

Prikupljanje meteoroloških podataka putem edukativnog projekta građanske znanosti između Hrvatske i Švicarske



Stajališta izražena u ovoj publikaciji isključiva su odgovornost IRIM-a i ne odražavaju nužno stajalište Ureda za udruge Vlade Republike Hrvatske.

Program sufinancira Ured za udruge Vlade Republike Hrvatske.

PRIKUPLJANJE METEOROLOŠKIH PODATAKA PUTEM EDUKATIVNOG PROJEKTA GRAĐANSKE ZNANOSTI IZMEĐU HRVATSKE I ŠVICARSKE

Simone Merlo¹, Bruno Bellosi¹, Paolo Zenzerović², Josip Šimić², Maja Šparavec²
Katrin Carpineti¹ i Nicola Schoenenberger¹

¹Zaklada Innovabridge, INNOVABRIDGE Foundation, Contrada al Lago 19
6987 Caslano, Švicarska. www.innovabridge.org, info@innovabridge.org

²Institut za razvoj i inovativnost mladih – IRIM, Kostelska ulica 1, 10000 Zagreb, Hrvatska.
www.croatianmakers.hr, kontakt@irim.hr

Prijevod s talijanskog jezika: Nika Matković Mikulčić, Tito Kliska

Sažetak

Kroz projekt građanske znanosti (citizen science) koji je ostvaren u suradnji sa 106 knjižnica prikupljeni su meteorološki podaci o temperaturi, relativnoj vlažnosti, atmosferskom tlaku i mikročesticama PM2.5 u zimskom razdoblju 2020. – 2021. u Hrvatskoj i Švicarskoj (kanton Ticino). Mjerenja su izvršena programabilnim elektroničkim uređajima (micro:bit) koji su opremljeni atmosferskim senzorima (AQ:bit). Na taj način prikupljeno je 1 304 626 preciznih meteoroloških podataka. Temperaturni profili pokazuju očekivane sezonske trendove za različite klimatske zone Hrvatske i područja kantona Ticino. Bilo je moguće opisati i trend atmosferskog tlaka u gradu Zagrebu. Analiza relativne vlažnosti potvrdila je klimatske razlike između Hrvatske koja je uglavnom suša i kantona Ticino koji je vlažniji. Čestice PM2.5 tijekom zimskog razdoblja sustavno su prelazile graničnu vrijednost od 10 µg/m³ koju predlaže Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), a u tri analizirane regije i ciljne vrijednosti od 25 µg/m³ predložene od Europske komisije, što pokazuje povećanje rizika za zdravlje uzrokovano zagađenjem zraka u obje zemlje. Projekt potvrđuje valjanost pristupa građanske znanosti za stvaranje znanstvene spoznaje te istovremeno za širenje osnova digitalne pismenosti (Digital Literacy).

Uvod

Citizen Science (građanska znanost) je proces u kojemu su građani uključeni u znanost kao istraživači koji ne moraju nužno imati formalno obrazovanje ili specifične

znanstvene kompetencije (Kruger i Shannon, 2000). Obično se odvija uz pomoć informacijsko-komunikacijske tehnologije te u suradnji s profesionalnim znanstvenicima i, ako su volonterske mreže sudionika dovoljno velike, omogućuje realizaciju znanstvenih projekata koji bi u protivnom bili preskupi ili bi njihova provedba iziskivala jako puno vremena. Iskustvo je u ovakvom modelu znanosti pokazalo da, ako je provedena uz prave pretpostavke i u pravim okolnostima, građanska znanost može funkcionirati u velikom opsegu, generirajući podatke visoke kvalitete koji dovode do pouzdanih i valjanih znanstvenih rezultata, kao i do neočekivanih inovacija (Trumbull et al., 2000). Ovisno o različitim ulogama koje su preuzeli građani i znanstvenici te o njihovoj međusobnoj integraciji, projekti građanske znanosti mogu se podijeliti u tri glavne kategorije: projekti potpomaganja – u kojima građani sudionici prikupljaju podatke; suradnički projekti – sudionici surađuju i u definiranju eksperimenta ili analizi podataka; sustvaralački projekti – sudionici čine sastavni dio cijelog znanstvenog procesa, od formuliranja hipoteze, definiranja eksperimenta, prikupljanja i analize podataka do interpretacije i diseminacije rezultata (Wiggins i Crowston, 2011). Projekti građanske znanosti mogu ostvariti višestruke ciljeve i zadatke: mogu se orijentirati na akciju putem sudjelovanja u rješavanju lokalnih problema koristeći znanstveno istraživanje kao alat za podupiranje građanskih agenda; mogu imati za cilj očuvanje, na primjer neke rijetke i ugrožene vrste; mogu se usmjeriti na istraživanje fizičkog svijeta koji nas okružuje ili mogu imati kao temeljnu svrhu edukaciju i osvješćivanje određenih tema (Wiggins i Crowston, 2011; Bonney et al., 2009). Gleda-

no kroz povijest, dobar dio projekata u ovom području usmjeren je na okolišne aspekte koji se odnose primjerice na bioraznolikost, zagađenost zraka, vode i tla ili promatranje nebeskog svoda. Međutim, danas postoje projekti građanske znanosti u gotovo svim disciplinama, od informatike do povijesti umjetnosti, psihologije, medicine, lingvistike (Schoenenberger et al., 2020).

Ovaj članak prikazuje rezultate projekta kolektivnog prikupljanja meteoroloških podataka u Hrvatskoj i Švicarskoj (kanton Ticino), koje se odvijalo od rujna 2020. do travnja 2021. s didaktičkim ciljem promicanja osnova digitalnog stvaralaštva i podizanja svijesti o atmosferskom onečišćenju, posebno kod djece školskog uzrasta. Dakle, ovaj projekt ima za cilj doprinijeti održivom lokalnom razvoju te promicati suradnju i partnerstvo između dviju država.

