

# MONITORAGGIO PARTECIPATO DI UN FIUME

GUIDA TEORICO-PRATICA PER COSTRUIRE UN PROGETTO  
DI TUTELA (CURA/GESTIONE) DEL TERRITORO TRA  
COMUNITÀ SCUOLE e SCIENZIAT





## MOTIVI

Questo testo è stato scritto con lo scopo di fornire gli strumenti per organizzare un progetto di monitoraggio partecipato di un fiume, da un punto di vista educativo, comunitario e scientifico. Nella pratica si tratta di organizzare gruppi di monitoraggio, con una supervisione scientifica che può arrivare dall'università o da progetti specifici. Si va insieme sul fiume e durante le passeggiate si raccolgono campioni d'acqua che possono essere analizzati sul momento, attraverso kit facili da utilizzare e a basso costo, si cercano gli scarichi e si annusano le puzze, si scopre la ricchezza della biodiversità dei sistemi fluviali. Un progetto di scienza partecipata è prima di tutto una riscoperta condivisa della meraviglie dei territori e dei nostri impatti, in questo caso si mappa il continuo scorrere dell'acqua dove si uniscono piogge e scarti umani. Studiare un fiume è un ottimo modo per scoprirci osservando ciò che scartiamo. La bassa qualità dei corsi d'acqua è stato uno dei primi effetti che ha lasciato la rivoluzione industriale. È emblematico l'evento della "Grande puzza di Londra" quando il fiume Tamigi diventò un corso di melma putrescente: siccità, acqua contaminata e mancanza di studi sul bacino idrico nel suo complesso hanno causato epidemie e invivibilità. Nonostante l'importanza dei fiumi come risorsa idrica fondamentale per la vita, la legislazione rispetto agli scarichi, all'uso e alla captazione dell'acqua è molto debole e facilmente eludibile. È difficile gestire un bacino d'acqua che attraversa molti e diversi territori in maniera centralizzata, un monitoraggio capillare del corso è difficile con i pochi mezzi, tecnologici e umani, che spesso le Arpa non hanno a disposizione.

Questo ha ovviamente dei grossi benefici economici per chi ha interesse a risparmiare sugli alti costi dello smaltimento dei rifiuti, rispetto al costo di un semplice allaccio che scarica direttamente nel fiume, l'importante è farlo quando piove, dicono.

Il nostro fiume-studio è bellissimo: cascatelle e acqua azzurra nascoste da una vegetazione che è resistita all'industrializzazione dell'area. Quel colore caraibico dipendeva dall'inquinamento? Ci si può fare il bagno? Queste semplici domande hanno ricevuto dalle istituzioni competenti risposte elusive o addirittura sono state ignorate. Come mai non è facile rispondere ad una domanda così facile rispetto a un fiume dove ci fanno il bagno migliaia di persone tutte le estati? Che dà il nome al nostro territorio, la Val d'Elsa? Il silenzio ha lasciato spazio all'immaginazione: un'alternativa, un immaginario condiviso che potesse creare una frattura nel ruolo della scienza e la rimettesse in discussione nei suoi metodi e obiettivi. Ci siamo immaginati migliaia di comunità formate per tutelare e assicurare la qualità ecosistemica dei fiumi, dell'aria, del suolo, del cibo, delle relazioni.

#### **Qual è in questo sogno il ruolo della scienza?**

Il primo passo è incominciare ad intendere la scienza come uno strumento di cura e non di produzione. I metodi scientifici permettono di conoscere e fare previsioni (non sempre) accurate sul nostro ambiente: erosione, temperatura dell'aria, consumo di suolo, assorbimento di CO<sub>2</sub>, devastazione degli habitat, tassi di tumore in relazione a polveri sottili nell'aria. Se però queste competenze non vengono condivise e radicate nei territori dove servirebbero, a cosa importano tutte le stime fatte? Quanti paper bisogna scrivere per fermare l'urbanizzazione estrattivistica dei nostri ambienti? Quale ulteriore disastro dobbiamo aspettare per convincerci che siamo arrivati ad un punto critico della storia? O i saperi scientifici riscoprono il situamento nei territori e la tutela della vita o la spirale di crescita tecnologica e capitalista, che la scienza alimenta, butterà giù anche le ultime macerie di una terra vissuta in libertà, dove si poteva fare il bagno al fiume.

Ovviamente in questo scritto non troverete la soluzione a tutto questo, questo progetto non riuscirà, da solo, a risolvere le complesse problematiche già citate ma vuole innescare una riflessione collettiva sull'importanza della cura delle risorse naturali. Da un punto di vista più pragmatico i dati raccolti in maniera partecipata possono essere utilizzati per trovare eventuali problematiche (scarichi abusivi, abuso di fertilizzanti, criticità ecologiche) e fare pressione sulle amministrazioni per un monitoraggio più attento, oltre che a proporre delle gestioni fluviali dal basso che creano lavoro, consapevolezza e amicizia, il tutto supportato da dati. Le ragazzе che hanno partecipato hanno sperimentato alcune tecniche di monitoraggio ambientale, hanno usato la fisica e la matematica per risolvere problemi reali. Le persone che sono venute sul fiume hanno riscoperto l'importanza delle aree naturali, hanno sentito il fresco, la puzza, hanno esplorato nuovi luoghi del loro territorio. Noi scienziate abbiamo immaginato un lavoro diverso, sul campo, molto meno stressante e più condiviso, abbiamo visto lo spiraglio di una scienza a disposizione, direttamente utile per i problemi comuni. La scienza partecipata è uno strumento molto utile per la collettivizzazione del sapere scientifico, se questo non viene condiviso diventa un privilegio o, peggio, uno strumento di controllo e potere. La difesa per un equo accesso alle risorse naturali passa dalla loro cura, che non può nascere né senza conoscenza né senza condivisione. Questo testo non offre soluzioni, piuttosto mette sul piatto una delle possibili ricette per costruire una scienza radicata, radicale perché parte dal basso e sostiene le lotte, partecipata perché si fa tutta insieme.



## L'IMPORTANZA DEGLI AMBIENTI FLUVIALI

Quando pensiamo ad un fiume, la prima cosa che ci viene in mente è l'acqua, ma in realtà è molto di più. Gli ecosistemi fluviali sono sistemi ecologici estremamente complessi e dinamici, sono caratterizzati dalla presenza di molti organismi: piante, animali, batteri, funghi, senza i quali il corso d'acqua è destinato inevitabilmente a degradarsi. Perché senza le interazioni delle specie, sia tra di loro che con l'ambiente circostante, il fiume non esisterebbe.

