peters i dr., 2011) te u određenoj mjeri pročišćavati jezersku vodu koja teče nizvodno. Ovaj proces samopročišćavanja je princip koji stoji iza upotrebe nekih umjetnih jezera za zaštitu osjetljivih nizvodnih ekosustava od potencijalno štetnih razina hranjivih tvari, taloga ili drugih opterećenja kontaminantima (Schallenber i dr., 2015). Upitno je dolazi li i do koje mjere do autopurifikacije u jezerima poput Jaruna i Bundeka koji nemaju nizvodni tok. Andabaka,

Senta Marić i Janev Holcer (2008) tvrde kako se u Bundecku nalaze teški metali, stoga je veoma važno razmatrati opcije pročišćavanja.

Denitrifikacija je transformacija nitrata i nitrita u slobodni dušik ili dušične okside zbog utjecaja denitrifikacijskih bakterija. Proces se odvija uz nedostatak kisika i rezultira trajnim uklanjanjem reaktivnog dušika iz vodenih sustava (URL20). Bruesewitz i dr. (2011.) utvrdili su da povećano opterećenje dušikom (npr. iz intenzivnog korištenja poljoprivrednog zemljišta) rezultira povećanjem stope denitrifikacije u sedimentima, vjerojatno kao posljedica povećane prisutnosti anoksije, što je preduvjet za pojavu denitrifikacije.

Slična je situacija i na Jarunu, u čijoj se neposrednoj blizini, također, pojavljuju poljoprivredna zemljišta pa je pojavnost ovog procesa značajna.

Međutim, literatura ukazuje na to da se udio dušičnog opterećenja denitrificiranog u jezerima smanjuje s povećanjem stope utroška dušika (Seitzinger i dr., 2006). Prema tome, čini se da se denitrifikacija ne može pouzdati u potpuno pročišćavanje viška opterećenja dušikom do jezera, ali može djelomično objasniti niže omjere dušik-fosfor (Abell i dr., 2010) i mogućnost cvjetanja cijanobakterija (Smith, 1983). Međutim, potonje nije problem u slučaju Jaruna i Bundecka obzirom da ta jezera nisu eutrofna.

Drugi bakterijski posredovan proces koji pretvara i prenosi reaktivni dušik iz vode u atmosferu poznat je kao anaerobna amonijeva oksidacija (Anammox), za koji ne postoji globalni konsenzus o značaju u uklanjanju dušika u jezerima (Burgin i Hamilton, 2007).



## 5. REZULTATI

Ukupno je ovim radom obuhvaćeno 10,74 četvornih kilometara istraživane površine, od čega 7,96 km<sup>2</sup> na Jarun, odnosno 2,78 km<sup>2</sup> na Bundeck.

Od tih površina, 1,57 km<sup>2</sup> otpada na zelene površine, a 1,15 km<sup>2</sup> na vodene, što iznosi 14%, odnosno 11% od ukupne istraživane površine. Iznosi površina prema različitim tipovima navedeni su u Tablici 1.

Tablica 1. Veličina površina (u km<sup>2</sup>) za rekreaciju na prostoru zagrebačkih jezera Jaruna i Bundecka prema različitim tipovima površinskog pokrova.

| Jarun           |                      |       |       | Bundeck         |                       |       |       |
|-----------------|----------------------|-------|-------|-----------------|-----------------------|-------|-------|
| zelene površine | vodene površine      | obala | staze | zelene površine | vodene površine       | obala | staze |
| 1,1             | 1,1                  | 0,025 | 0,1   | 0,47            | 0,05                  | 0,02  | 0,002 |
| UKUPNO          | 2,32 km <sup>2</sup> |       |       | UKUPNO          | 0,542 km <sup>2</sup> |       |       |

Kako bi se odredili relativni omjeri rekreacijskih površina i broja stanovnika, potrebno je bilo imati točne brojeve stanovnika po gradskim četvrtima (Tablica 2.). Odabrano je svih 6 mjesnih odbora koji pripadaju gradskoj četvrti Trešnjevka-Jug te 6 mjesnih odbora četvrti Novi Zagreb-istok najbližih i s potencijalno najvećim utjecajem na istraživano područje. Radi boljeg prikaza iznosa omjera, km četvorni pretvoreni su u četvorne metre. Tako dobiveni omjer površine za rekreaciju prema stanovniku iznosi 34,79 m<sup>2</sup> u slučaju Jaruna, odnosno 13,36 m<sup>2</sup> na području Bundecka.