Materijali i metode

Prikupljanje meteoroloških podataka

Za prikupljanje podataka koristili smo programabilne uređaje micro:bit® opremljene procesorom ARM Cortex-M0, koje je prvotno razvio BBC u svrhu informatičkog obrazovanja, a kasnije ih je dodatno unaprijedila zaklada Micro:bit Educational Foundation iz Londona. Micro:bit uređaji programirani su za primanje i slanje podataka bežičnom vezom preko platforme <https://makecode.microbit.org>. Micro:bitovi su integrirani sa senzorima za prikupljanje atmosferskih podataka koji se odnose na temperaturu, atmosferski tlak, relativnu vlažnost i mikročestice (PM2.5) te kućištem koje je namjenski ispisano 3D pisačem (Prusa MK3S). Sve zajedno naziva se AQ:bit (Air Quality bit). Temperatura (oC), atmosferski tlak (hPa) i relativna vlažnost (%; tolerancija ± 3 %) prikupljeni su putem kombiniranog senzora (BME280 Digital humidity, pressure and temperature sensor Bosch Sensortec). Mikročestice PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ tolerancija $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) detektirao je senzor PMS 7003 (Digital universal particle concentration sensor Plantower®). U 106 knjižnica (100 u Hrvatskoj i 6 u Švicarskoj u kantonu Ticino) besplatno su distribuirani uređaji AQ:bit zajedno s 3D pisačima. Svaka knjižnica dobila je 6 AQ:bitova za posudbu svojim korisnicima. Putem posebnih radionica i edukativnih materijala (Tolić et al., 2020), suradnici iz knjižnica obučeni su za programiranje i sastavljanje AQ:bita kao i za korištenje 3D pisača kako bi korisnicima prenijeli znanje potrebno za sudjelovanje u projektu. Svaki krajnji korisnik postavio je aktivirani AQ:bit na najmanje dva tjedna u vanjski prostor

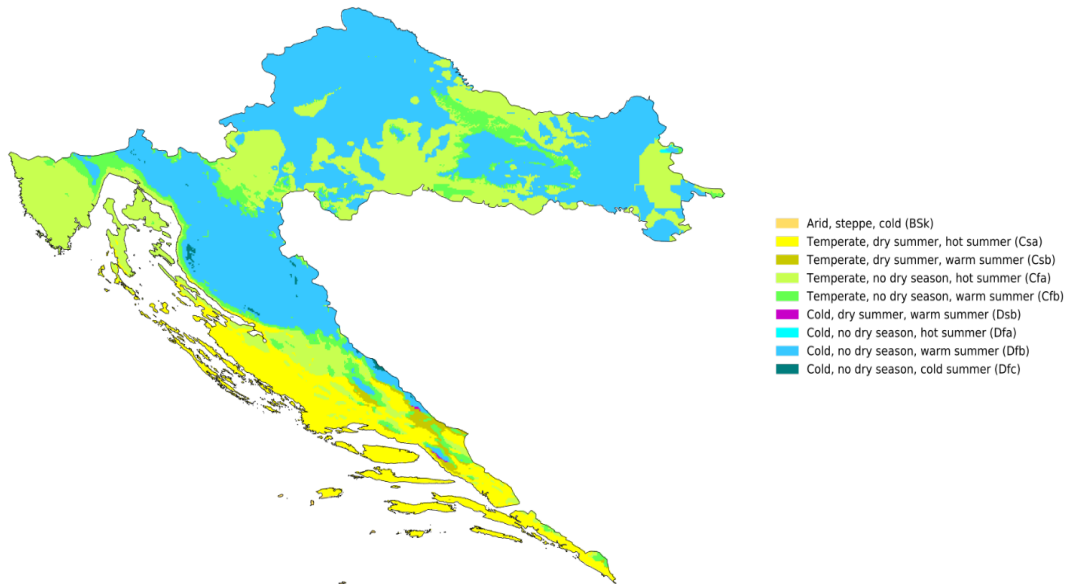
zaštićen od kiše i izravnih sunčevih zraka. Jedan AQ:bit ostao je aktivan tijekom čitave faze prikupljanja u svakoj od knjižnica. Po registraciji AQ:bitova i zemljopisnih koordinata mjesta prikupljanja putem posebnog računa za svakog krajnjeg korisnika, podaci o četiri atmosferska parametra slali su se na mrežnu platformu koja je namjenski razvijena baš za to (<http://cs.croatianmakers.hr>), i na kojoj je u stvarnom vremenu moguće pratiti kretanje parametara (jedno mjerenje svakih 10 minuta) te vidjeti lokacije aktivnih AQ:bitova. Svi prikupljeni podaci zabilježeni su na platformi. Osobnim podacima korisnika (privatna adresa elektroničke pošte i lokacija AQ:bita) upravlja se u skladu s GDPR standardom (EU regulativa).

Analiza podataka

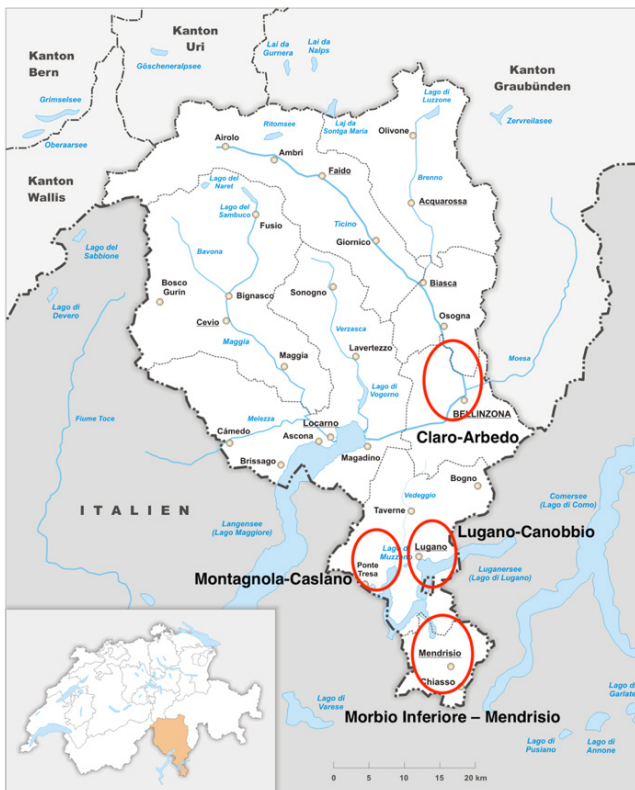
Za analizu podataka korišten je softver MS Access. Za parametre temperature, relativne vlažnosti i PM2.5, podaci koji dolaze s više mjesta prikupljanja (pojedini uređaji AQ:bit na terenu) grupirani su u geografska područja prema izvoru mjerenja (grupna analiza). Za atmosferski tlak i PM2.5 izvršene su precizne analize pojedinih mjesta prikupljanja (precizna analiza). U procesu odabira točaka prikupljanja primijenjeni su sljedeći kriteriji: minimalno 13 000 valjanih podataka i vremenski period proučavanja od najmanje pet mjeseci (od 14. 11. 2020. do 14. 4. 2021.). Na temelju tih kriterija odabrano je 19 točaka prikupljanja (11 hrvatskih i 8 švicarskih) koje su grupirane u 8 različitih geografskih područja, 4 u Hrvatskoj i 4 u kantonu Ticino. Geografska područja Hrvatske preuzeta su s karte klimatskih zona prikazanih na slici 1.: hladno kontinentalno područje (hladna klima, bez sušne sezone, topla ljeta – Dfb), južni obalni pojas (umjerena klima, vruća i suha ljeta – Csa), južni zagorski pojas (umjerena klima, topla i suha ljeta – Csb) i umjereno kontinentalno područje (umjerena klima, bez sušne sezone, vruća ljeta – Cfa). Područja u Ticinu odabrana su na temelju njihove geografske blizine i to su: Lugano-Canobbio; Morbio Inferiore-Mendrisio; Claro-Arbedo; Montagnola-Caslano (slika 2.).