Per molti anni gli ecosistemi fluviali sono stati considerati solo come dell'acqua che scorreva e gestiti con un approccio unicamente ingegneristico, questo errore ci è costato caro. Perché sottovalutare l'importanza di conoscere le caratteristiche fisiche e chimiche di un fiume ma, soprattutto, il ruolo della biodiversità, provoca inevitabilmente un degrado dell'ecosistema, causando grosse ripercussioni su di essi, sull'uomo, ma anche sull'intero pianeta. I corsi d'acqua dolce sono infatti molto importanti perché possono aiutare a proteggere e ripristinare la biodiversità, mitigare l'inquinamento attraverso la filtrazione e la purificazione dell'acqua, e contribuire alla stabilità climatica fornendo benefici sia di mitigazione che di adattamento. L'Italia, per la sua conformazione geologica e morfologica è una nazione ricchissima di fiumi, con un reticolo idrografico enorme ed estremamente ramificato. L'uomo è da sempre strettamente connesso a questi ambienti perché sono stati fondamentali per l'evoluzione dei popoli, non a caso, la maggior parte delle città si sono sviluppate lungo i fiumi.

Perché questo legame? Questo è avvenuto per una serie di motivi, tra cui: l'approvvigionamento di acqua per dissetarsi, lavarsi o per irrigare campi coltivati, la possibilità di trasporto e commercio, ma anche per rilasciare e portare via scarti umani e avanzi di lavorazione. Nonostante i corsi d'acqua dolce siano importantissimi per il pianeta, la biodiversità e l'essere umano, stanno vivendo una crisi globale che necessita un'attenzione immediata. Facilmente tangibile quando si presenta la siccità e i fiumi spariscono, quando manca l'acqua per irrigare, per lavarsi, per bere, ma quando si arriva a questi punti vuol dire che siamo andati troppo oltre. Come è potuto accadere tutto ciò? Come al solito l'uomo non si è posto limiti e ha interferito in maniera negativa: ha modificato a proprio piacimento gli argini, attraverso la cementificazione e la rettilineizzazione di molti tratti; ha costruito enormi dighe e prelevato sempre più acqua; ha troppo spesso tagliato la vegetazione riparia (che cresce lungo l'interfaccia tra la terra e un corso d'acqua), essenziale per il mantenimento della biodiversità, e ha anche rilasciato, oltre ai propri scarti, anche sostanze pericolose e contaminanti. Il continuo progresso della tecnologia e la crescita della pressione antropica sui fiumi sono aumentati così notevolmente, da determinare uno stress sempre maggiore, che ha portato ad una progressiva perdita di qualità dell'acqua dolce. Così pesante che ha portato i fiumi a diventare l'ambiente naturale maggiormente modificato dall'attività dell'uomo nei secoli. Con il degrado degli ecosistemi si perdono con essi anche tutti i servizi ecosistemici che esso offre naturalmente provocando gravi danni sia in piccola che in larga scala. È chiaro che è necessario recuperare i nostri fiumi e farli tornare a splendere e brulicare di vita al più presto.

Cosa si può fare?

Per prima cosa bisogna capire come sta il corso d'acqua. Per farlo bisogna portare avanti uno studio interdisciplinare che prende in considerazione non solo analisi chimico-fisiche delle acque (nitrati, fosfati, ammonio, pH, torbidità,...), ma anche indici ecologici (Indice Biotico Esteso, Indice di Funzionalità Fluviale,...) e soprattutto analisi ecotossicologiche (Biomarkers). Quando si studia un ecosistema è essenziale integrare più informazioni possibili, a diversi livelli di complessità, per capire quale è il suo reale stato di salute. Perché solo così sarà possibile individuare le eventuali fonti di contaminazione presenti e poi attuare azioni adeguate di mitigazione per conservarlo nella sua interezza.

**Quale può essere il ruolo di abitanti e comunità?**



## METODO

Modello educativo integrato: abitanti-scuola-scientista

Molto spesso questi progetti partono dall'alto, dalle iniziative della singola ricercatore, questo non è un problema in sé, ma è importante costruire il progetto in una logica di ascolto delle persone e delle necessità territoriali. Chi monitora deve essere reso partecipe dei risultati, delle decisioni e degli obiettivi del monitoraggio, secondo le proprie possibilità.

La scienza partecipata è una modalità di ricerca che si sta diffondendo nelle scienze naturali per raccogliere dati ambientali. Consiste nel coinvolgimento attivo di non-esperte (abitante, comunità, studente,...) che prendono parte al processo scientifico. I dati e le testimonianze raccolte, da esperte e non, vengono elaborate insieme o dall'esperta, questa riflessione collettiva permette di capire i problemi del territorio e spesso aiuta a trovare delle soluzioni.

Attraverso progetti di scienza partecipata è possibile avvicinare persone di tutte le età alle tematiche ambientali.

Purtroppo raramente è possibile percepire di essere parte attiva nella tutela dell'ambiente, questo è un peccato perché la co-progettazione e la partecipazione sono funzionali (tra le altre cose) ad avere un maggior numero di informazioni sul fiume: sia grazie ad una raccolta dati più capillare, sia grazie alla condivisione delle conoscenze sul corso d'acqua. Informazioni che si sono rivelate molto utili nella scelta dei punti da campionare e non solo. È importante per questo iniziare il progetto con degli incontri di co-progettazione del monitoraggio, sia per coinvolgere più persone possibili, sia per una divisione del lavoro che sia sostenibile per tutta la partecipanti (scienziata e non).

Il progetto che proponiamo prevede la collaborazione tra più realtà, dove nessuna è indispensabile ma il maggior coinvolgimento possibile garantisce la migliore riuscita.



## 1) Associazioni, gruppi del territorio

ruolo: punto di riferimento, partecipazione, conoscenza indigena, gestione collettiva dei monitoraggi.

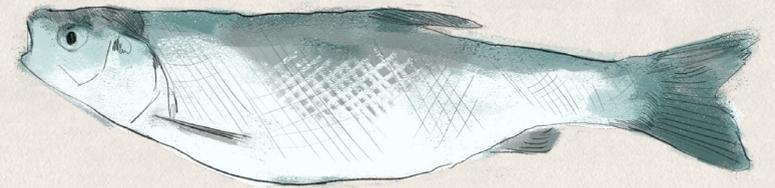
È fondamentale una presenza sul luogo dei monitoraggi, le associazioni e i gruppi territoriali sono un supporto partecio fondamentale che garantisce la reale partecipazione. Un scienziatə da solo non può gestire in maniera sostenibile la comunicazione degli eventi, le giornate di monitoraggio, la presenza di gruppi di monitoraggio, l'ordine dei kit per le misure e così via. Attivando un monitoraggio partecipato le associazioni hanno un bel progetto che può creare aggregazione e visibilità, oltre all'interesse pratico comune di tutelare la qualità del proprio corso d'acqua. Le giornate dei monitoraggi possono essere un'occasione di ritrovo in natura e le restituzioni dei risultati possono diventare delle feste in cui si condivide con tutta la popolazione il lavoro fatto.

