

Rilevamento di dati Meteorologici attraverso un Progetto di Citizen Science Educativa tra Croazia e Svizzera



L'IRIM assume la responsabilità esclusiva per le opinioni espresse in questa pubblicazione ed esse non riflettono necessariamente le opinioni dell'Ufficio Associazioni del Governo della Repubblica di Croazia.

Il programma è cofinanziato dall'Ufficio Associazioni del Governo della Repubblica di Croazia.

RILEVAMENTO DI DATI METEOROLOGICI ATTRAVERSO UN PROGETTO DI CITIZEN SCIENCE EDUCATIVA TRA CROAZIA E SVIZZERA

Simone Merlo¹, Bruno Bellosi¹, Paolo Zenzerović², Josip Šimić², Maja Šparavec²
Katrín Carpineti¹ & Nicola Schoenenberger¹

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

² Institute for Youth Development and Innovativity – IRIM, Kostelska ulica 1, 10000 Zagreb, Croatia.
www.croatianmakers.hr, kontakt@irim.hr

Sommario

Attraverso un progetto di scienza partecipativa (citizen science) realizzato in collaborazione con 106 biblioteche, sono stati raccolti dati meteorologici di temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica e particelle fini PM_{2.5}, durante il semestre invernale 2020-2021 in Croazia e in Svizzera (Cantone Ticino). Le misurazioni sono state effettuate con dispositivi elettronici programmabili (Micro:bit) integrati da sensori atmosferici (AQ:bit). Sono stati così raccolti 1'304'626 dati meteorologici puntuali. I profili di temperatura mostrano le tendenze stagionali attese per le diverse zone climatiche della Croazia e le regioni del Cantone Ticino. È stato inoltre possibile descrivere l'andamento della pressione atmosferica relativo alla città di Zagabria. L'analisi delle umidità relative ha confermato le differenze climatiche tra Croazia, generalmente più asciutta e Cantone Ticino, generalmente più umido. Sull'arco della stagione invernale le PM_{2.5} hanno sistematicamente superato i valori limite di 10 µg/m³ proposti dall'organizzazione mondiale della sanità (WHO) e in tre regioni analizzate anche i valori obiettivo indicati dalla Commissione Europea di 25µg/m³, dimostrando un accresciuto rischio per la salute provocato dall'inquinamento atmosferico per entrambi i paesi. Il progetto conferma la validità dell'approccio della scienza partecipativa per generare sapere scientifico e al contempo diffondere nozioni di alfabetizzazione digitale (Digital Literacy).

Introduzione

La citizen science (scienza partecipativa o scienza dei cittadini) è il processo in cui i cittadini sono coinvolti nella scienza come ricercatori, senza per forza disporre

di un'educazione o di competenze specifiche nell'ambito scientifico (Kruger e Shannon 2000). Generalmente avviene con l'aiuto di mezzi informatici e in collaborazione con scienziati professionisti e, se le reti di partecipanti volontari sono sufficientemente grandi, permette alla scienza di realizzare compiti che altrimenti sarebbero troppo costosi o dispendiosi in termini di tempo. L'esperienza con questo modello di scienza dimostra che, se realizzata con le giuste premesse e nelle giuste circostanze, la citizen science può funzionare su larga scala, generando dati di alta qualità che portano a risultati scientifici affidabili e validi, così come a innovazioni inaspettate (Trumbull et al. 2000). A seconda dei diversi ruoli assunti dai cittadini e dagli scienziati, e dall'integrazione fra di loro, si possono suddividere i progetti di citizen science in tre categorie principali: progetti contributivi – nei quali i partecipanti del pubblico raccolgono dati; progetti collaborativi – i partecipanti collaborano anche nel design sperimentale o nell'analisi dei dati; e progetti co-creati – i partecipanti sono parte integrante di tutto il processo scientifico, dalla formulazione delle ipotesi, al design sperimentale, la raccolta e l'analisi dei dati fino all'interpretazione e alla disseminazione dei risultati (Wiggins & Crowston 2011). I progetti di citizen science possono perseguire scopi e obiettivi molteplici: possono orientarsi all'azione, attraverso l'intervento partecipativo in problemi locali e utilizzando la ricerca scientifica come strumento per sostenere le agende civiche; possono avere un obiettivo di conservazione, ad esempio di una specie rara e minacciata; orientarsi all'investigazione del mondo fisico che ci circonda; oppure avere come scopo principale l'educazione e la sensibilizzazione su un tema specifico (Wiggins & Crowston 2011; Bonney et al. 2009). Storicamente, buona parte dei progetti in questo ambito si concentrano su aspet-

ti ambientali in relazione, ad esempio, alla biodiversità, all'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo o all'osservazione del firmamento. Tuttavia, ora esistono progetti di citizen science in quasi tutte le discipline, dall'informatica alla storia dell'arte, dalla psicologia, alla medicina, alla linguistica (Schoenenberger et al. 2020). In questo articolo presentiamo i risultati di un progetto di raccolta collettiva di dati meteorologici tra la Croazia e la Svizzera (Cantone Ticino), avvenuta tra settembre 2020 e aprile 2021, con lo scopo didattico di promuovere nozioni di creatività digitale e di sensibilizzare sull'inquinamento atmosferico, in particolare presso ragazzi in età scolastica. Questo progetto ha dunque l'obiettivo di contribuire ad uno sviluppo locale sostenibile e di promuovere i partenariati e le collaborazioni tra i due paesi.