Slika 1. *Klimatske zone Hrvatske*

Köppen-Geiger climate classification map for Croatia (1980-2016)



Izvor: Beck et al., 2018.; commons.wikimedia.org

Slika 2. *Područja Ticina (Švicarska)*

Izvor: Wikipedia.org (modificirana fotografija)

Temperatura

Za prikaz sezonskih trendova izračunate su srednje, maksimalne i minimalne mjesečne temperature za svako područje Hrvatske i Ticina. Dio zabilježenih mjerenja, poput temperatura nižih od -20 do -147°C ili jako visokih do 70°C, izostavljen je jer smatramo da je riječ o anomalijama uređaja (instrumentalne pogreške), ili o pogreškama u postavljanju uređaja. Neki previsoki rezultati (39-40°C u veljači ili ožujku) mogli bi biti posljedica pogrešnog smještaja uređaja, odnosno direktnog izlaganja suncu ili efekta staklenika (sistemske pogreške). Za razliku od slučajnih instrumentalnih pogrešaka, sistemske pogreške ponavljaju se redovito pa ih zato treba uzeti u obzir tijekom analize.

Relativna vlažnost

Za generiranje ljestvice najvlažnijih i najsuših mjesta (tablica 1.) izračunata je srednja vrijednost za cijeli period prikupljanja i za sva mjesta prikupljanja podataka. Vrijednosti su filtrirane te su isključena sva mjerenja relativne vlažnosti veća od 75 % i manja od 25 % koja u pravilu koreliraju s izvanrednim fenomenima i ne mogu poslužiti za opisivanje općih trendova.

Atmosferski tlak

Analiza se u ovom slučaju temelji na preciznim podacima. Iz podataka koje smo dobili filtrirali smo samo podatke koji se odnose na grad Zagreb u kojem je bilo puno AQ:bitova (iako s niskim kontinuitetom rada). Iz njihovih preklapanja izvukli smo srednju vrijednost u podne za svaki dan.

PM2.5

Sa svakog mjernog mjesta uzete su mjesečne vrijednosti (srednje, maksimalne i minimalne), vrijednosti cijelog perioda prikupljanja (srednje, maksimalne i minimalne) te vrijednosti cijelog perioda po geografskom području (srednje, maksimalne i minimalne). Svakom mjernom mjestu pridružena je sumarna procjena smještaja (gradskog ili seoskog) kako bi se istaknula različita izloženost atmosferskom zagađenju. Uz to, izvršene su točne analize za jedno mjerno mjesto u Ticinu.

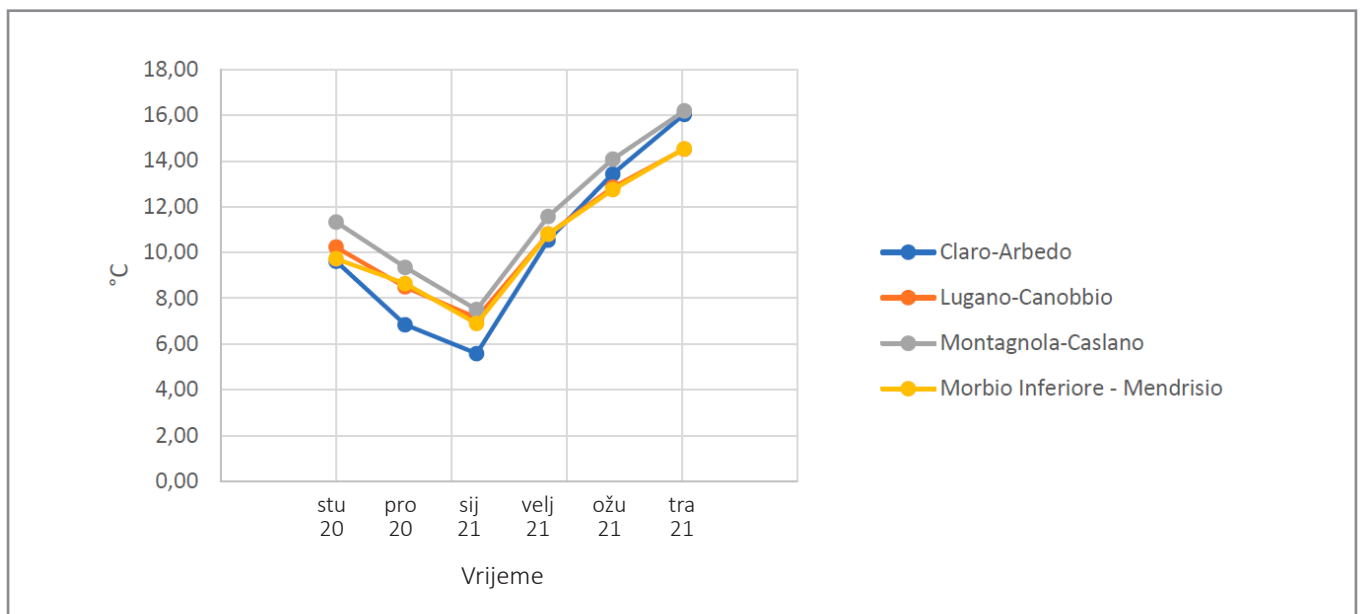
Rezultati

Sveukupno, projekt je omogućio postavljanje na teren 202 točke prikupljanja, od kojih svaku predstavlja po jedan AQ:bit postavljen na vanjsku prozorsku klupčicu (177 u Hrvatskoj i 25 u Ticinu). Na taj način prikupljeno je sveukupno 1 304 626 preciznih meteoroloških podataka o temperaturi (°C), relativnoj vlažnosti (%), atmosferskom tlaku (hPa) i mikročesticama PM2.5 (µg/m³).