## 2) Scienziat3

ruolo: **fornire conoscenze scientifiche, integrare con studi e analisi più complesse, elaborazione dati, fare pubblicazioni per far emergere i risultati.**

L'università è molto importante, principalmente come luogo in cui si concentrano e studiano le scienziatə, che possono scegliere di condire le conoscenze scientifiche necessarie per svolgere un monitoraggio adatto alla situazione, per capire cosa indagare e come farlo. Una cosa fondamentale che può fare un'università è quella di integrare i dati ottenuti dai campionamenti fatti dalla popolazione e dalle scuole, con analisi più complesse come quelle ecologiche. Sono diversi gli indici che si possono costruire, alcuni utilizzando schede tecniche come l'Indice di Funzionalità Fluviale, altri attraverso l'osservazione della presenza o assenza di alcune specie bioindicatrici. Queste possono essere sia specie animali che vegetali, che soddisfino determinate caratteristiche, come il fatto di essere più o meno resistenti all'inquinamento. In questa maniera se si trovano organismi che sono molto sensibili agli stress antropici, si può dedurre che il fiume "sta bene", viceversa la loro assenza può indicare la presenza di un ambiente contaminato. Altre analisi molto importanti sono quelle ecotossicologiche, come i biomarkers.

Questa tecnica si basa sul concetto dell'intercorrelabilità degli effetti di un contaminante, in poche parole, studiando le risposte biochimiche di un organismo bioindicatore, ad esempio lo stomaco o il fegato di un pesce, si può ricavare quali sono i tipi di sostanze al quale è esposto: questa informazione è molto più ricca di un campione d'acqua, perché gli effetti sugli organismi si cumulano nel tempo mentre un campione d'acqua offre solo informazioni su quell'istante. Trovare un pezzo di plastica con un retino non è significativo come trovare uno stomaco pieno di microplastiche. Queste misure forniscono dati sull'esposizione prolungata, questo aiuta a prevedere, e di conseguenza anche evitare, il verificarsi di effetti negativi a lungo termine anche su scala ecologica.



Per portare la scienza partecipata nell'università, con pensiero critico, una maniera semplice potrebbe essere quella di coinvolgere studentə, dottorandə, ricercatorə di corsi di laurea nelle scienze naturali, ambientali, di ecotossicologia o pertinenti per proporre un progetto di Tesi o di Dottorato di monitoraggio partecipato di un fiume.

Un altro fattore da non sottovalutare è la pubblicazione dei dati, possibilmente in più forme, per raggiungere pubblici diversi. Oltre ad essere utile per chi fa ricerca, la pubblicazione dei dati è ottima per diffondere i risultati ottenuti, per provare a fare pressioni sulle istituzioni, e per valorizzare ricerche che si basano realmente sull'interdisciplinarietà e la partecipazione attiva della popolazione.

## Finanziamenti

Le scuole ricevono ogni anno finanziamenti sotto varie diciture (PON, PTOF, alternanza scuola lavoro) a volte questi fondi hanno delle tematiche vincolanti, questo progetto comprende potenzialmente molte "parole chiave" di questi temi: scuole green, discipline STEM (science, technology, engineering and mathematics), cittadinanza attiva, educazione all'aperto, rigenerazione urbana, percorsi sulla legalità, apprendimento cooperativo. I fondi per attivare un progetto del genere sono dal centinaio al migliaio di €. Molto spesso il problema non è la mancanza di fondi ma l'assenza di una persona attiva all'interno dell'istituto che faccia da referente del progetto e lo segua burocraticamente. Prima di contattare la segreteria della scuola conviene contattare qualche professorə, possibilmente di materie scientifiche, e/o dirigenti per assicurarsi un supporto dall'interno della scuola. Da questo testo si può estrarre facilmente un esempio di progetto scritto e presentabile ad una scuola. Questa può essere anche un'opportunità di lavoro e formazione per giovani scienziatə che iniziano ad affacciarsi al mondo dell'educazione.

## Lezioni sul fiume

Didattica laboratoriale applicata alla conservazione del territorio

Coinvolgere la popolazione e le scuole in processi di scienza partecipata attraverso metodi di apprendimento non-formale e l'educazione popolare, crea una progettualità territoriale prolungata nel tempo, che permette di avvicinare persone di tutte le età al proprio territorio. Stare insieme sul fiume ci unisce con un obiettivo comune, in ascolto del proprio ambiente, ci si sente parte attiva nella società, in più permette di raccogliere molti più dati. Avere un monitoraggio partecipato che mensilmente o stagionalmente raccoglie alcune informazioni, ma anche testimonianze visive, è incredibilmente utile nella gestione di un fiume.

## CHIMICA

Quali caratteristiche chimiche dell'acqua si possono misurare facilmente e possono essere utili ad avere informazioni sullo stato di salute del fiume?

Tra le misure che si possono fare nell'acqua di fiume, le più semplici e utili, sono quelle che si possono fare attraverso l'utilizzo di kit colorimetrici. L'analisi colorimetrica è la tecnica normalmente utilizzata per determinare la concentrazione di un'analita attraverso il confronto delle variazioni di colore della soluzione con delle cartine specifiche, dove ad ogni colore corrisponde una specifica concentrazione o valore. Esistono diversi kit, come per esempio per misurare il pH, parametro che indica l'acidità di un fluido, che può essere anche ricavato attraverso l'esperimento che abbiamo chiamato "l'indicatore del cavolo". Cuocendo del cavolo rosso nell'acqua si può creare un succo porpora che cambia colore al variare dell'acidità (pH) del liquido con cui si meschia.



Altri kit molto utili sono quelli per misurare le concentrazioni di macronutrienti come fosforo (P) e azoto (N), che sono elementi essenziali per gli organismi. Nei fiumi li troviamo principalmente sotto forma di fosfato, nitrato e ammonio. La loro presenza è importantissima per la nutrizione delle piante, ma in eccesso possono causare grosse problematiche, come l'eutrofizzazione: fenomeno che si innesca proprio da una grossa disponibilità di macronutrienti nelle acque. Questa abbondanza favorisce la crescita delle alghe, talmente tanto, che si sviluppano per tutto l'alveo del fiume. La crescita incontrollata forma uno strato (tipicamente di colore verde e di consistenza melmosa) che impedisce ai raggi solari di raggiungere le piante acquatiche e le alghe sottostanti, impedendo la fotosintesi. Di conseguenza l'ambiente diventa anossico (senza ossigeno) e gli organismi muoiono.