Tablica 2. Broj stanovnika po gradskim četvrtima u istraživanim područjima.

| Jarun             |        | Bundek   |        |
|-------------------|--------|----------|--------|
| Gajevo            | 8 424  | Dugave   | 10 492 |
| Horvati-Srednjaci | 11 829 | Hrelić   | 2805   |
| Jarun             | 12 149 | Središće | 3708   |
| Knežija           | 10 484 | Sopot    | 7428   |
| Prečko            | 13 695 | Travno   | 9960   |
| Vrbani            | 10 093 | Zaprude  | 6184   |
| UKUPNO            | 66 674 | UKUPNO   | 40 577 |

Izvor: URL10

Glede površinskog otjecanja, važno je bilo odrediti tip tla te ukupnu količinu padalina.

Određeno je da na području Jaruna i Bundeka prevladava C tip tla. Ukupna količina padalina 5 dana (5.–9. svibnja 2019.) iznosi 15,1 mm. Kada se milimetri pretvore u inče ( $1\text{mm} \approx 0.04\text{ in}$ ) koji se koriste u tablici za određivanje CN broja, količina padalina iznosi  $\approx 0,6\text{ in}$ .

U tablici za određivanje CN prema kišovitijem, odnosno suhom dijelu godine (u tablici vlažna i suha sezona) te ukupnoj količini padalina u inčima, ova vrijednost označava da se radi o  $CN_{II}$  (Tablica 3.). Naime, svibanj možemo u Zagrebu podrazumijevati kao početak suhog dijela godine.

Tablica 3. Tablica za određivanje CN prema sezoni.

| Ukupna količina padalina u 5 dana prije najkišovitijeg dana (AMC) u inčima |             |               |
|--|-------------|---------------|
| AMC  | Suha sezona | Vlažna sezona |
| I  | < 0,5       | < 1,4         |
| II   | 0,5–1       | 1,4–2,1       |
| III  | > 1,1       | >2,1          |

Izvor: URL16

Tablica 4.  $CN_{II}$  vrijednosti za različite površine za tip tla C.

|                   | $CN_I$ vrijednost |
|-------------------|-------------------|
| zasađeni travnjak | 74                |
| zasađena šuma     | 70                |
| pločnici i ceste  | 98                |

izvor: Yang, 2015

Broj CN je kasnije upotrijebljen za dobivanje vrijednosti S, koji je iznosio 89,24 za zasađeni travnjak, odnosno 108,86 za zasađenu šumu i 5,18 za pločnike i ceste. Budući da je vrijednost P manja od vrijednosti  $0.2S$  za zelene vrste površina (17,85 odnosno 21,77 mm), za njih je vrijednost površinskog otjecanja bila 0, dok je za pločnike i ceste, čija je vrijednost  $0.2S$  bila jednaka 1,063 bilo moguće koristiti formulu (4). Iznosi površinskog otjecanja prema vrsti površina navedeni su u Tablici 5.

Tablica 5. Dobivene vrijednosti površinskog otjecanja (Q) prema različitim površinama.

|                   | Q     |
|-------------------|-------|
| zasađeni travnjak | 0     |
| zasađena šuma     | 0     |
| pločnici i ceste  | 33,01 |

## 6. RASPRAVA

Istraživana područja pokazala su relativno velike površine koje se mogu koristiti u rekreacijske svrhe, posebice kad se uspoređi s drugim sličnim studijama (Larondelle i Haase, 2013). Međutim, potrebno je imati na umu kako te resurse zapravo koriste i ljudi iz drugih bližih i daljih četvrti, pa ako bi se i to uračunalo u izračun, omjer rekreacijske površine po stanovniku bio bi drugačiji. No, pitanje koje se postavlja jest koliki je to broj građana koji koriste rekreacijske usluge istraživanih lokaliteta, Jaruna i Bundeka? I, jednako tako, koriste li baš svi stanovnici okolnih kvartova resurse ovih jezera? Vjerojatno je odgovor negativan, no, ipak, takvi se podaci uzimaju kao vjerodostojni za takva istraživanja, obzirom da bi točan broj bilo gotovo nemoguće odrediti jer i Jarun i Bundek imaju i povremene posjetitelje, strane i domaće turiste, ali i stanovnike grada Zagreba koji ih više ili manje redovito posjećuju.