Temperatura

Za prikaz kretanja srednjih mjesečnih temperatura u različitim područjima Hrvatske i Ticina od studenog 2020. do travnja 2021. izrađena su dva grafikona. Na slici 3. prikazane su temperature za različita područja u Ticinu. Posebno se ističe sezonski trend snižavanja temperature do kraja siječnja i njezin konstantan porast sve do sredine travnja. Najniže vrijednosti zabilježene su u

Slika 3. *Srednja temperatura (°C) po različitim područjima Ticina*

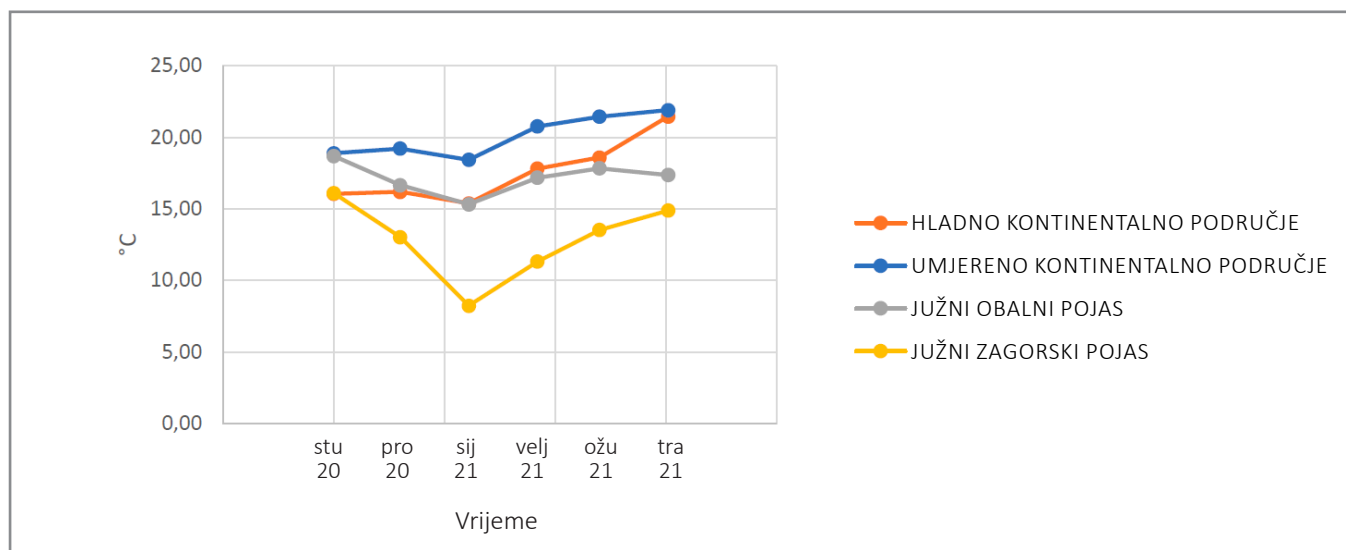


području Claro-Arbedo, gdje je srednja temperatura u siječnju iznosila 5.6°C. Najviše srednje temperature zabilježene su u području Montagnola-Caslano, gdje su dosegnule 16.2°C u travnju.

Slika 4. prikazuje srednje mjesečne temperature u četiri klimatske zone u Hrvatskoj. Primjećuje se kako je zima bila oštrija u južnom zagorskom pojasu gdje su se temperature spustile ispod 8.5°C u prosincu 2020. i siječnju 2021. Osim toga, za razliku od ostalih klimatskih zona,

ovdje su srednje vrijednosti temperature gotovo uvijek bile ispod 15°C tijekom cijelog razdoblja mjerenja. Što se tiče hladnog kontinentalnog područja, umjerenog kontinentalnog područja i južnog obalnog pojasa, srednje temperature se nikada nisu spuštale ispod 15°C. Najtoplija zima zabilježena je u umjerenom kontinentalnom području gdje su temperature od veljače prelazile 20°C. Hladno kontinentalno područje i južni obalni pojas imali su slične srednje zimske temperature, posebno u razdoblju od polovice prosinca do polovice ožujka.

Slika 4. Srednja temperatura (°C) po klimatskim zonama Hrvatske



Međusobnom usporedbom dvaju grafikona može se primijetiti da su razlike između klimatskih zona u Hrvatskoj izraženije u odnosu na razlike između područja u Ticinu, gdje je razvoj temperatura ujednačen. Razlog tome je vrlo široka površina Hrvatske koja je obuhvaćena istraživanjem, što podrazumijeva izražene klimatske razlike u promatranim zonama. Međutim, u Ticinu, koji obuhvaća teritorij malih dimenzija, temperature su vrlo slične u svim zonama istraživanja.

Relativna vlažnost

Izrađena je ljestvica najvlažnijih i najsuših područja. Tablica 1. prikazuje da su sva područja Ticina zabilježila više srednje vrijednosti relativne vlažnosti u odnosu na klimatske zone Hrvatske, gdje vrijednosti nikada ne prelaze 40 %. Iz tablice proizlazi da su među područjima Ticina razlike minimalne (varijacija manja od 4 %), dok su izraženije ako se usporede sa sušim hrvatskim klimatskim zonama (varijacija do 16 %). Razlog ove veće varijacije u Hrvatskoj, kao i u slučaju temperature,

leži u većim geografskim udaljenostima unutar države i, posljedično tome, u klimatskim razlikama između pojedinih zona.

Tablica 1. *Relativna vlažnost*

Grupa	Relativna vlažnost (%)
Lugano-Canobbio (Švicarska)	43.3
Morbio Inferiore-Mendrisio (Švicarska)	41.6
Claro-Arbedo (Švicarska)	40.6
Montagnola-Caslano (Švicarska)	39.7
Hladno kontinentalno područje (Hrvatska)	39.7
Južni obalni pojas (Hrvatska)	37.8
Južni zagorski pojas (Hrvatska)	37.0
Umjerenom kontinentalno područje (Hrvatska)	27.2

PM2.5

U tablici 2. prikazane su maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti za čitavo razdoblje prikupljanja (5 mjeseci) po grupama, za Hrvatsku i Ticino.