Materiali e metodi

Raccolta Dati meteorologici

Per la raccolta dati ci siamo serviti di dispositivi programmabili micro:bit® dotati di un processore ARM Cortex-M0, sviluppati inizialmente dalla BBC per l'utilizzo nella formazione informatica e promossi ulteriormente dalla Micro:bit Educational Foundation di Londra. I micro:bit sono stati programmati per la ricezione e l'invio di dati tramite connessione wireless mediante la piattaforma <https://makecode.microbit.org>. I micro:bit sono stati integrati con dei sensori per il rilevamento dei dati atmosferici relativi alla temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa e particelle fini (PM2.5), e un involucro appositamente stampato con una stampante 3D (Prusa MK3S). Il tutto è stato denominato AQ:bit (Air Quality bit). Temperatura (°C), pressione atmosferica (hPa) e umidità relativa (%; tolleranza ± 3 %) sono state rilevate mediante un sensore combinato (BME280 Digital humidity, pressure and temperature sensor di Bosch Sensortec). Le PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ tolleranza $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono state rilevate mediante un sensore PMS 7003 (Digital universal particle concentration sensor di Plantower®). I dispositivi AQ:bit, assieme a una stampante 3D, sono stati distribuiti gratuitamente a 106 biblioteche (100 in Croazia e 6 in Svizzera, nel Cantone Ticino). Ogni biblioteca ha ricevuto 6 AQ:bit per il prestito all'utenza pubblica. Attraverso workshop specifici e materiali educativi (Tolić et al. 2020), i collaboratori delle biblioteche sono stati formati alla programmazione e all'assemblaggio dell'AQ:bit nonché all'uso della stampante 3D al fine di potere trasmettere

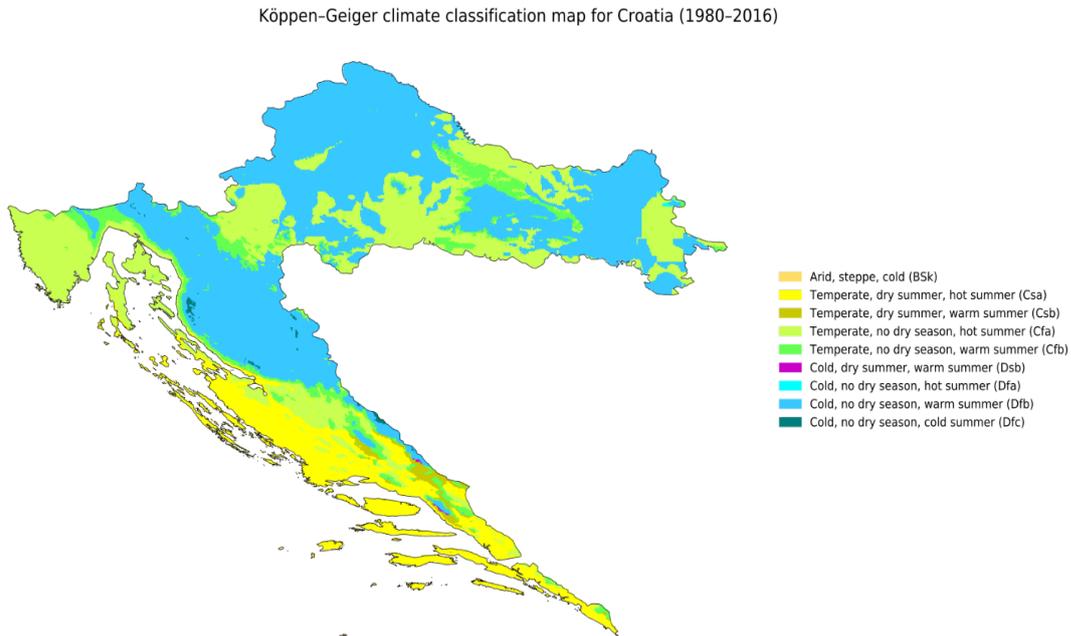
all'utenza le competenze per la partecipazione al progetto. Ogni utilizzatore finale ha posizionato l'AQ:bit attivo per almeno due settimane in uno spazio esterno riparato dalla pioggia e dai raggi diretti del sole. Un AQ:bit è rimasto attivo durante tutta la fase dei rilievi presso la corrispettiva biblioteca. Previa registrazione degli AQ:bit e delle coordinate geografiche del luogo di rilievo attraverso un account specifico per ogni utilizzatore finale, i dati relativi ai quattro parametri atmosferici sono stati inviati su una piattaforma online appositamente sviluppata (<http://cs.croatianmakers.hr>), sulla quale è possibile visualizzare in tempo reale l'andamento dei parametri (un rilevamento ogni 10 minuti) e la localizzazione degli aq:bit attivi. La totalità dei dati rilevati è stata registrata sulla piattaforma. I dati personali degli utilizzatori (indirizzo mail privato e localizzazione dell'AQ:bit) sono gestiti conformemente agli standard GDPR (regolazione EU).