U svakom slučaju za područje Jaruna može se izvesti zaključak kako zelenih i vodenih površina, kao i prostora za rekreaciju, poput teniskih terena i slično, ima na zadovoljavajućoj razini, što svakako pridonosi boljitku ljudi koji ih koriste, a posebice okolnog stanovništva.

Istraživano područje Bundeka nešto je manje od Jaruna, no ipak ne bilježi pomanjkanja prostora za rekreaciju pa tamo nailazimo na brojne staze, šetnice, parkovi i jezera, što je zadovoljavajuće.

Glede, regulacijskih usluga ekosustava, odnosno, trećeg cilja ovog rada, očekivani su rezultati prema onima iz studije Yang i dr. (2015.) u kojoj je konstatirano kako zelene površine igraju pozitivnu ulogu u precipitaciji vode, i to pogotovo šumovitija područja od samih travnjaka.

Razlozi za to mogu biti sljedeći: u šumovitim dijelovima imamo biljke dobro razvijenog i razgranatog korijenskog sustava koje će moći svojim kapilara upiti puno više vode, dok travnjaci toga nemaju. Bilo je za izgledno kako će i rezultati ove studije dati iste odgovore. Budući da ovaj rad obuhvaća teoretske izračune, rezultati su pokazali nadmoć zelenih površina u infiltraciji padalina u usporedbi s asfaltnim površinama. Međutim, u ovom radu nije pokazano kako su šumovitija područja uspješnija već obje lokacije pokazuju izostanak nastanka površinskog otjecanja vrijednošću 0, iako je potrebno uzeti u obzir da na otjecanje utječe i nagib, koji je u slučaju oba područja istraživanja veoma mali ili ga uopće nema.

Razlozi zašto nije prikazana razlika između travnjaka i šumovitih područja može biti u tome što je uzeta suša sezona u obzir, vremenski interval istraživanja je veoma kratak iz ranije spomenutih razloga te su sukladno tome dobivene drugačije vrijednosti za CN te je to dovelo do toga da posljedično vrijednosti S 0,2 budu niže od vrijednosti količine P te stoga budu jednake 0, što je uvjet (4) iz poglavlja Rezultati. Međutim, to nikako ne znači da šumovitiji dijelovi nisu bolji u sprječavanju površinskog otjecanja, već to samo u ovom slučaju nije moglo biti potvrđeno jer: (i) u ovom slučaju za prikaz razlike nije bilo niti potrebe zbog male ukupne količine padalina, (ii) ne vidimo utjecaj nagiba obzirom da radi o područjima s malim ili gotovo bez ikakvog nagiba, (iii) kratko je vrijeme istraživanja zbog neuobičajenih vremenskih prilika za to doba godine, kao i za prethodne mjeseci.

Ista studija je pokazala kako su prisutne razlike unutar, odnosno izvan sagrađenih područja. U slučaju ove studije to nije moguće prikazati budući da se i unutar i izvan sagrađenih područja nalazi ista vrsta travnjaka. Međutim, ukoliko se promatra relativno, svakako je da se u sagrađenom dijelu nalazi više cesti koje su onda manje uspješne u postizanju precipitacije vode te lakše dovode do površinskog otjecanja.

Uzme li se u obzir da u Hrvatskoj po nekim procjenama obitava 40 000 do 100 000 vrsta (URL21), što znači 0,7–1,7 vrsta/km<sup>2</sup>, Jarun je s oko 350 biljnih i 150 životinjskih vrsta na 10-ak km<sup>2</sup> (50 vrsta/km<sup>2</sup>) mnogo bogatiji bioraznolikošću od prosjeka države.

## 7. ZAKLJUČAK

Ovaj je rad pokazao kako je uloga dvaju, nakon rijeke Save, najvećih vodenih ekosustava u Zagrebu vrlo značajna u pogledu rekreacije stanovnika, obzirom da se veći dio tog i okolnog područja može upotrebljavati u te svrhe.