Le attività umane che possono esporre gli ecosistemi acquatici ad un eccesso di macronutrienti sono

L'utilizzo smisurato di fertilizzanti nell'agricoltura intensiva: i fertilizzanti devono essere facilmente solubili in acqua per essere facilmente assimilabili dalle piante, questa caratteristica fa sì che durante le piogge queste sostanze vengano dilavate facilmente finendo nelle falde acquifere e nei fiumi.

Alcune industrie ad esempio salumifici, distillerie, industrie chimiche: gli scarti della lavorazione, rilasciati in maniera più o meno consapevole, possono alterare l'equilibrio dei macronutrienti.

Le nostre acque reflue possono essere una fonte di immissione se rilasciate direttamente nel fiume attraverso scarichi abusivi o se i depuratori sono malfunzionanti e le acque reflue non vengono trattate in maniera adeguata.

L'analisi della variazione di questi macronutrienti lungo il corso del fiume da un punto di vista spaziale e temporale permette di avere un'indicazione sulla qualità delle acque, ma soprattutto di individuare le eventuali fonti di immissione o di capirne le cause. Per questo è importante scegliere con attenzione i punti di raccolta e analisi dell'acqua, una buona regola è prendere un campione prima e dopo una possibile sorgente di inquinamento.



cavolo rosso



## FISICA

### Quanta acqua passa dal fiume?

Misurare la portata di un fiume è un'attività didattica molto utile per rendersi conto di uno dei valori più importanti di un corso d'acqua, non è facile farlo in maniera precisa ma è molto divertente immaginarsi come farlo. Il laboratorio si può svolgere in maniera completamente sperimentale proponendo all'agente una serie di oggetti che potrebbero essere usati per avere i dati necessari per la misura (palle, bacinelle, mandarini, corde, girandole, metri). Il concetto è semplice ma le soluzioni non sono banali, misurare precisamente la portata di un fiume è difficile ma usare sempre lo stesso metodo permette di apprezzarne quantitativamente le variazioni.

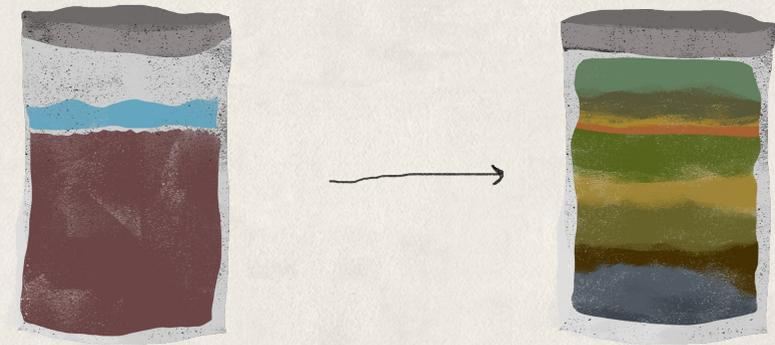
La portata è  $m^3/s$  quanto volume in quanto tempo, [formula] visto che è difficile vedere quante bacinelle vengono riempite in un secondo dal fiume si può sfruttare un semplice passaggio matematico che permette di avere lo stesso dato (la portata:  $m^3/s$ ) prendendo due misure abbastanza semplici:

velocità [m/s] x superficie [ $m^2$ ] =  $m^3/s$  quanta acqua passa in un secondo da una certa sezione.

La velocità dell'acqua si può misurare guardando la velocità di un galleggiante di densità leggermente minore dell'acqua (non deve galleggiare in superficie) tipo un mandarino: quanti metri fa in quanti secondi? O si può usare uno strumento apposito: il correntometro (che di fatto è una ventola che gira, dal numero di giri si conosce la velocità del fluido). Per ottenere la superficie basta misurare la distanza tra le sponde moltiplicarla per la profondità del fiume a metà della sezione considerata.

Questa misura può essere un ottimo pretesto per farsi un bagno o usare una canoa. Inutile dire che dietro a questo numero stanno informazioni cruciali su ogni aspetto del fiume: quanta acqua si può prendere, quanto è diminuita, rischi di strabordamenti, dalla velocità del fiume dipende anche la stabilità degli argini e la possibilità di sviluppo di alcuni ecosistemi.

## BIOLOGIA



Sentendo il termine "biodiversità" si pensa immediatamente a foreste e barriere coralline ma è sotto (e sui) nostri piedi che si nascondono gli organismi più numerosi e diversi sulla Terra: i batteri. Grazie a loro il nostro pianeta ricicla e riutilizza tutto ciò di cui ha bisogno per sostenere la vita, questo gigantesco sistema di riciclaggio è chiamato ciclo biogeochimico. Lo possiamo vedere su piccola scala, usando un barattolo e del fango raccolto dalle anse del fiume: 3/4 di fango, 1/8 di acqua di fiume e 1/8 vuoto, così possiamo ricreare una porzione stratificata visibile del complesso ecosistema di batteri da cui dipende la nostra sopravvivenza. Il fango può essere arricchito con dei materiali (uova, monete, carta) per selezionare diverse specie batteriche che, dopo qualche settimana di sviluppo, possono essere riconosciute dal colore. Quest'esperimento si chiama "Colonna di Winogradsky" e viene utilizzata per studiare lo sviluppo in profondità delle specie batteriche: ad altezze diverse si sviluppano specie diverse a seconda della disponibilità di ossigeno, luce, zolfo e altre sostanze. I rifiuti di alcune specie sono il nutrimento di altre, in un ciclo continuo di adattamento e modifica delle specie e del sedimento. Si può sperimentare modificando, ad esempio, l'esposizione alla luce o aggiungendo antibatterici (candeggina, dentifricio).

## SCIENZE NATURALI

Oltre all'osservazione estetica dei diversi ecosistemi e specie presenti, si possono provare a identificare le diverse specie animali e vegetali che si incontra lungo il percorso. Se non sono presenti esperti in grado di fare da guida è possibile sfruttare alcune app che attraverso l'intelligenza artificiale riconoscono le specie e poi l'esperto convalida il riconoscimento (es. iNaturalist, PlantNet). La specie osservata rimane nel database dell'app e viene associata al luogo e data di avvistamento. Questo strumento associato a dei Bioblitz aperti (uscite pubbliche in cui insieme a dell'esperto si identificano le specie presenti) può contribuire ad un monitoraggio partecipato delle specie autoctone o invasive. È anche un pretesto molto divertente per imparare a riconoscere la diversità delle specie viventi.



## MATEMATICA E COMUNICAZIONE

L'analisi dati è un'attività che può essere aggiunta ad ognuna di questi laboratori. In queste uscite si possono raccogliere molti dati: nitrati, fosfati, torbidità, portata, crescita batterica, biodiversità negli habitat, sono tanti dati, in molti punti, in tanto tempo. Sfidare le classi a rappresentare le loro scoperte in maniera concisa e comprensibile è forse la parte più importante di tutto il lavoro. Semplicemente introducendo i concetti di media e varianza (il valore medio di una quantità e la sua variabilità) si possono provare a fare delle piccole analisi statistiche. Esistono diversi strumenti semplici, online, da usare per visualizzare dati con grafici e tabelle già impostate. I dati non sono solo numeri, sono anche foto, video, interviste e racconti.