Analisi dei dati

L'analisi dei dati è stata eseguita con il software MS Access. Per i parametri di temperatura, umidità relativa e PM2.5, le misure provenienti da più punti di rilievo (singoli dispositivi AQ:bit sul territorio) sono state raggruppate in regioni geografiche, in base all'origine delle misurazioni (analisi di gruppo). Per la pressione atmosferica e le PM2.5, sono state inoltre eseguite delle analisi puntuali di singoli punti di rilievo (analisi puntuale). Per il processo di selezione dei punti di rilievo sono stati applicati i seguenti criteri: un minimo di 13'000 dati validi e un arco temporale di studio di almeno cinque mesi (dal 14-11-2020 al 14-04-2021). In base a questo criterio sono stati selezionati 19 punti di rilievo (11 croati e 8 svizzeri) raggruppati in 8 aree geografiche distinte, 4 in Croazia e 4 nel Cantone Ticino.

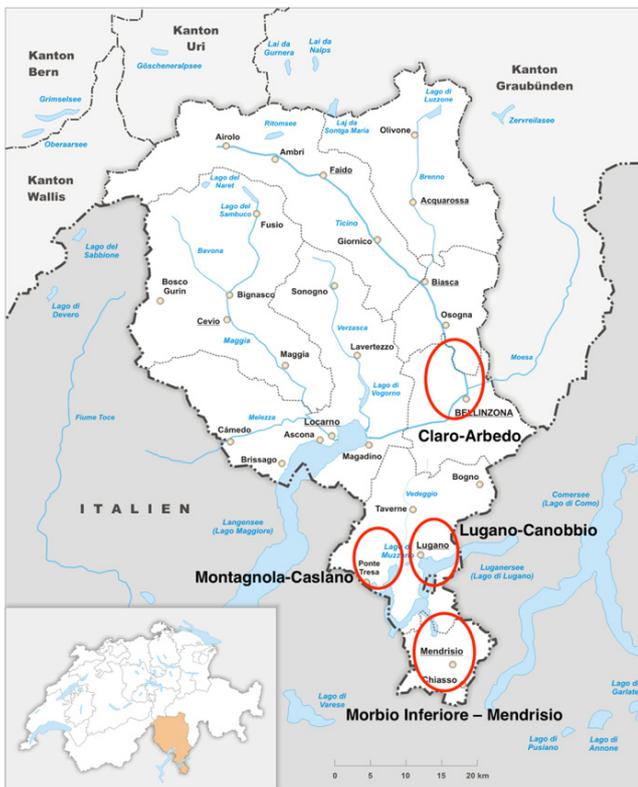
Le aree geografiche della Croazia sono estrapolate dalla cartina delle zone climatiche indicate nella figura 1 e corrispondono a: Entroterra freddo (freddo, senza stagione secca, estate calda – Dfb), Litorale meridionale costiero (temperato, estate torrida e asciutta – Csa), Litorale meridionale interno (temperato, estate calda e asciutta – Csb) e Entroterra temperato (temperato, senza stagione secca, estate torrida – Cfa). Le regioni per il Ticino sono state selezionate in base alla loro prossimità geografica e corrispondono a: Lugano-Cannobbio; Morbio Inferiore – Mendrisio; Claro-Arbedo; Montagnola-Caslaro (figura 2).

Figura 1. Zone climatiche della Croazia



Fonte: Beck et al. 2018, commons.wikimedia.org

Figura 2. Regioni del Ticino (Svizzera)



Fonte: wikipedia.org (modificata)

Temperatura

Per illustrare le tendenze stagionali, sono state calcolate le temperature mensili medie, massime e minime per ogni area della Croazia e del Ticino. Parte delle registrazioni, come temperature inferiori ai -20 fino a -147°C o troppo elevate fino a 70°C , sono state soppresse in quanto riteniamo siano originate da anomalie degli apparecchi (errori strumentali), oppure da errori di impostazione degli apparecchi. Alcune misure troppo elevate ($39-40^{\circ}\text{C}$ a febbraio-marzo) potrebbero dipendere da errati alloggiamenti degli apparecchi, cioè per diretta insolazione o effetti serra (errori sistematici). A differenza degli errori strumentali occasionali, gli errori sistematici si ripetono regolarmente e sono dunque da tenere in considerazione durante l'analisi.

Umidità relativa

Per generare una graduatoria tra luoghi più umidi e quelli più secchi (tabella 1) è stato calcolato il valore medio per tutto il periodo di rilievo e per tutti i punti di rilievo. I valori sono stati filtrati escludendo le misure di umidità relative maggiori del 75% e minori del 25%, che sono tipicamente correlabili a fenomeni eccezionali e poco utili per descrivere le tendenze generali.

Pressione atmosferica

L'analisi in questo caso si basa su rilievi puntuali. Dai dati in nostro possesso abbiamo filtrato i soli dati relativi alla città di Zagabria, che presenta molti AQ:bit (sebbene con scarsa continuità). Dalla loro sovrapposizione abbiamo ricavato il valore di pressione medio a mezzogiorno per ogni giorno.

PM2.5

Per ogni punto di rilievo sono stati estratti i valori mensili (medie, massimi e minimi), i valori di tutto il periodo di rilevamento (medie, massimi e minimi) e i valori di tutto il periodo per area geografica (medie, massimi e minimi). Ad ogni punto di rilievo è stata associata una valutazione sommaria della collocazione (urbana o rurale) per mettere in risalto la diversa esposizione agli inquinanti atmosferici. Inoltre, sono state eseguite delle analisi puntuali per un singolo punto di rilievo in Ticino.