Glede iznosa površinskog otjecanja važno je osvijestiti kako u tome veliku ulogu imaju zelene površine, posebice u odnosu na antropogena, betonirana područja. Naime, rezultati su pokazali kako su travnate i šumovite površine važne za infiltraciju padalina, odnosno sprječavanje površinskog otjecanja, a samim time i za hidrološki ciklus ekosustava.

Jarun i Bundeč, također, su iznimno značajni krajolici za bioraznolikost budući da su staništa brojnih biljnih i životinjskih vrsta te bi njihovo očuvanje trebalo biti od iznimne važnosti. Važni su također i u kruženju hranjivih tvari.

Ova studija prije svega ima potencijala za proširenje fokusa istraživanja. Drugim riječima, mjerenjima temperature, količinom padalina *in situ* dobila bi se mogućnost procjene i ostalih usluga ekosustava poput smanjenja temperature zraka i zagađenosti ili, pak, emisivnosti i slično.

Prije svega, mjerenjem površinskog otjecanja dobili bi se precizniji izračuni te bi se mogla učiniti usporedba izračunatih i izmjerenih vrijednosti, odnosno vidjeti kolika su odstupanja te jesu li u granicama statističkih pogrešaka.

Nadalje, kod procjene padalina, treba imati na umu da su to bile ekstremnije vrijednosti zbog jakih pljuskova te da su ovakve pojave inače neuobičajene za ovo doba godine te kako bi se duljim vremenskim intervalom istraživanja dobili vjerodostojniji podaci.

Također, sam opseg površine istraživanja mogao bi biti veći, odnosno bilo bi od koristi raditi istraživanje na području čitavog grada Zagreba kako bi se dobili podaci koji bi se mogli uspoređivati sa sličnim studijama u drugim gradovima Europe.

Sve u svemu, opsežnijim i dugotrajnijim istraživanjem na ovu temu, vrlo je vjerojatno kako bi se otkrilo mnoštvo korisnih i vrijednih značajki ovih lokaliteta, ali i grada općenito.

## LITERATURA I IZVORI

1. Abell J., Özkundakci D., Hamilton D.P., 2010. Nitrogen and phosphorus limitation of phytoplankton growth in New Zealand lakes: Implications for eutrophication control, *Ecosystems* 13, 966–977.
2. Allan, J.D., Smith, S.D.P., McIntyre, P.B., Joseph, C.A., Dickinson, C.E., Marino, A.L., Biel, R.G., Olson, J.C., Doran, P.J., Rutherford, E.S., Adkins, J.E., Adeyemo, A.O., 2015. Using cultural ecosystem services to inform restoration priorities in the Laurentian Great Lakes, *Frontiers in Ecology and the Environment* 13, 418–424.
3. Andabaka, D., Senta Marić, A. i Janev Holcer, N. 2008. Teški metali u sedimentu jezera Savice i Bundeka, *Higijena okoliša*, Opatija, 14. ožujka 2008. 3–9. <https://bib.irb.hr/prikazi-rad?&rad=393401> (4. 6. 2018.)
4. Bennett, E.M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N.P., Peterson, G.D., Prieur-Richard, A.H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tschardtke, T., Turner, B.L., Verburg, P.H., Viglizzo, E.F., White, P.C.L., Woodward, G., 2015. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability, *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 76–85.
5. Berkes, F., C. Folke. 1998. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, New York, *Conservation Ecology* 4 (2): 5.
6. Bernatzky, A. 1983. The effects of trees on the urban climate. In *Trees in the 21st century. Berkhamster: Academic Publishers* (Based on the first *International Arboricultural Conference*).
7. Birin, D. 2015. Strategije i metode smanjenja emisija ugljičnog dioksida iz cestovnog

prometa, Završni rad - preddiplomski studij, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.

8. Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban green- ing to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence, *Landscape and Urban Planning* 97 (3), 147–155.
9. Brozan, D., 2018. Analiza ekološke mreže Natura 2000 u Istarskoj županiji, Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
10. Burgin, A.J., Hamilton, S.K., 2007. Have we overemphasized the role of deni-trifi cation in aquatic ecosystems? A review of nitrate removal pathways, *Frontiers in Ecology and the Environment* 5, 89–96.
11. Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Muller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21: 17–29.
12. Cash, D.W., Clark, W.C., 2001. From Science to Policy: Assessing the Assessment Process. Faculty Research Working Paper, Report RWP01-45. Harvard Kennedy School of Government, SSRN.
13. Chelleri, L., Olazabal. M., 2012. *Multidisciplinary perspectives on urban resilience. Workshop Report 1st ed*, Bilbao: Basque Centre for Climate Change. [https://www.researchgate.net/publication/235223379\\_Multidisciplinary\\_perspectives\\_o\\_n\\_Urban\\_Resilience](https://www.researchgate.net/publication/235223379_Multidisciplinary_perspectives_o_n_Urban_Resilience) (28.05.2018.)
14. Cheng, K.S., Su, Y.F., Kuo, F.T., Hung, W.C., Chiang, J.L., 2008. Assessing the effect of landcover changes on air temperature using remote sensing images - A pilot study in northern Taiwan, *Landscape and Urban Planning* 85, 85–96.
15. Childers, D.L., Pickett, S.T.A., Grove, J.M., Ogden, L., Whitmer, A. 2013. Advancing urban sustainability theory and action: Challenges and opportunities. *Landscape and Urban Planning*.



16. Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (23), 8812–8819.
17. Douglas, I. 2011. *Urban hydrology*. u I. Douglas, D. Goode, M. Houck, & R. S. Wang (Eds.), *Routledge Handbook of Urban Ecology* 148–158, Routledge, London.
18. *EEA Annual Report*, European Environment Agency, 1995., [https://www.eea.europa.eu/publications/corporate\\_document\\_1995\\_1](https://www.eea.europa.eu/publications/corporate_document_1995_1) (3. 5. 2018.)
19. Ernstson, H., Barthel, S., Andersson, E., & Borgström, S. T., (2010a). Scale-crossing brokers and network governance of urban ecosystem services: The case of Stockholm. *Ecology and Society*, 15(4), 28.
20. Ernstson, H., van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C., Elmqvist, T. (2010b). Urban transitions: on urban resilience and human-dominated ecosystems. *Ambio*, 39(8), 531–545.
21. Faehnle, M., Söderman, T., Schulman, H., Lehvävirta, S., 2015. Scale-sensitive integration of ecosystem services in urban planning. *GeoJournal* 80, 411–425.
22. Fakhari Rad, M., Fröling, M., Grönlund, E., 2012. Including ecosystem services in sustainability assessment of forest biofuels. *World Bioenergy Conference & Exhibition on Biomass for Energy*, Jönköping, 29. – 30. svibnja 2012., The Swedish Bioenergy Association, 75–78.
23. Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Crawford, S.H., Walker, B., 2002. Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations, *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(5), 437–440.
24. Grönlund, E., Fröling, M., Carlman, I., 2015. Donor values in energy assessment of ecosystem services. *Ecological Modelling*, 306, 101–105.

25. Harrison, R. M., R.E.H., 2010. *Ecosystem Services* - Google Knjige, Royal Society of Chemistry, London.
26. Haase, D., Frantzeskaki, N., Elmqvist, T., 2014. Ecosystem services in urban landscapes: Practical applications and governance implications. *Ambio* 43, 407–412. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0503-1> (23. 3. 2018.)
27. Holmlund, M. C., Hammer, M., 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29, 253–268.
28. Holt, A.R., Mears, M., Maltby, L., Warren, P., 2015. Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services. *Ecosystem Services* 16, 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.007> (19. 4. 2018.)
29. Jansson, Å., Nohrstedt, P., 2001. 9. Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., Manes, F., 2019. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling* 392, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011> (20. 3. 2018.)
30. *Kartiranje i procjena ekosustava i njihovih usluga u Hrvatskoj*. Agencija za zaštitu okoliša, 2015., [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/studije/ekosustav/Kartiranje\\_i\\_procjena\\_ekosustava.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/studije/ekosustav/Kartiranje_i_procjena_ekosustava.pdf) (17.05.2018.)
31. Koceva, M.M., Brandmüller, T., Lupu, I., Önnersfors, Å., Corselli-Nordblad, L., Coyette, C., Johansson, A., Strandell, H., Wolff, P. (Eds.), 2016. *Urban Europe: Statistics on Cities, Towns and Suburbs*, Statistical Books / Eurostat.
32. Kroll, F., Muller, F., Haase, D. Fohrer, N. 2011. Rural–urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy* 29, 521–535, <https://doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.008> (20. 3. 2018.)