Tablica 2. *Vrijednosti PM2.5*

PM2.5 µg/m ³			
Grupa	Srednja	Maksimalna	Minimalna
Hladno kontinentalno područje (Hrvatska)	36.94	248.3	0
Umjerenom kontinentalno područje (Hrvatska)	29.13	213.3	0
Morbio Inferiore-Mendrisio (Švicarska)	28.52	177.2	0
Lugano-Canobbio (Švicarska)	19.03	154.4	0
Montagnola-Caslano (Švicarska)	18.54	135.7	0
Claro-Arbedo (Švicarska)	16.84	132.4	0
Južni obalni pojas (Hrvatska)	12.53	165.5	0
Južni zagorski pojas (Hrvatska)	9.44	110.6	0

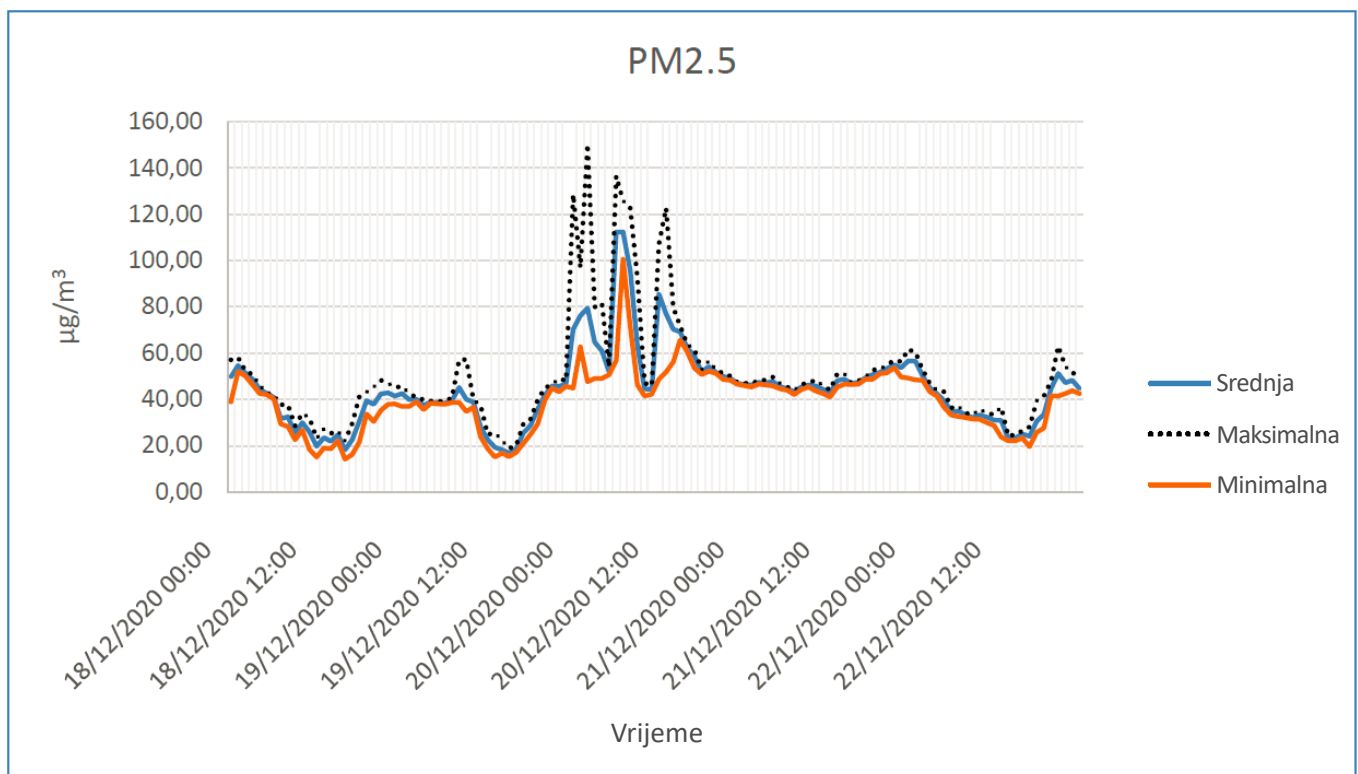
Iz ovih podataka proizlazi da su zone koje pokazuju manju prisutnost čestica prozračnije, odnosno podložne su izmjeni zraka, poput obalnih područja Hrvatske ili, u slučaju Ticina, dolina poput okruga Bellinzona. Druga komponenta koja utječe na koncentraciju čestica u zraku je korištenje sustava za grijanje na drva ili ugljen, što uzrokuje drastično lokalno povećanje čestica PM2.5 (Šišović et al., 2012). Na taj način bi se mogle objasniti izrazito visoke maksimalne vrijednosti u hladnom kontinentalnom području Hrvatske.

Mjerenje čestica PM2.5 koje je prikupio AQ:bit pozicio-

niran u ulici Via Campagna Adorna 21 u Mendrisiju u Švicarskoj zabilježilo je dva izvanredna događaja (s drastičnim varijacijama u vrijednostima).

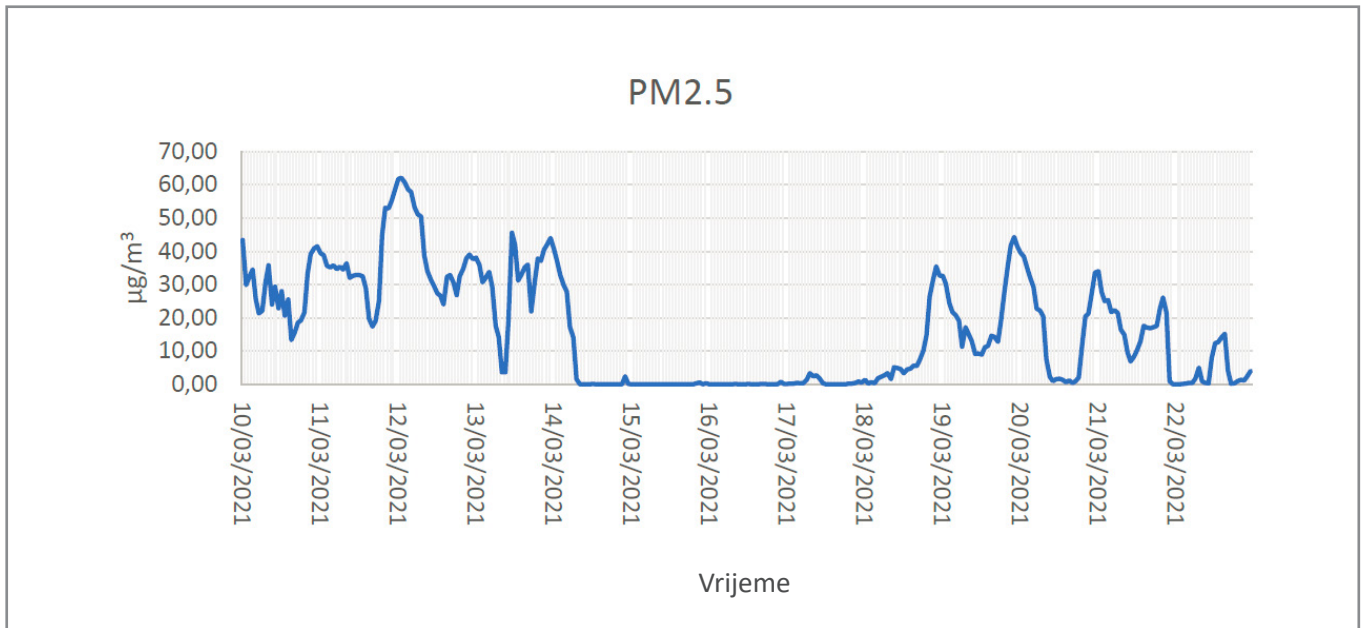
20.12.2020. oko ponoći došlo je do požara u skladištu automobilskih guma udaljenom oko 100 metara od uređaja. Požar je trajao sve do 14:00 sati. Kao što prikazuje slika 5., s početkom požara čestice PM2.5 brzo su dosegle izrazito visoke maksimalne vrijednosti po satu, s vrhuncem između 6:00 i 7:00 sati 20. prosinca. U tom trenutku zabilježena je srednja satna vrijednost od 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Slika 5. *Varijacije PM2.5 čestica prije, tijekom i nakon požara*