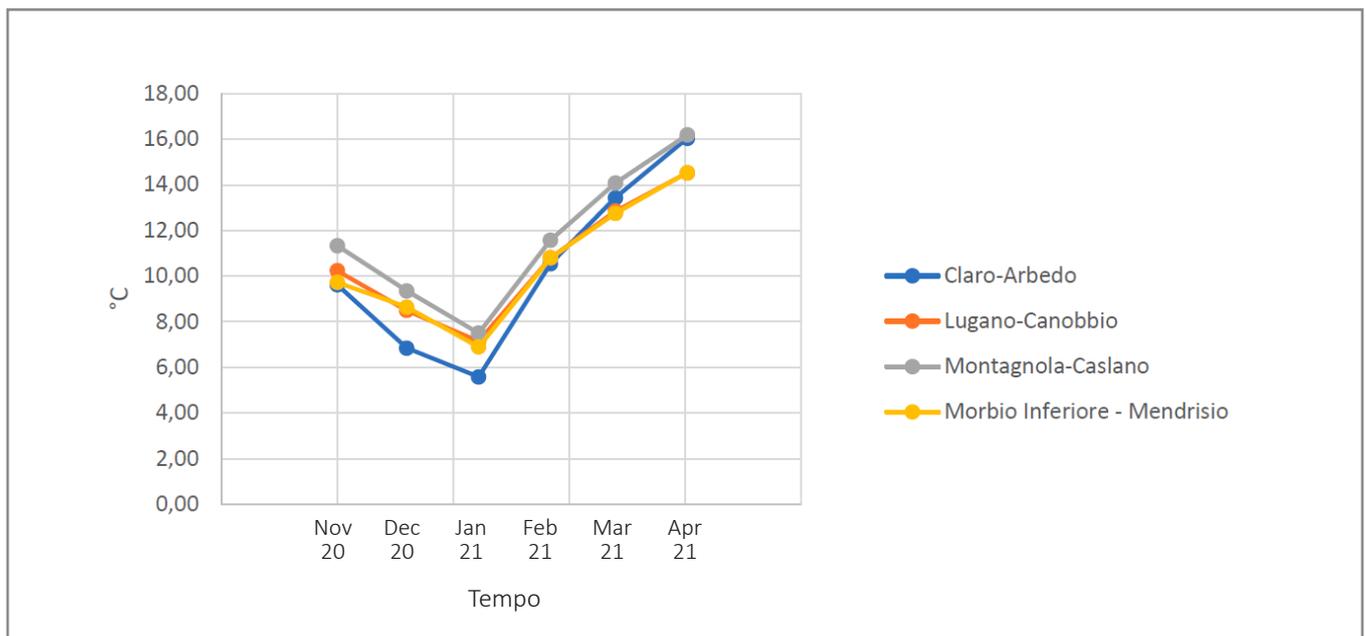
Risultati

In totale, il progetto ha permesso di posizionare sul terreno 202 punti di rilievo, ognuno rappresentato da un singolo AQ:bit sul davanzale di una finestra (177 in Croazia e 25 in Ticino). Sono stati così raccolti un totale di ben 1'304'626 dati meteorologici puntuali relativi a temperatura (°C), umidità relativa (%), pressione atmosferica (hPa) e particelle fini PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Temperatura

Per illustrare l'andamento delle temperature medie mensili nelle differenti aree della Croazia e del Ticino tra novembre 2020 ed aprile 2021 sono stati creati due grafici. Nella figura 3 si osservano le temperature per le differenti regioni del Ticino. Si nota in particolare la tendenza stagionale con un abbassamento delle temperature fino a fine gennaio seguito da un rialzamento

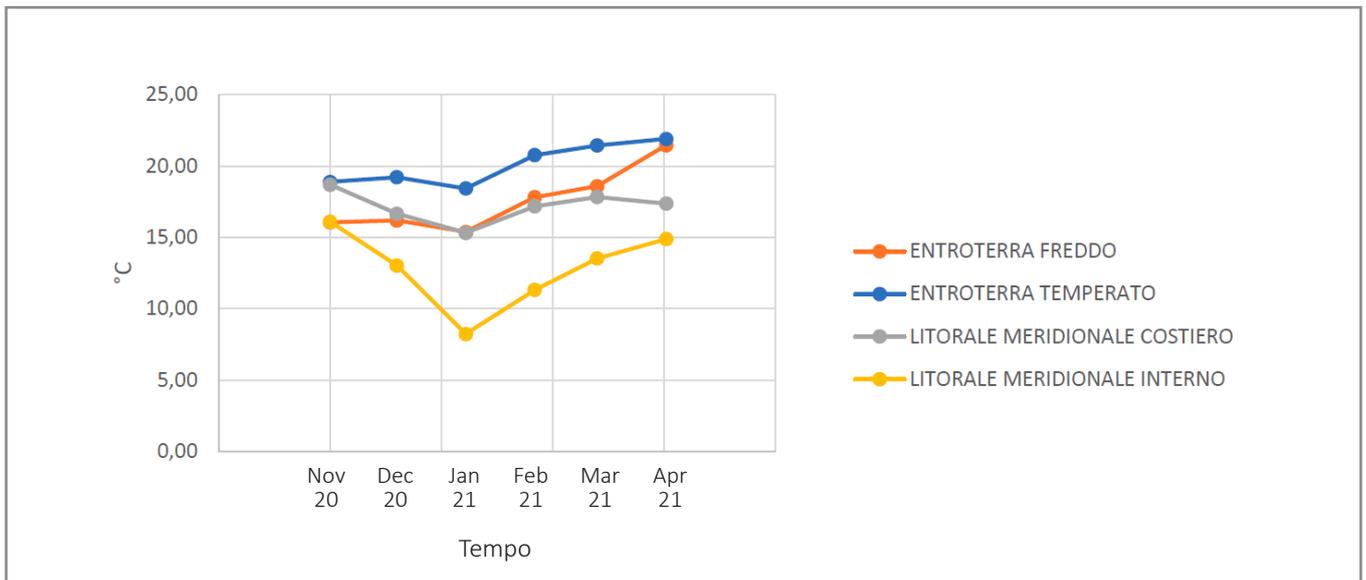
Figura 3. Temperatura media (°C) per le differenti regioni del Ticino