33. La Notte, A., D'Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M. L., Liqueste, C., Egoh, B., Crossman, N. D., 2017. Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework, *Ecological indicators*, 74, 392–402. <https://doi:10.1016/j.ecolind.2016.11.030> (20. 3. 2018.)
34. Larondelle, N., Haase, D., 2012. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach - an example from Germany. *Ecological Indicators* 18, 567–574, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.008>. (23. 3. 2018.)
35. Lim, K.J., Engel, B.A., Muthukrishnan, S., Harbor, 2006. Effects of initial abstraction and urbanization on estimated runoff using CN technology, *Journal of the American Water Resources Association*, 42 (3), 629–643, <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2006.tb04481.x> (21. 10. 2018.)
36. Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., Manes, F., 2018. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy, *Ecological Modelling* 392, 92–102. [doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011) (11. 9. 2018.)
37. Milcu A., Ioana J., Hanspach D., Fischer, J., 2013. Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecological Society* 18: 44; <https://doi:10.5751/ES-05790-180344> (18. 2. 2019.)
38. Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Four Volumes: Current State and Trends; Scenarios; Policy Responses; Sub-Global Assessments. *Island Press*.
39. Mooney, H.A., Cropper, A., Reid, W., 2004. The millennium ecosystem assessment: What is it all about? *Trends in Ecology and Evolution* 19, 221–224. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.03.005> (22. 9. 2018.)
40. Offerle, B., Eliasson, I., Grimmond, C. S. B., Holmer, B., 2007. Surface heating in relation to air temperature, wind and turbulence in an urban street canyon, *Boundary-Lay Meteorol*, 122, 273–292.

41. Parasuraman, S. B., Mishra, S. K., Singh, V. P., 2007. SCS-CN method revisited, *Water Resources Publication Colorado*. [https://www.researchgate.net/publication/230822228\\_SCS-CN\\_method\\_revisited](https://www.researchgate.net/publication/230822228_SCS-CN_method_revisited) (3. 6. 2019.)
42. Peters, N.E., Böhlke, J.K., Brooks, P.D., Burt, T.P., Gooseff, M.N., Hamilton, D.P., Mulholland, P.J., Roulet, N.T., Turner, J.V., 2011. Hydrology and biogeochemistry linkages, *Treatise on water science* 2, 271–304.
43. Reid, W. V., Mooney, H.A., 2016. The Millennium Ecosystem Assessment: Testing the limits of interdisciplinary and multi-scale science, *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 19, 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.11.009> (13. 5. 2019.)
44. Robertson, M., BenDor, T.K., Lave, R., Riggsbee, A., Ruhl, J.B., Doyle, M., 2014. Stacking ecosystem services, *Front. Ecol. Environ.* 12, 186–193. <https://doi.org/10.1890/110292> (26. 6. 2018.)
45. Rothlisberger, J.D., Finnoff, D.C., Cooke, R.M., Lodge, D.M., 2012. Ship-borne Nonindigenous Species Diminish Great Lakes Ecosystem Services. *Ecosystems* 15, 1–15.
46. Schallenber, M., de Winton, M., Verburg, P., Kelly, D., Hamill, K., Hamilton, D., Winton, D., 2015. Ecosystem services of lakes, *Dymnod JR*.
47. Schwarz, N., 2010. Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*. 96, 29–47.
48. Seitzinger, S., Harrison, J.A., Bohlke, J.K., Bouwman A.F., Lowrance R., Peterson B., Tobias, C., Drecht, G.V., 2006. Denitrification across landscapes and water-scapes: a synthesis, *Ecological Applications* 16, 2064–2090.
49. Seto, K.C., Fragkias, M., Guneralp, B. and Reilly, M.K. 2011. A meta-analysis of global urban land expansion, *PLoS ONE* 6(8): e23777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777> (16. 5. 2018.)