## ITALIANO E ARTE

Riflettere sull'importanza delle risorse idriche è un tema che forse ci hanno proposto troppo poco da giovani, siamo abituati a vivere con l'acqua che scorre magicamente dal rubinetto. Da dove arriva quest'acqua? Cosa succede se diventa inquinata? Riflettere sul futuro dei fiumi, ci aiuta a creare la consapevolezza sull'importanza dell'acqua, per allontanare scenari alla "Siccità" e magari immaginarsi un futuro in cui viviamo in luoghi dove è assurdo non potersi fare il bagno in un fiume. Temi possibili, da svolgere dopo almeno un'escursione: come ti immagini il fiume fra 50 anni? Cosa vorresti succedesse sul fiume, inventa una storia che si svolge lungo le rive. Perché i fiumi sono così importanti per l'uomo? Immagina di essere un essere vivente di quelli che hai osservato lungo il fiume, racconta la tua vita. Ovviamente gli stessi spunti possono essere utilizzati per stimolare rappresentazioni grafiche, quant'è artistico hanno provato ad imprimere su tela qualcosa che scorre.

## SITUAMENTO

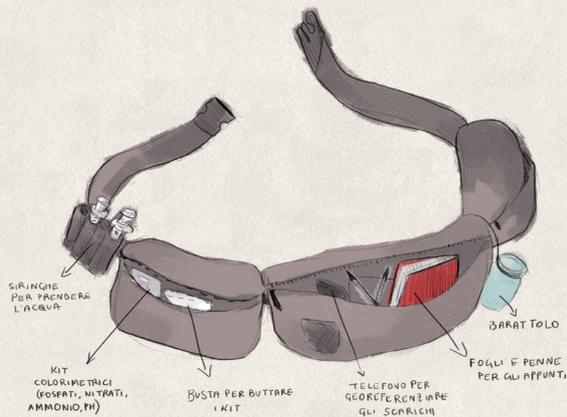
### fiume Elsa

Per far capire meglio quello di cui stiamo parlando si riporta un esempio concreto di monitoraggio partecipato di un fiume, che si è svolto nella Valdelsa. Il fiume Elsa è un corso d'acqua toscano di circa 79 km, che nasce sulla Montagnola Senese presso Molli, nel comune di Sovicille. Attraversa la Valdelsa, dove bagna le città di Colle di Val d'Elsa, Poggibonsi, Certaldo e Castelfiorentino, per poi sfociare nell'Arno nel comune di Empoli. È un corso d'acqua molto particolare soprattutto in un uno dei suoi tratti iniziali, all'interno del Parco Fluviale dell'Alta Valdelsa, perché qui le sue acque sono caratterizzate da un colore molto turchese. Solo recentemente è stato scoperto che questo fenomeno è dovuto ad un'anomalia geochimica, provocata dalla presenza di affioramenti di travertino (roccia sedimentaria calcarea) che a contatto con l'acqua mandano in sospensione il carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), determinando così lo strano colore.

## Problemi

Questa particolarità ha sempre incuriosito tutto il territorio e le teorie che c'erano dietro al colore erano sempre molto fantasiose. Anche noi ci siamo trovati sul fiume a chiederci come mai l'acqua era così turchese, quasi magica. Solo che una volta non ci siamo fermati alla speculazione, abbiamo deciso di andare più a fondo, e ci siamo domandati se quel colore era un segnale di bassa qualità delle acque, così ci siamo messi a cercare dei dati e studi sul fiume Elsa. I risultati sono stati deludenti. Online le uniche analisi trovate sono state quelle dell'ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), l'ente che si occupa di monitorare tutti i fiumi toscani, nell'Elsa svolge analisi chimico-fisiche e alcuni indici ecologici solo in due/tre punti in maniera molto discontinua nel tempo. Mentre, sfogliando vecchie riviste che raccoglievano ricerche svolte sull'Elsa abbiamo trovato l'unico studio sulla valutazione dello stato di salute di questo fiume, svolta attraverso l'utilizzo di organismi bioindicatori ittici, che risale a più di venti anni fa. Oltretutto il fiume è vittima di un classico caso di speculazione ambientale ad opera di privati, il cosiddetto "Tubone", l'azienda senza fornire dati aggiornati sulla portata del corso d'acqua, intende captare acqua per produrre energia idroelettrica. Secondo noi, questo tipo di azioni rappresentano un rischio per la sopravvivenza del fiume Elsa.

Esso già subisce pressioni antropiche locali dovute a scarti industriali, agricoli e urbani (anche se non quantificate propriamente) combinate agli effetti globali dell'aumento delle temperature che favoriscono scarsità idrica e siccità. Per questi motivi, un progetto speculativo come il Tubone non andrebbe che ad aumentare gli effetti di degradazione dell'ecosistema, producendo giornalmente una quantità misera di energia (quella che serve per alimentare un SUV elettrico) che ovviamente verrà venduta e non redistribuita in maniera equa. **Se nessuno lo fa, lo facciamo noi!** La mancanza di dati e la necessità di aggiornare quelli pochi presenti ci ha spinto a trovare il modo di fare un monitoraggio partecipato. Abbiamo trovato un'associazione sul territorio, "LaGorà", di cui facciamo tuttora parte, che appoggia le nostre idee e i nostri principi. Insieme ci siamo iscritti ad un progetto internazionale "Fresh Water Watch", il quale fornisce kit colorimetrici per valutare le concentrazioni di macronutrienti (nitrati e fosfati) la torbidità delle acque e permette di inserire i dati in un database mondiale, per poterli confrontare con quelli raccolti in altri fiumi di tutto il mondo, oltre a fornire la formazione su come svolgere le analisi. Per iscriversi e iniziare il monitoraggio però servivano dei fondi, così abbiamo creato dei progetti con le scuole superiori del posto, in questo modo abbiamo avuto la possibilità di coinvolgere anche le studentesse. Abbiamo fatto degli eventi per avvicinare altre persone e farle partecipare al progetto, soprattutto escursioni e pulizia del fiume. Raggiunto il numero necessario di persone interessate abbiamo fatto una giornata di co-progettazione, dove abbiamo individuato sulla cartina i punti che ritenevamo più importanti da monitorare, principalmente prima e dopo una possibile fonte di contaminazione, come lo scarico del depuratore, uno scarico abusivo, scarichi delle industrie, l'entrata di un affluente. Per ogni zona abbiamo individuato delle capigruppo responsabili di una o più stazioni di campionamento. Tutto questo facilitato e coordinato da noi scienziate radicate. Dopo di che abbiamo aspettato l'arrivo dei kit e siamo partite con il monitoraggio, che va tuttora avanti. Una volta al mese ci ritroviamo e facciamo una camminata lungo il fiume raccogliendo i campioni e osservando l'ecosistema che cambia e muta a seconda della stagione. Nel mentre abbiamo proposto all'Università degli Studi di Siena una Tesi di Laurea Magistrale in Ecotossicologia e Sostenibilità Ambientale. Nello studio i dati raccolti in maniera partecipata sono stati integrati con indici ecologici (Indice Biotico Esteso e Indice di Funzionalità Fluviale) e analisi ecotossicologiche su bioindicatori ittici (biomarkers) per la valutazione dello stato di salute del fiume Elsa, attraverso un approccio interdisciplinare e partecipato.