costante fino alla metà di aprile. I valori più bassi sono registrati a Claro-Arbedo, dove nel mese di gennaio la temperatura media era di 5.6°C. Le temperature medie più alte sono state registrate a Montagnola-Caslano, dove hanno raggiunto i 16.2°C ad aprile.

La figura 4 mostra le temperature medie mensili suddivise nelle quattro zone climatiche della Croazia. Si nota come l'inverno sia stato più rigido nel litorale meridionale interno dove tra dicembre 2020 e gennaio 2021 le temperature medie sono scese sotto gli 8.5°C. Inoltre,

a differenza delle altre zone climatiche, qui le temperature medie sono quasi sempre rimaste sotto i 15°C per tutto il periodo di misurazione. Per quanto riguarda l'entroterra freddo, l'entroterra temperato e il litorale meridionale costiero, le temperature medie non sono mai scese sotto i 15°C. L'inverno più caldo si è verificato nell'entroterra temperato dove, da febbraio, le temperature hanno superato i 20°C. L'entroterra freddo e il litorale meridionale costiero hanno registrato delle temperature medie invernali simili, in particolare nel periodo compreso tra metà dicembre e metà marzo.

Figura 4. *Temperatura media (°C) per zona climatica della Croazia*

Si può notare, comparando i due grafici tra di loro, che le differenze tra le zone climatiche della Croazia siano più importanti rispetto alle differenze tra le regioni del Ticino, dove l'evoluzione delle temperature è uniforme. Questo è dovuto al fatto che la superficie della Croazia considerata nello studio è molto estesa e comporta delle differenze climatiche importanti tra le zone considerate. In Ticino invece, essendo un territorio di piccole dimensioni, il clima e le temperature sono molto simili per tutte le regioni studiate.

Umidità relativa

È stata creata una classifica per distinguere le aree più umide da quelle più secche. La tabella 1 mostra come tutte le regioni del Ticino abbiano registrato dei valori medi di umidità relativa più elevati rispetto alle zone climatiche della Croazia, dove i valori non superano mai il 40%. Dalla tabella si evince che le differenze sono minime tra le regioni del Ticino (meno di 4% di variazione), mentre sono più elevate se confrontate con le zone climatiche croate più secche (fino a 16% di variazione). Questa maggiore variazione all'interno della Croazia è dovuta, come nel caso della temperatura, alle maggiori distanze geografiche all'interno della nazione e delle conseguenti differenze climatiche tra una zona e l'altra.

Tabella 1. *Umidità relativa*

Gruppo	Umidità relativa (%)
Lugano-Canobbio (Svizzera)	43.3
Morbio Inferiore – Mendrisio (Svizzera)	41.6
Claro-Arbedo (Svizzera)	40.6
Montagnola-Caslano (Svizzera)	39.7
Entrotterra freddo (Croazia)	39.7
Litorale meridionale costiero (Croazia)	37.8
Litorale meridionale interno (Croazia)	37.0
Entrotterra temperato (Croazia)	27.2

PM2.5

Nella tabella 2 sono illustrati i valori massimi, minimi e medi di tutto periodo di rilievo (5 mesi) per gruppo, per Croazia e per il Ticino.

Tabella 2. *Valori di PM2.5*

PM2.5 µg/m3			
Gruppo	Media	Massimo	Minimo
Entrotterra freddo (Croazia)	36.94	248.3	0
Entrotterra temperato (Croazia)	29.13	213.3	0
Morbio Inferiore – Mendrisio (Svizzera)	28.52	177.2	0
Lugano-Canobbio (Svizzera)	19.03	154.4	0
Montagnola-Caslano (Svizzera)	18.54	135.7	0
Claro-Arbedo (Svizzera)	16.84	132.4	0
Litorale meridionale costiero (Croazia)	12.53	165.5	0
Litorale meridionale interno (Croazia)	9.44	110.6	0