50. Seto, K.S., Reenberg, A., Boone, C.C., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T., Marcotullio, P., Munroe, D.K., Olah, B., Simon, D., 2012. Teleconnections and sustainability: new conceptualizations of global urbanization and land change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*
51. Shepherd, J. M. 2006. Evidence of urban-induced precipitation variability in arid climate regimes, *Journal of Arid Environments*, 67(4), 607–628, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.022> (23. 3. 2018.)
52. Soil Conservation Service, 1982. Structure site analysis computer program DAMS2 (interim version). SCS Technical Release 48. Washington, DC.
53. Smith, V.H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favour dominance by blue-green algae in lake phytoplankton, *Science* 221, 669–671.
54. Strohbach, M.W., Haase, D., 2012a. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city, *Landscape and Urban Planning* 104, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.001> (11. 9. 2018.)
55. Strohbach, M.W., Arnold, E., Haase, D., 2012b. The carbon footprint of urban green space-A life cycle approach, *Landscape and Urban Planning* 104, 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.013> (21. 10. 2018.)
56. Šegota, T., Filipčić, A., 1996. *Klimatologija za geografe*. Školska knjiga, Zagreb.
57. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), 2008. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: An Interim Report. *Banson Production*.
58. *Urban Atlas*, Copernicus, 2012. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012> (13. 3. 2019.)
59. *Urban Hydrologyfor SmallWatersheds*, United States Secretary of Agriculture, 1986. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf) (4. 4.

2018.)

60. Watson RT, Heywood VH, Baste I, Dias B, Gamez R, Janetos T, Reid W, Ruark G, 1995. *Global Biodiversity Assessment: Summary for Policy-Makers*, Cambridge University Press, Cambridge.
61. *World urbanization prospects the 2011 revision*, United Nations. 2012. New York: World.
62. Yang, L., Zhang, L., Li, Y., Wu, S., 2015. Water-related ecosystem services provided by urban green space: A case study in yixing city (China), *Landscape and Urban Planning* 136, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.11.016> (10. 12. 2018.)
63. *Zagreb u brojkama*, Grad Zagreb, 2018. <https://www.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/statistika/ZGubrojkama.pdf> (23. 02. 2018.)
64. Zhao, W., Li, A., Huang, Q., Gao, Y., Li, F., Zhang, L., 2019. An improved method for assessing vegetation cooling service in regulating thermal environment: A case study in Xiamen, China, *Ecological Indicators* 98, 531–542. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.033> (5. 11. 2018.)
65. Zhang, B., Xie, G. D., Zhang, C. Q., Zhang, J. 2012. The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing, China, *Journal of Environmental Management* 100, 65–71, <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.015> (5. 4. 2018.)
66. Zipperer, W.C., Wu, J., Pouyat, R.V., Pickett, S.T., 2000. The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes, *Urban Ecosystems* 685–688.

Web izvori:

URL1 HAOP, *Usluge ekosustava*, 22. 11. 2017. <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/stanista-i-ekosustavi/usluge-ekosustava> (15. 6. 2018.)

URL2 WHO, *Climate risks*, 2018. <https://www.who.int/sustainable-development/cities/health-risks/climate-risks/en/> (23. 3. 2018.)

URL3 Hrvatske šume, *Što se događa s drvećem u ulicama i parkovima?* <https://www.hrsume.hr/index.php/hr/component/content/article/1-latest-news/359-drveceuparkovima> (13. 4. 2019.)

URL4 Braat, L. C., *Ecosystem Services*, ožujak, 2016. <http://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-4> (17. 2. 2019.)

URL5 UN, *Sustainable Development Goals* <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs> (3.3.2018.)

URL6 Furdek, S., *Doktor za drveće*, 1. 8. 2016. <https://magazin.hrt.hr/345327/doktor-za-drvece> (4. 3. 2016.)

URL7 Biddanda, B. A., *Global Significance of the Changing Freshwater Carbon Cycle*, 21. 3. 2017. <https://eos.org/opinions/global-significance-of-the-changing-freshwater-carbon-cycle> (18. 05. 2018.)

URL8 Grad Zagreb, *Bundek* <https://www.zagreb.hr/bundek/34185> (5. 6. 2018.)

URL9 sportskiobjekti.hr, *Sportsko rekreacijski centar Bundek* <http://www.sportskiobjekti.hr/default.aspx?id=122> (5. 6. 2018.)