Drugi događaj odvijao se od 4:00 sata 14. ožujka do 21:00 sat 18. ožujka 2021., u danima u kojima su zabilježeni snažni vjetrovi. Iz slike 6. može se vidjeti da su se u razdoblju puhanja snažnih vjetrova vrijednosti PM2.5 drastično smanjivale sve do razina blizu nule.

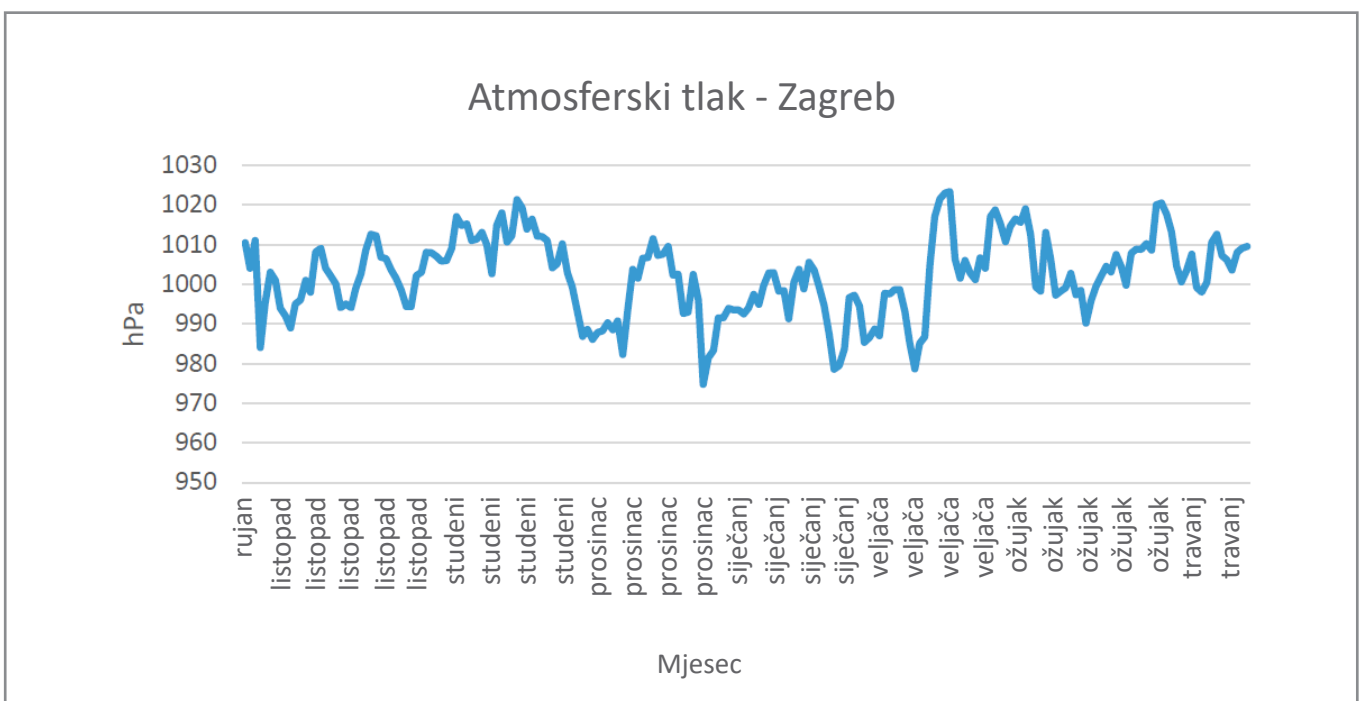
U manje od devet sati vrijednosti su pale s 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u 0:00 sati 13. ožujka) na 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u 9:00 sati 14. ožujka). Zatim su razine PM2.5 ostale blizu nule sve do prestanka puhanja vjetrova 18. ožujka te su se u nekoliko sati povećale sve do gotovo 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Slika 6. *Varijacija srednjih dnevnih vrijednosti PM2.5 tijekom dana sa snažnim vjetrovima*

Atmosferski tlak

Iz podataka koje imamo za grad Zagreb uzeli smo srednju vrijednost tlaka u podne za svaki dan. Iz kretanja krivulje grafa na slici 7. može se primijetiti kako atmosferski tlak u Zagrebu postiže više vrijednosti u razdobljima listopad/studeni i veljača/ožujak. Maksimumi su

zabilježeni na polovici studenoga, polovici veljače i polovici ožujka s vrijednostima višima od 1020 hPa. S druge strane, najniže vrijednosti zabilježene su u najhladnijem razdoblju od prosinca do veljače kada su minimumi bili niži od 980 hPa.

Slika 7. *Atmosferski tlak u gradu Zagrebu*

Rasprava

Ovim projektom pokazali smo kako je moguće, uz uključivanje velikog broja sudionika civilnog društva, u razdoblju od nekoliko mjeseci prikupiti značajan broj meteoroloških podataka u dvije zemlje (Hrvatska i Švicarska) pomoću programabilnih elektroničkih uređaja i mrežne platforme. Količina i kvaliteta podataka koje su prikupile osobe svih uzrasta, koje nužno ne posjeduju specifično obrazovanje, bila je dovoljna za analizu mjerenja četiri meteorološka parametra i za donošenje znanstvenih zaključaka o njihovoj incidenciji.