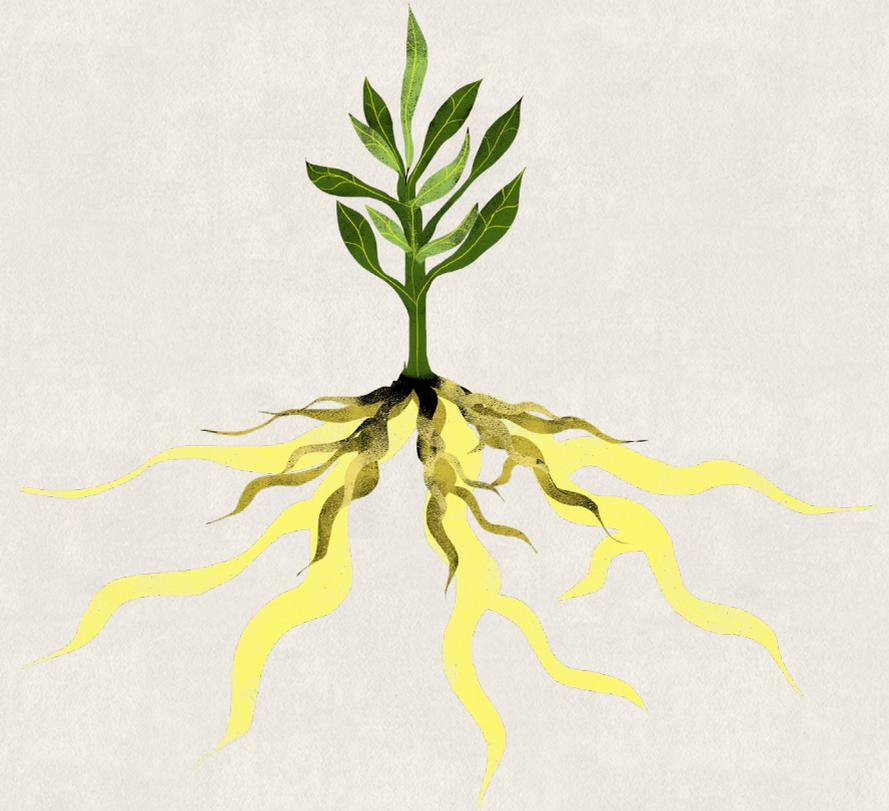
## Risultati

I risultati ottenuti da questo studio hanno mostrato un peggioramento da monte verso valle dello stato ecologico del corso d'acqua, riconducibile alla presenza di scarichi abusivi, taglio della vegetazione riparia in alcuni punti, malfunzionamento dei depuratori e affluenza di torrenti già compromessi (Staggia e Foci). È stata riscontrata la presenza di una contaminazione da microplastiche all'interno del Parco Fluviale dell'Alta Valdelsa. Dovuta probabilmente al fatto che in passato lungo il fiume fiorivano diverse discariche e ad un rilascio involontario dovuto dalla vicinanza della città di Colle di Val d'Elsa oltre che dall'aumento dei flussi turistici lungo questo tratto del fiume. Inoltre è stato osservato l'aumento significativo di uno stress genotossico da monte verso valle, correlato positivamente alla presenza di mercurio, policlorobifenili (PCBs) e metaboliti del Benzo(a)pirene. Questo mostra che gli organismi bioindicatori (pesci) sono stati esposti ad alcune sostanze che provocano danni al genoma, come mutazioni o modificazioni del DNA, tipo la presenza di forme anomale del nucleo delle cellule. Di fatto, è un po' come cercare la presenza di tumori (a partire dal livello genetico) nelle popolazioni umane e legarli alla presenza o meno di forme di contaminazioni cancerogene possibili nei luoghi in cui vivono. Tutti questi risultati sono stati poi presentati attraverso più giornate di restituzione, dove hanno parlato della propria esperienza anche la studenta. Hanno parlato di quello che hanno imparato e anche di come si sono sentiti a partecipare ad un progetto come questo.

A breve sarà fatto un altro evento, dove verranno presentati i dati e le criticità del fiume, dove saranno invitati i sindaci e le istituzioni per cercare di fare pressione alle amministrazioni competenti e proporre possibili soluzioni per le problematiche presentate. Questa è una parte fondamentale per far sì che quello che si è scoperto non resti un'informazione accademica riservata a pochi, ma abbia degli impatti migliorativi sulla condizione del fiume e di conseguenza sulle persone che vivono in questo territorio.

## Scopi

Gli obiettivi del nostro progetto si sono sviluppati con il tempo. All'inizio lo scopo principale era capire come stava il fiume e scoprire le possibili fonti di contaminazione per poi farle presenti a chi di dovere, ma, più andavamo avanti, più ci siamo accorti che i motivi che ci spingevano erano anche di altra natura. Abbiamo constatato la mancanza di collegamento tra università, scuola e comunità e abbiamo deciso di provare ad essere noi l'interfaccia tra di loro, per proporre un metodo di ricerca alternativo, partecipato e radicato sul territorio.



## Problematiche e possibili ostacoli alla riproducibilità del progetto

Non si può negare che la nostra zona sia generalmente benestante, con luoghi di formazione attenti e di qualità, poche associazioni attive sul territorio ma molto presenti, delle amministrazioni che, almeno a parole, si dicono sensibili su questi temi. Abbiamo potuto contare su una rete di istituti scolastici (3 istituti superiori di cui 2 hanno partecipato) e un'università nelle vicinanze (Università di Siena), con una facoltà di ecotossicologia che è storicamente orientata ad un approccio ecosistemico, ad entrambi i gradi conoscevamo il corpo docente. Nonostante questo, ci sono stati problemi organizzativi legati all'arrivo dei kit e al ritardo nell'attivazione dei progetti nelle scuole. La comunicazione degli eventi è stata spesso in ritardo, questo è stato dovuto alla variabilità meteorologica e alla nostra disorganizzazione, nonostante questo ogni evento di monitoraggio è stato partecipato da almeno 6 persone, arrivando a picchi di 30 persone sul fiume. La raccolta dati, originariamente fatta su dei bloc-notes, ci ha costretto a riportare nuovamente tutto sul sito Fresh Water Watch mentre potevamo caricare i dati direttamente lì. Consigliamo di raccogliere subito in digitale i dati in modo da non ritrovarsi ad interpretare foto e fogli dei mesi passati.