URL10 Grad Zagreb Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj grada Odjel za statistiku, *Grad Zagreb, Stanovništvo, kućanstva i stanovi popis, 2011.* [http://www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ\\_stanovnistvo\\_kucanstva\\_stanovi/Popis2011\\_StanovniciKucanstvaStanovi\\_GradZagreb.pdf](http://www1.zagreb.hr/zgstat/documents/POPIS%202011/GZ_stanovnistvo_kucanstva_stanovi/Popis2011_StanovniciKucanstvaStanovi_GradZagreb.pdf) (5. 4. 2019.)

URL11 HydroCAD, Curve Number <https://www.hydrocad.net/curvenumber.htm> (4. 2. 2018.)

- URL12 *Tlo i biljka* [http://tlo-i-biljka.eu/iBaza/Pedo\\_HR/index.html](http://tlo-i-biljka.eu/iBaza/Pedo_HR/index.html) (16. 4. 2018.)
- URL13 [http://www.medp.unist.hr/moduli/pedologija/predavanja/Hidromorfna\\_tla.pdf](http://www.medp.unist.hr/moduli/pedologija/predavanja/Hidromorfna_tla.pdf) (14. 5. 2018.)
- URL14 *Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske*,  
[https://bib.irb.hr/datoteka/789584.Prirucnik\\_za\\_trajno\\_motrenje\\_tala\\_Hrvatske.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/789584.Prirucnik_za_trajno_motrenje_tala_Hrvatske.pdf) (17. 5. 2019.)
- URL15 neverin.hr, *Meteorološka postaja Zagreb-Grič* <https://www.neverin.hr/postaja/zagreb-gric/> (17. 5. 2019.)
- URL16 Research Gate, *Rainfall-Runoff modeling of river Kosi using SCS-CN method and ANN*  
[https://www.researchgate.net/publication/43941048\\_Rainfall-Runoff\\_modeling\\_of\\_river\\_Kosi\\_using\\_SCS-CN\\_method\\_and\\_ANN/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/43941048_Rainfall-Runoff_modeling_of_river_Kosi_using_SCS-CN_method_and_ANN/figures?lo=1) (19. 5. 2019.)
- URL17 sportskiobjekti.hr, *RSC Jarun* <http://www.sportskiobjekti.hr/default.aspx?id=117> (6. 6. 2018.)
- URL18 botanic.hr, *Flora Jaruna*, 2006.  
<http://hirc.botanic.hr/BioDiv/Pilotpodru%C4%8Dja/Jarun/FloraJaruna/tabid/65/Default.aspx> (16. 5. 2019.)
- URL19 infozagreb.hr <http://www.infozagreb.hr/lifestyle/sport-i-rekreacija/rekreacijski-centri/bundek> (26. 3. 2019.)
- URL20 Proleksis enciklopedija online, *Denitrifikacija*, 27. 10. 2015.  
<http://proleksis.lzmk.hr/17375/> (10. 6. 2019.)
- URL21 Priroda Hrvatske, *Bioraznolikost* <http://priodahrivatske.com/bioraznolikost-2/> (10. 6. 2019.)



## PRILOZI

### Popis slika

Slika 1. Neke od pogodnosti drveća na ekosustave.

Slika 2. Usporedba vrijednosti srednjih dnevnih temperatura u Zagrebu 2018. godine s razdobljem od 1861.–2017. godine.

Slika 3. Veliko i Malo jezero na Bundeku.

Slika 4. Jarunsko jezero i dio okolnog istraživanog prostora.

Slika 5. Istraživane lokacije Jarun (gornja) i Bundek (donja slika) prikazane u QGIS-u u mjerilu 1:10 000.

Slika 6. Dnevne i mjesečne količine padalina u Zagrebu, svibanj 2019.

### Popis tablica

Tablica 1. Veličina površina (u km<sup>2</sup>) za rekreaciju na prostoru zagrebačkih jezera Jaruna i Bundeka prema različitim tipovima površinskog pokrova.

Tablica 2. Broj stanovnika po kvartovima u istraživanim područjima.

Tablica 3. Tablica za određivanje CN prema sezoni.

Tablica 4. CN<sub>II</sub> vrijednosti za različite površine za tip tla C.

Tablica 5. Dobivene vrijednosti površinskog otjecanja (Q) prema različitim površinama.