Dobiveni temperaturni profili, interpretirani kao srednje mjesečne vrijednosti, pokazuju očekivane sezonske trendove za različite klimatske zone u Hrvatskoj i različita područja u kantonu Ticino. S obzirom na smještaj senzora unutar plastičnih kućišta na vanjskim prozorskim klupčicama, tik uz zidove kuća, vrijednosti temperature vjerojatno su nešto više u odnosu na standardizirana službena mjerenja (obično na 2 m iznad tla, daleko od građevina). Bilo je moguće opisati trend atmosferskog tlaka za cijelo razdoblje prikupljanja podataka u Zagrebu.

I podaci o relativnoj vlažnosti, unatoč tome što su prilično niži u odnosu na službena mjerenja, pokazali su različitosti klimatskih zona u Hrvatskoj, uglavnom suhoj zemlji koju odlikuje mediteranska, umjereno topla klima (Zaninović, 2009), i onih u kantonu Ticino koji ima poprilično vlažnu insubrijsku klimu pod utjecajem mediteranske i atlantske klime te prisutnosti velikih jezera (Cotti et al., 1992). Uzrok razlika između naših mjerenja i onih službenih može biti u sensorima AQ:bita koji su smješteni unutar zatvorenog kućišta i postavljeni na vanjske prozorske klupčice te zaštićeni od kiše pa mogu pokazivati sistemске pogreške.

Atmosfersko zagađenje predstavlja veliku prijetnju za očuvanje okoliša. Mnoga istraživanja pokazuju kako su dulja izlaganja visokim koncentracijama mikročestica štetna za zdravlje i mogu prouzročiti kardiovaskularne bolesti i preuranjenu smrt. Jedno istraživanje pokazalo je da u europskim gradovima smanjenje duljeg izlaganja razinama PM2.5 manjima od 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ može dovesti do 16 926 preuranjenih smrti manje godišnje i istovremeno do značajnog povećanja očekivanog životnog vijeka (Boldo et al., 2006).

U svim promatranim područjima, osim u južnom zagorskom pojasu (Hrvatska), srednja vrijednost PM2.5 kroz 5 mjeseci bila je iznad vrijednosti godišnjeg praga od 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koju preporuča Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) (Nazarenko et al., 2021). Tri promatrana područja – hladno kontinentalno područje, umjereno kontinentalno područje i Morbio Inferiore-Mendrisio (Ticino) imala su vrijednosti mikročestica veće od 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, granice koju je Europska unija postavila kao ciljnu (EC, 2008). Povišene vrijednosti mikročestica s pripadajućim zdravstvenim rizicima tipične su za obje zemlje, vjerojatno zbog smoga kojeg zimi uzrokuju cestovni promet i grijanje na naftu, ugljen ili drva.

Putem izmjerenih vrijednosti PM2.5 bilo je moguće opisati i incidenciju izoliranih događaja na razinama atmosferskog zagađenja. U Ticinu je jedan požar u skladištu automobilskih guma uzrokovao nagli porast razina PM2.5 s točnim maksimalnim vrijednostima od 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dok je razdoblje snažnih vjetrova anuliralo PM2.5 na više od 4 dana.

Ovaj rad pokazuje kako je putem sudjelovanja građana moguće pružiti smjernice profesionalcima, vlastima i javnosti o kretanju meteoroloških parametara i njihovim posljedicama za okoliš i zdravlje.

Savjetujemo da se u budućnosti poboljša dizajn kućišta AQ:bita kako bi se smanjile sistemске pogreške te da se podaci dobiveni ovim istraživanjem usporede sa službenim meteorološkim podacima koje bilježe mjerne postaje u Ticinu i u Hrvatskoj. To će omogućiti provjeru točnosti mjerenja s AQ:bitom i neovisnu usporedbu do koje je došlo civilno društvo nizom mjerenja koja su učestalija i rasprostranjenija u odnosu na ona službena.

Zaključno, može se potvrditi da je ovaj projekt omogućio postizanje cilja o generiranju korisnih podataka za znanstvenu analizu te izradu materijala za osvješćivanje sudionika i javnosti. Uz to, ova aktivnost omogućila je širenje osnova digitalne pismenosti (Digital Literacy), uključujući i osnove programiranja i 3D ispisa.

Zahvale

Realizacija ovog projekta ne bi bila moguća bez pomoći brojnih predškolaca, školaraca, mladih i odraslih. Nažalost, nismo u mogućnosti zahvaliti svim osobama koje su svojim sudjelovanjem omogućile nevjerojatnu količinu prikupljenih meteoroloških podataka. Želimo izraziti zahvalnost svim knjižnicama koje su sudjelovale u projektu, posebice knjižnicama u Hrvatskoj: Knjižnica i čitaonica "Fran Galović" Koprivnica; Knjižnica i čitaonica "Fran Galović" Koprivnica - bibliobus; Knjižnica i čitaonica Šenkovec - Čakovec; Knjižnica "Nikola Zrinski" Čakovec; Bibliobusna služba Međimurske županije - Čakovec; Gradska knjižnica i čitaonica "Mladen Kerstner" Ludbreg; Gradska knjižnica i čitaonica "Metel Ožegović" Varaždin; Gradska knjižnica i čitaonica "Gustav Krklec" Ivanec; Gradska knjižnica Ivana Belostenca Lepoglava; Gradska knjižnica i čitaonica "Ante Jagar" Novska; Hrvatska knjižnica i čitaonica Đuro Sudeta Garešnica; Knjižnica i čitaonica Kutina; Narodna knjižnica i čitaonica Lekenik; Knjižnica i čitaonica Velika Ludina; Knjižnica i čitaonica Popovača; Knjižnica i čitaonica Vojnić; Gradska knjižnica i čitaonica Petrinja; Narodna knjižnica i čitaonica Vlado Gotovac Sisak; Knjižnica i čitaonica Dvor; Narodna knjižnica i čitaonica Majur - Hrvatska Kostajnica; Gradska knjižnica Slavka Kolara Čazma; Narodna knjižnica "Petar Preradović" Bjelovar; Narodna knjižnica "Petar Preradović" Bjelovar - bibliobus; Gradska knjižnica "Franjo Marković" Križevci; Gradska knjižnica "Franjo Marković" Križevci - bibliobus; Narodna knjižnica Virje; Gradska knjižnica Đurđevac; Gradska knjižnica i čitaonica Virovitica; Pučka knjižnica i čitaonica Daruvar; Gradska knjižnica Pakrac; Pučko otvoreno učilište Donja Stubica - knjižnica; Gradska knjižnica Zlatar; Gradska knjižnica "Ksaver Šandor Gjalski" Zabok; Općinska knjižnica Krapinske Toplice; Gradska knjižnica Pregrada; Gradska knjižnica Krapina; Gradska knjižnica Ivana Gorana Kovačića Vrbovsko; Gradska knjižnica i čitaonica Ogulin; Narodna knjižnica i čitaonica Jastrebarsko; Gradska knjižnica i čitaonica Ivana Belostenca Ozalj; Gradska knjižnica "Ivan Goran Kovačić" - Karlovac; Gradska knjižnica "Ivan Goran Kovačić" - bibliobus Karlovac; Knjižnice grada Zagreba - Bibliobusna služba; Knjižnice grada Zagreba - Knjižnica Silvija Strahimira Kranjčevića; Knjižnice grada Zagreba - Knjižnica Ivana Gorana Kovačića; Knjižnice grada Zagreba - Dječja knjižnica Marina Držića; Knjižnice grada Zagreba - Knjižnica Savica; KGZ - Dječja knjižnica "M2"; Knjižnice grada Zagreba - Knjižnica Medveščak; Gradska knjižnica Samobor; Općinska knjižnica Ante Kovačića - Marija Gorica; Općinska knjižnica Bistra; Samostalna narodna knjižnica Gospić; Gradska knjižnica i čitaonica Đakovo; Gradska knjižnica i čitaonica Vinkovci; Gradska knjižnica i čitaonica Vinkovci - bibliobus; Gradska knjižnica i čitaonica Ilok; Narodna knjižnica Blato; Narodna knjižnica i čitaonica Murter; Gradska knjižnica