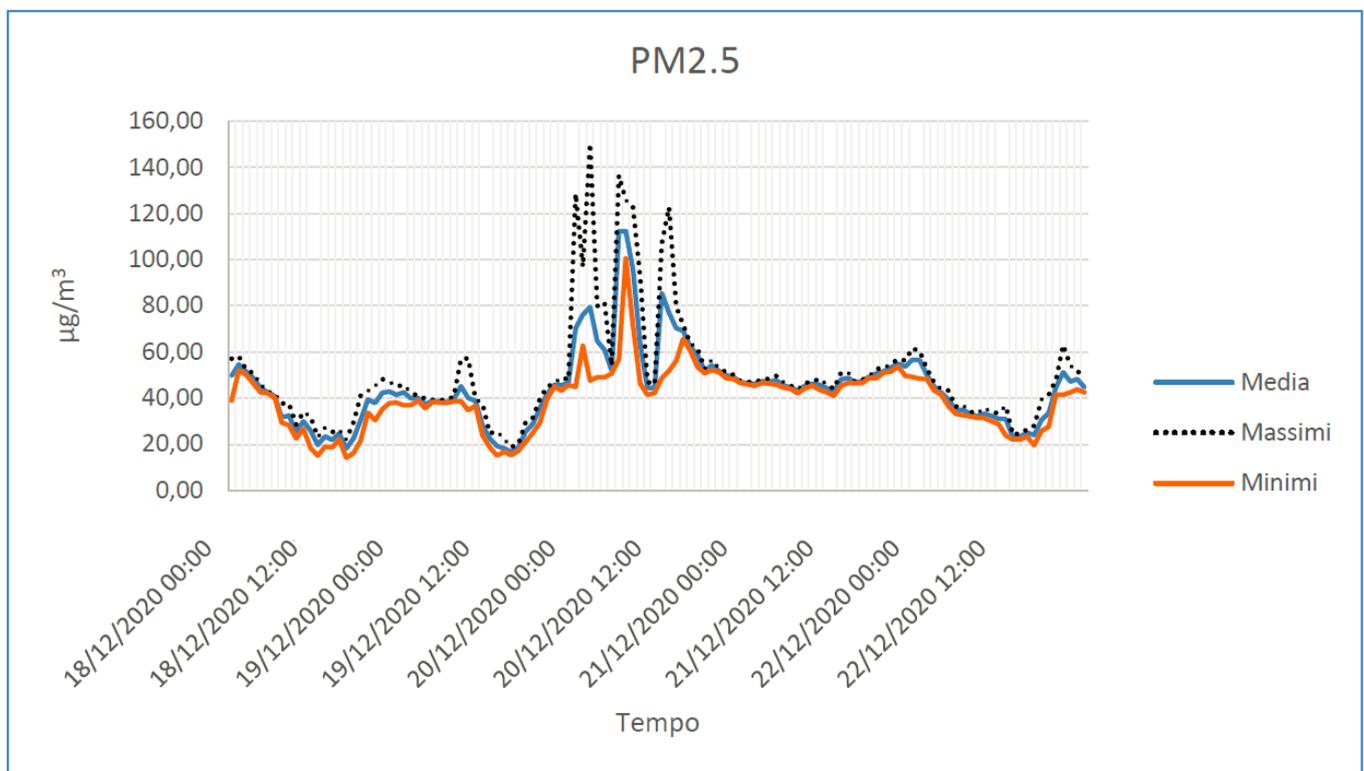
Da questi dati si evince che le zone che presentano meno particolato sono quelle più ventilate e quindi soggette al ricambio d'aria, come le zone costiere in Croazia, o, nel caso del Ticino, delle valli come il distretto di Bellinzona. Un'altra componente che influenza il tenore di particolato nell'aria è la pratica del riscaldamento a legna o a carbone, che causa drastici aumenti locali delle PM2.5 (Šišović et al. 2012). I valori massimi particolarmente elevati per l'entroterra croato freddo, potrebbero essere giustificati in questo modo.

Attraverso la misura delle PM2.5 rilevate da un AQ:bit

posizionato in Via Campagna Adorna 21, Mendrisio, Svizzera, è stato possibile monitorare due eventi straordinari (con drastiche variazioni dei valori).

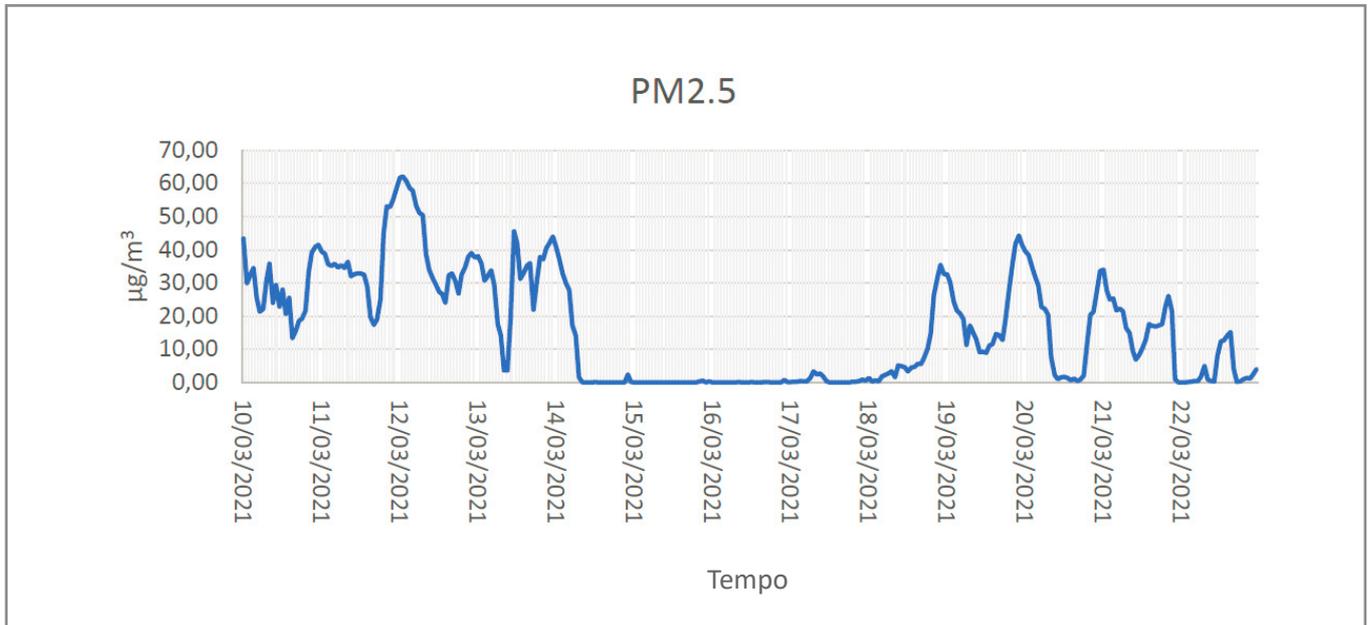
Il 20-12-2020 verso le 00:00 prese fuoco un deposito di pneumatici situato a circa 100 metri dall'apparecchio. L'incendio continuò fino alle 14:00. Come illustrato nella figura 5, con l'inizio dell'incendio, le PM 2.5 hanno velocemente raggiunto valori massimi orari molto elevati, con il picco maggiore tra le sei e le sette di mattina del 20 dicembre. In quel momento, la media oraria si attestava a $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 5. *Variazioni di PM2.5 prima, durante e dopo l'incendio*