## Conclusioni locali e possibili soluzioni

Monitorare un fiume è difficile, ma divertente se si fa insieme. Le nostre riunioni si svolgevano normalmente nel bosco o sul fiume stesso, i campionamenti pure, i pranzi domenicali anche. Gestire un sistema fluviale è complesso e per questo servono tante conoscenze da chi lo studia, da chi lo visita, da chi lo abita. È necessario un cambiamento di paradigma nella gestione, che è politico e va deciso in maniera collettiva, perchè il fiume, come altri beni comuni, è di tutt'è di nessuno.

Nel nostro caso le soluzioni che possiamo portare avanti sono quelle di:

- far presente gli scarichi abusivi che abbiamo trovato e bloccarli,
- ripristinare la vegetazione riparia di alcune aree,
- indagare più attentamente gli affluenti,
- far controllare maggiormente i depuratori,
- incentivare altri studi, finanziando e creando posti di lavoro,
- pensare ad una gestione differente, più attenta e partecipata, comune.

Adesso tocca a te, c'è un fiume che passa vicino a te? Ci vai spesso? Da dove prende l'acqua la tua casa? Abbiamo provato a realizzare tutto questo con poco ma con molto impegno ci siamo riusciti, ma come ogni cosa, se isolata è poco efficace. Per questo abbiamo deciso di raccogliere in maniera onesta tutte le informazioni e metodologie che ci sono sembrate utili o belle. Altri progetti come questo potrebbero nascere in ogni città per creare delle reti di persone, comunità, scuole e università che hanno a cuore il proprio territorio, per valorizzarlo e conservarlo insieme.

## Strumenti

### **KIT COLORIMETRICI PER MISURARE LE CONCENTRAZIONI DI NITRATI E FOSFATI**

Il numero di kit comprati dipende dal numero di punti di campionamento

- Kit per acquari: molto semplici da trovare (in qualsiasi negozio per acquari) e da utilizzare. I costi sono ridotti, ma sono poco sensibili e quindi possono essere utilizzati più per segnalare la presenza di un loro eccesso nelle acque, che la loro concentrazione esatta.

Costo: circa 15 euro a kit (1 kit circa 40 analisi)

Alternativamente

-Kit standardizzati: molto semplici da utilizzare, ma per poterli avere bisogna iscriversi al progetto di FreshWater Watch e questo comporta un costo maggiore. Questi kit sono molto più precisi rispetto a quelli per acquari inoltre i dati vengono condivisi in un database mondiale.

Costi:

£400 per iscrizione al progetto

£40 per i kit iniziali

£200 ogni anno per rinnovo iscrizione

£10 per ogni refill kit (1 kit contiene 5 analisi)

### **KIT COLORIMETRICI PER MISURARE LA CONCENTRAZIONE DI AMMONIO NELLE ACQUE**

Kit colorimetrici per acquari, come gli altri kit per acquari i costi sono ridotti, ma sono poco sensibili e quindi possono essere utilizzati più per segnalare la presenza di un loro eccesso nelle acque, che la loro concentrazione esatta. L'ammonio si ossida con il tempo e diventa nitrito e poi nitrito questo permette di avere un'informazione spaziale sulla contaminazione: se prima ho pochi nitrati e tanto ammonio e dopo qualche km viceversa, la contaminazione nasce nel primo punto e poi si trasforma.

Costo: circa 15 euro a kit (1 kit circa 40 analisi)

### **KIT COLORIMETRICI PER MISURARE IL VALORE DEL PH NELLE ACQUE**

Kit colorimetrici per acquari

Costo: circa 15 euro in negozi per acquari.

### **KIT PER LA VALUTAZIONE DELLA PRESENZA DI E.COLI**

La presenza o meno di escherichia coli (batteri presenti nelle feci) è sintomo di scarichi di acque reflue ed è uno degli indicatori principali per la balneabilità di un corso d'acqua. Facili da utilizzare, non restituiscono un risultato immediato ma bisogna aspettare qualche giorno.

Costo: circa 20€ per 4 test.

**SONDA MULTIPARAMETRICA:** permette di prendere tutte le analisi già citate ed altre (metalli pesanti, temperatura, ossigeno disciolto..) utili per avere un'idea più dettagliata delle contaminazioni presenti. Generalmente si può comprare scegliendo i sensori (e quindi le misure) che interessano di più. La sonda va mantenuta e tarata con attenzione ma è uno strumento molto più versatile e di alto livello rispetto ai kit. Costo: dai 1000€ ai 3000€ a seconda del numero di parametri che si intende misurare.

### **CORRENTOMETRO:**

Strumento per misurare la velocità del fiume, necessaria per calcolare la portata di un corso d'acqua (vd. lezioni sul fiume - fisica). Semplice da utilizzare, ma comporta dei costi abbastanza alti. Alternativamente si può misurare la velocità di un galleggiante di densità leggermente minore dell'acqua, non deve galleggiare in superficie, tipo un mandarino. Per quanto rudimentale questa tecnica permette di farsi un'idea della portata del fiume ma è ovviamente molto meno precisa.

Costo: circa 500 euro in negozi appositi

Non dimenticare di portare un barattolo legato ad uno spago per raccogliere l'acqua del fiume e uno per portare via gli scarti delle analisi.

## Bibliografia e sitografia

### BIBLIOGRAFIA:

#### INTRO

Leonzio C., Signorini S., Casini S., Celesti C. & Aurigi S. 2001. Microinquinanti nel fiume Elsa: un'analisi integrata mediante indicatori e indici. *Elsanatura. Periodico del museo - Territorio di Storia Naturale dell'Alta Val d'Elsa*, 2001, 52-62.

2. Fenoglio, S., & Bo, T. (2009). Lineamenti di ecologia fluviale (pp. 1-252). CittàStudi/DEAGOSTINI Scuola.

#### CHIMICA

1. Carpenter, S. R. (2005). Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(29), 10002-10005.

2. V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here?. *Trends in ecology & evolution*, 24(4), 201-207.

#### CASO STUDIO

Capezzuoli, E., Billi, A., De Filippis, L., & Ubertini, L. (2013). Il patrimonio di travertini e calcareous tufa in Toscana. *Acque e Travertini: Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 27, 31-41.

Calattini, I (2022). Valutazione dello stato ecologico ed ecotossicologico del fiume elsa attraverso un'analisi integrata di indici ecologici e biomarkers.