Vodice; Knjižnica Jurja Barakovića Ražanac; Narodna knjižnica Kali; Gradska knjižnica Biograd na Moru; Narodna knjižnica Knin; Gradska knjižnica "Don Mihovil Pavlinović" - Imotski; Općinska knjižnica Hrvatska sloga Gradac; Narodna knjižnica Ploče; Gradska knjižnica Opuzen; Gradska knjižnica Metković; Gradska knjižnica Ivan Vidali - Korčula; Narodna knjižnica u Dugopolju; Gradska knjižnica i čitaonica Pula; Knjižnica Vodnjan; Knjižnica Žminj; Gradska knjižnica i čitaonica Mali Lošinj; Gradska knjižnica Labin; Gradska knjižnica Rijeka; Gradska knjižnica Rijeka - bibliobus (Gradski i Županijski); Centar za Kulturu Čepin - Knjižnica; Gradska knjižnica Beli Manastir; Gradska knjižnica Požega; Gradska knjižnica Slavonski Brod; Gradska knjižnica grada Donjeg Miholjca; Gradska knjižnica Nova Gradiška; Narodna knjižnica i čitaonica Okučani; Općinska narodna knjižnica Babina Greda; Gradska knjižnica Otok; Općinska narodna knjižnica Drenovci; Gradska knjižnica Vukovar - Ogranak Sotin; Gradska knjižnica Buje; Knjižnica i čitaonica Gračac; Gradska knjižnica Kaštela - Kaštel Sućurac; Gradska knjižnica Marka Marulića Split; Gradska knjižnica Solin; Gradska knjižnica "Juraj Šižgorić" Šibenik; Narodna knjižnica i čitaonica Tisno; Gradska i sveučilišna knjižnica Osijek; Gradska i sveučilišna knjižnica Osijek - bibliobusna služba; Hrvatska narodna knjižnica i čitaonica Našice; Nacionalna i sveučilišna knjižnica Zagreb.

Zahvaljujemo i knjižnicama u Švicarskoj: Biblioteca della Scuola Media di Breganzona, Via Camara 59, 6932 Breganzona; Biblioteca della Scuola Media di Caslano, Via Industria 27, 6987 Caslano; Biblioteca della Scuola Media di Castione, Carrale di Bergamo 20, 6532 Arbedo-Castione; LAD - Laboratorio di artigianato digitale - CERDD, Via Industria 5, 6850 Mendrisio; Biblioteca cantonale La Filanda, Via Industria 5, 6850 Mendrisio; Scuola Elementare Montagnola-Biblioteca Comunale c/o Centro scolastico, 6926 Montagnola.

Također zahvaljujemo Uredu za udruge Vlade RH i Švicarsko-hrvatskom programu suradnje (koji je financiran od strane Švicarske Konfederacije) na financiranju velikog dijela projekta DL4LD "Digital Libraries for Local Development", iz kojega proizlaze podaci predstavljeni u ovome radu.

Literatura

1. Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A. i Wood, E. F. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), str. 1-12.
2. Boldo, E., Medina, S., Le Tertre, A., Hurley, F., Mücke, H. G., Ballester, F. i Aguilera, I. (2006) Apehis: Health impact assessment of long-term exposure to PM 2.5 in 23 European cities. *European journal of epidemiology*, 21(6), str. 449-458.

3. Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V. i Shirk, J. (2009) Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11), str. 977-984.
4. Cotti, G., Felber, M., Fossati, A., Lucchini, G., Steiger, E. i Zanon, P. L. (1992) *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. Vol.1 Le componenti naturali*. Lugano: Museo cantonale di storia naturale, str. 488.
5. EC 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.
6. Kruger, L. E. i Shannon, M. A. (2000) Getting to know ourselves and our places through participation in civic social assessment. *Society and Natural Resources*, 13, str. 461–478.
7. Nazarenko, Y., Pal, D. i Ariya, P. A. (2021) Air quality standards for the concentration of particulate matter 2.5, global descriptive analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(2), str. 125.
8. Schoenenberger, N., Zenzerović, P. i Tolić, A. (2020) *Manuale di scienza partecipativa*. Zagreb: Istituto per lo sviluppo e l'innovazione dei giovani.
9. Šišović, A., Pehnc, G., Jakovljević, I., Hujčić, M. Š., Vadić, V. i Bešlić, I. (2012) Polycyclic aromatic hydrocarbons at different crossroads in Zagreb, Croatia. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 88(3), str. 438-442.
10. Tolić, A., Tepić, D. i Zenzerović, P. (2020) *Nozioni di creatività digitale con micro:bit*. Zagreb: Istituto per lo sviluppo e l'innovazione dei giovani.
11. Trumbull, D., Bonney, R., Bascom, D. i Cabral, A. (2000) Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science Education*, 84(2), str. 265-275.
12. Wiggins, A. i Crowston, K. (2011) From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. U: 2011 44th Hawaii international conference on system sciences. IEEE, str. 1-10.
13. Zaninović, K. (2009) Climate Atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000. 9th EMS Annual Meeting, 6, EMS2009-245.