Il secondo evento corrisponde al periodo dalle 04:00 del 14 marzo alle 21:00 del 18 marzo 2021, giornate in cui si sono verificati forti venti. Dalla figura 6 si può osservare che, in corrispondenza del periodo di forti venti, i valori di PM2.5 diminuiscono drasticamente fino a raggiungere livelli prossimi allo zero. In meno di nove

ore i valori passano da circa $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alle 00:00 del 13 marzo) a $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alle 09:00 del 14 marzo). In seguito, i livelli di PM2.5 rimangono prossimi allo zero fino al cessare dei venti il 18 marzo e in poche ore si innalzano fino a raggiungere quasi $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 6. *Variazione dei valori medi giornalieri di PM2.5 durante le giornate di forti venti*

Pressione atmosferica

Dai dati in nostro possesso per la città di Zagabria abbiamo ricavato il valore di pressione medio a mezzogiorno di ogni giorno. Dall'andamento del grafico della figura 7 si può notare come la pressione atmosferica per la città di Zagabria presenti valori più elevati tra ottobre e

novembre e tra febbraio e marzo. I massimi si verificano a metà novembre, metà febbraio e a metà marzo con valori che superano i 1020 hPa. Al contrario, i valori più bassi si verificano nel periodo più freddo tra dicembre e febbraio, con dei minimi a fine dicembre e inizio febbraio, con valori che scendono sotto i 980 hPa.

Figura 7. *Pressione atmosferica nella la città di Zagabria*

Discussione

Attraverso questo progetto abbiamo dimostrato come è possibile, con il coinvolgimento di numerosi partecipanti della società civile, raccogliere sull'arco di pochi mesi un numero importante di dati meteorologici in due paesi (Croazia e Svizzera), con l'ausilio di dispositivi elettronici programmabili e una piattaforma web. La quantità e qualità dei dati raccolti da parte di persone di tutte le età che non dispongono per forza di un'educazione specifica, è stata sufficiente per valorizzare misurazioni relative a quattro parametri meteorologici e di trarre conclusioni scientifiche riguardo alla loro incidenza.

I profili di temperatura rilevati, interpretati come medie mensili, mostrano le tendenze stagionali attese per le diverse zone climatiche della Croazia e le diverse regioni del Cantone Ticino. Visto il posizionamento dei sensori all'interno di scatolette in materiale plastico su davanzali di finestre a ridosso di muri domestici, è verosimile che le misure di temperatura siano sensibilmente più elevate rispetto alle misurazioni ufficiali standardizzate (in genere a 2 m sopra il suolo, lontano dagli edifici). È stato inoltre possibile descrivere l'andamento della pressione atmosferica per tutto il periodo di rilevamento relativo alla città di Zagabria.

Anche i dati di umidità relativa, malgrado siano parecchio inferiori rispetto alle misurazioni ufficiali, permettono di differenziare le zone climatiche della Croazia, paese generalmente più asciutto e contraddistinto da un clima mediterraneo temperato-caldo (Zaninovic 2009), e quelle del Cantone Ticino, contraddistinto da un clima insubrico assai umido influenzato sia dal mediterraneo che dall'atlantico e dalla presenza dei grandi laghi (Cotti et al 1992). Le differenze tra le nostre misurazioni e quelle ufficiali possono essere causate dal sensore degli AQ:bit, localizzato all'interno di una scatoletta chiusa e posizionato su davanzali di finestre al riparo delle piogge, e quindi rappresentare degli errori sistematici.

L'inquinamento atmosferico è un importante problema di salute ambientale. Diversi studi dimostrano come l'esposizione a lungo termine a tenori elevati di polveri fini sia dannoso per la salute e possa portare a malattie cardiovascolari e a morti premature. Uno studio ha dimostrato che nelle città europee, la riduzione dell'e-

sposizione a lungo termine a livelli di PM_{2.5} inferiori a 15 µg/m³ potrebbe evitare 16'926 decessi prematuri ogni anno e al contempo aumentare significativamente l'aspettativa di vita (Boldo et al. 2006).