Progetto internazionale di monitoraggio dei fiumi: <https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/>

Questione Tubone: <https://sites.google.com/view/elsaviva/centrale-idroelettrica>

#### STRUMENTI

1. Sonda multiparametrica: <https://hanna.it/sonde-multiparametriche-per-analisi-delle-acque>

2. Correntometro: <https://scubla.it/it/gestione-ambientale/campionamento-delle-acque/correntometro-anemometro-flowatch-flowmeter/>

## TESTIMONIANZE E RIFLESSIONI PERSONALI

Piccoli spunti di chi ha partecipato e di chi ha organizzato

- Sicuramente è stata un'attività particolare mai sperimentata prima d'ora, quindi ha suscitato una certa curiosità in me, e credo anche negli altri. Analizzare e andare a guardare in modo più ravvicinato l'ambiente che ci circonda e col quale veniamo a stretto contatto ogni giorno ci ha reso sicuramente più consapevoli anche di come noi, in quanto esseri umani, abbiamo un impatto sull'ambiente; e di conseguenza abbiamo avuto modo di riflettere su ciò.

Personalmente sono contenta di aver avuto la possibilità di fare un'esperienza del genere, anche perché oltre ad averci guadagnato io, so di aver contribuito ad un progetto condiviso, e anche questo è assai importante."

Linda studentessa del liceo Classico A. Volta, Colle di Val d'Elsa (SI)

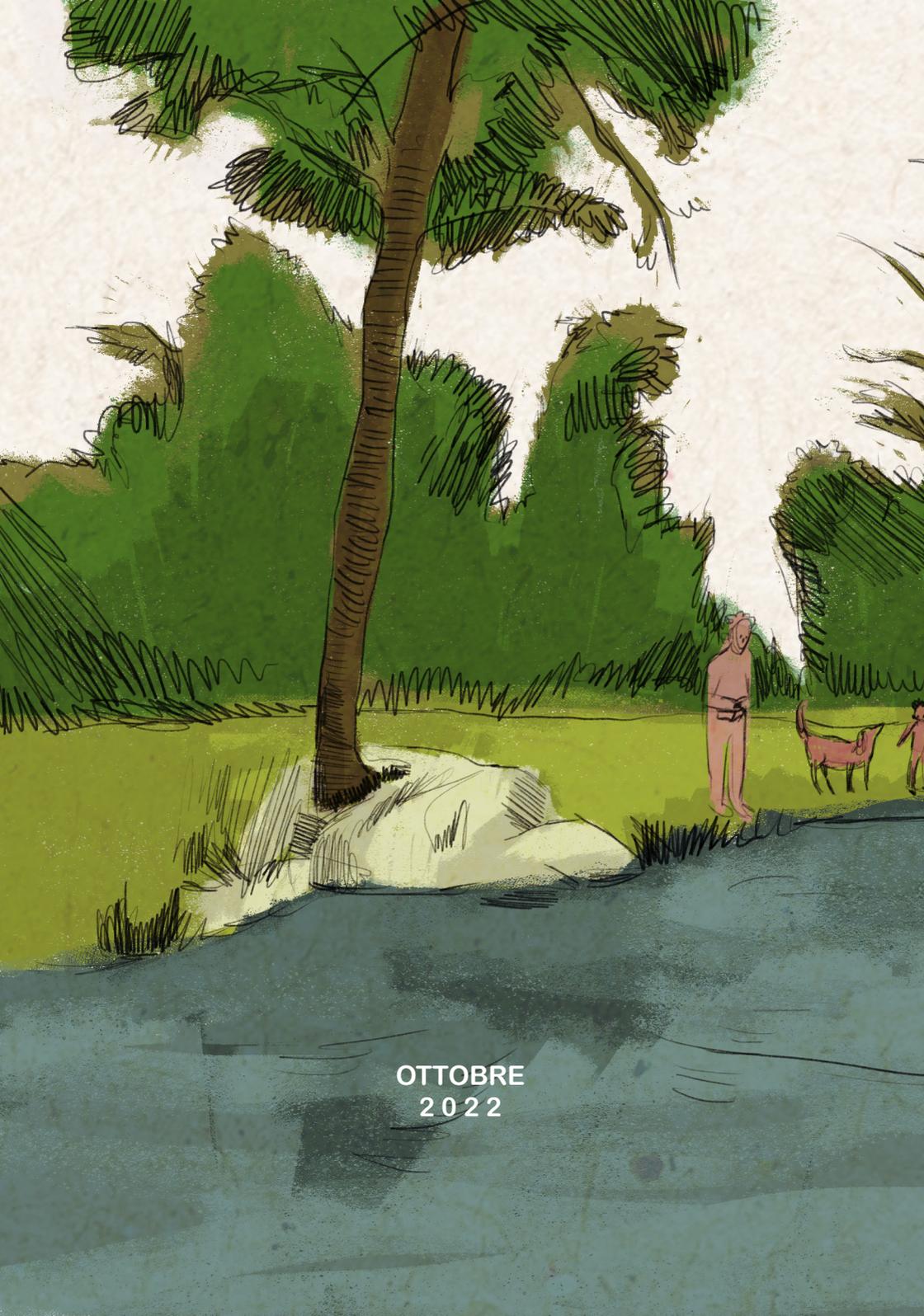
- Esperienza utilissima perché ha permesso di approfondire la conoscenza del territorio e riprendere un po' di controllo, per essere più consapevoli di cosa ti "scorre" sotto il naso e tra i piedi.

Santi, capogruppo zona "Campobasso"

- Monitorare lo stato delle acque del fiume Elsa è l'obiettivo principale che si è posto il team di Monitora Elsa. Fare scienza con gli abitanti è quello che però ha fatto la differenza, fare scienza partecipata è stata la chiave per avvicinare e coinvolgere chi abita i luoghi della provincia di Siena rendendoli consapevoli e responsabili rispetto all'importanza di questi ecosistemi, affascinanti quanto vulnerabili. Importante e significativo, è stato richiamare con questo progetto l'attenzione delle scuole e dei tanti ragazzi e ragazze durante la scorsa primavera, ai quali è stata data la possibilità di guardare, i luoghi della loro quotidianità, con occhi diversi. Precisione, soft skills e responsabilità le competenze trasversali sviluppate, capi saldi di questa avventura negli spazi aperti oltre le aule e le lavagne. Incontro dopo incontro, tra misurazioni di macronutrienti e valutazioni della biodiversità del prezioso habitat fluviale è stato spontaneo intrecciare relazioni con sportivi e famiglie che vivono nella quotidianità questi luoghi. Professionalità competenza e creatività i tratti distintivi del team di esperti, nucleo fondante delle attività.

Alessandra, Professoressa scuola superiore





OTTOBRE  
2022