In tutte le aree studiate, ad eccezione del litorale meridionale interno (Croazia), la media su 5 mesi delle PM_{2.5} superava il valore soglia annuale indicato dall'organizzazione mondiale della sanità (WHO) di 10 µg/m³ (Nazarenko et al. 2021). In tre aree studiate – Entroterra freddo, Entroterra temperato (Croazia) e Morbio inferiore-Mendrisio (Ticino), questi valori superavano il limite posto come obiettivo dall'Unione Europea di 25µg/m³ (EC 2008). Valori di particelle fini elevati con relativi rischi per la salute sono quindi ancora tipici per entrambi i paesi e verosimilmente dovuti allo smog invernale provocato dal traffico stradale e dai riscaldamento a nafta, carbone o legna.

Attraverso le misure delle PM_{2.5} è stato anche possibile descrivere l'incidenza di eventi isolati sui livelli di inquinamento atmosferico. In Ticino, un incendio in un deposito di pneumatici ha provocato un'impennata dei livelli di PM_{2.5} con valori puntuali massimi di 150 µg/m³, mentre un periodo di forti venti ha azzerato le PM_{2.5} per un periodo di oltre 4 giorni.

Il presente lavoro dimostra quindi come tramite la partecipazione pubblica sia possibile fornire indicazioni ai professionisti, alle autorità e al pubblico sull'andamento dei parametri meteorologici e delle loro conseguenze sull'ambiente e sulla salute.

Per il futuro suggeriamo di migliorare il design degli involucri degli AQ:bit al fine di ridurre gli errori sistematici e di comparare i dati ricavati da questo studio con i valori meteorologici ufficiali registrati dalle stazioni corrispondenti in Ticino e in Croazia. Questo permetterà di verificare l'accuratezza delle registrazioni con l'AQ:bit e di disporre di un paragone indipendente prodotto dalla società civile con serie di misurazioni molto più dense sul territorio rispetto alle misurazioni ufficiali.

In conclusione, si può affermare che questo progetto abbia permesso di raggiungere l'obiettivo di generare dati utili per un'analisi scientifica e la produzione di materiale per la sensibilizzazione dei partecipanti e del pubblico. Inoltre, questa attività ha consentito di diffondere nozioni di alfabetizzazione digitale (Digital Literacy), incluse nozioni di programmazione e stampa 3D.

Ringraziamenti

Senza l'aiuto attivo di innumerevoli bambini, ragazzi in età scolastica, giovani adulti e adulti la realizzazione di questo progetto non sarebbe stata possibile. Non siamo purtroppo in grado di ringraziare tutte le persone che hanno, attraverso la loro partecipazione, fornito l'incredibile quantità di dati meteorologici raccolti. Ci preme esprimere la nostra gratitudine a tutte le biblioteche che hanno partecipato, in particolare le biblioteche in Croazia: 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" – bibliobus Križevci; 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 Silvije Strahimir Kranjčević; 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; Knjiž-

ica 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; Narodna 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.

E le biblioteche in Svizzera: Biblioteca Scuola Media Breganzona, Via Camara 59, 6932 Breganzona; Biblioteca Scuola media di Caslano, Via Industria 27, 6987 Caslano; Biblioteca 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.

Siamo inoltre grati all'Ufficio governativo per la cooperazione con le ONG e al Swiss-Croatian Cooperation Programme (programma di cooperazione Svizzera-Croazia finanziato dalla Confederazione Svizzera), per il finanziamento di gran parte del progetto DL4LD "Digital Libraries for Local Development", dal quale scaturiscono i dati presentati nel presente articolo.

Bibliografia

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), 1-12.

Boldo, E., Medina, S., Le Tertre, A., Hurley, F., Mücke, H. G.,

Ballester, F., & 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), 449-458.

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11), 977-984.

Cotti G., Felber M., Fossati A., Lucchini G., Steiger E & Zanon P-L. (1992). *Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. Vol.1 Le componenti naturali*. Lugano, Museo cantonale di storia naturale, 488 pp.

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.

Kruger, L. E., & Shannon, M. A. (2000). Getting to know ourselves and our places through participation in civic social assessment. *Society and Natural Resources*, 13, 461-478.

Nazarenko, Y., Pal, D. and 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), p.125.

Schoenenberger N., Zenzerović P. & Tolić A. (2020). *Handbook of Citizen Science*. Institute for Youth Development and Innovativity (IRIM) & INNOVABRIDGE Foundation, Zagreb, 50 pp. ISBN 978-953-49075-3-5.

Šišović, A., Pehnc, G., Jakovljević, I., Hujčić, M. Š., Vađić, V., & Bešlić, I. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons at different crossroads in Zagreb, Croatia. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 88(3), 438-442.

Tolić A., Tepić D. & Zenzerović P. (2020). *Notions of digital creativity with micro:bit*. Institute for Youth Development and Innovativity (IRIM) & INNOVABRIDGE Foundation, Zagreb, 66 pp. ISBN 978-953-49075-1-1.

Trumbull D., R. Bonney, D. Bascom, and A. Cabral. (2000). Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science Education*, vol. 84, no. 2, pp. 265-275, 2000.

Wiggins, A., & Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. In 2011 44th Hawaii international conference on system sciences (pp. 1-10). IEEE.

Zaninovic, K. (2009). Climate Atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000. In *9th EMS Annual Meeting* (pp. EMS2009-245).

