

Cristina Capineri*, Giacomo-Maria Salerno**,
Venere Stefania Sanna***

*Scienza partecipata e coinvolgimento di attori locali.
Una lettura territoriale del modello a quintupla elica
a partire dal caso del bacino del fiume Ombrone*

Parole chiave: scienza partecipata, biodiversità, sistema locale, modello a quintupla elica, bacino del fiume Ombrone.

Nell'ottica di elaborare modelli di produzione di conoscenza volti a favorire l'apprendimento reciproco tra scienza e società, l'articolo sviluppa una proposta teorico-metodologica di applicazione del "modello a quintupla elica" al processo di individuazione e coinvolgimento di attori locali e sovralocali nell'ambito di progetti di citizen science. In particolare, il contributo fa riferimento al percorso sviluppato dal progetto CS4RIVERS, dedicato al monitoraggio, alla preservazione e al ripristino della biodiversità del bacino del fiume Ombrone senese e grossetano. All'interno di questo contesto, il modello a quintupla elica viene utilizzato per mappare e analizzare gli attori coinvolti con l'obiettivo di ricomporre un sistema di relazioni capaci di produrre conoscenze *place-based*, restituendone le dimensioni multiscalare, multilivello (in relazione agli attori coinvolti) e multisetoriale (in relazione agli interventi di policy), volte all'individuazione di strategie di governance territoriale capaci di attivare processi di transizione alla sostenibilità.

Participatory science and local actor engagement: A territorial perspective on the Quintuple Helix Model from the case of the Ombrone river basin

Keywords: citizen science, biodiversity, local system, Quintuple Helix model, Ombrone river basin.

With the aim of developing knowledge production models that foster reciprocal learning between science and society, this article presents a theoretical and methodological

* Dipartimento di Scienze Sociali Politiche e Cognitive (DISPOC), Università degli Studi di Siena, Via Mattioli 10, 53100 Siena, cristina.capineri@unisi.it.

** Dipartimento di Scienze Sociali Politiche e Cognitive (DISPOC), Università degli Studi di Siena, Via Mattioli 10, 53100 Siena, giacomo.salerno@unisi.it.

*** Dipartimento di Scienze Sociali Politiche e Cognitive (DISPOC), Università degli Studi di Siena, Via Mattioli 10, 53100 Siena, venere.sanna@unisi.it.

Saggio proposto alla redazione il 24 settembre 2024, accettato il 24 febbraio 2025.

proposal for applying the Quintuple Helix Model to the process of identifying and engaging both local and supra-local actors in citizen science projects. Specifically, it draws on the experience of the CS4RIVERS project, which focuses on monitoring, preserving, and restoring the biodiversity of the Ombrone River basin in the provinces of Siena and Grosseto (Italy). In this context, the Quintuple Helix Model is employed to map and analyse the network of involved actors, with the goal of reconstructing a relational system capable of generating place-based knowledge. This approach highlights the multi-scalar, multi-level (in terms of the actors involved), and multi-sectoral (in terms of policy interventions) dimensions of the process, aimed at identifying territorial governance strategies that can effectively support sustainability transitions.

1. INTRODUZIONE. – È ormai ampiamente riconosciuto che per attivare processi di innovazione sociale capaci di favorire il raggiungimento di una maggiore sostenibilità territoriale sia necessario combinare, nella produzione di conoscenza, il coinvolgimento e la partecipazione di attori diversi, dalla società civile alle istituzioni e ai media. Ciò è particolarmente rilevante nell'affrontare gli emergenti problemi ambientali che richiedono sia l'articolazione di conoscenze spesso frammentate tra loro, sia l'adozione di approcci multidisciplinari e transdisciplinari (Fischer 2020; Bignante *et al.*, 2022; Nguyen *et al.*, 2022). In questa ottica, la società civile è sempre più chiamata ad essere parte attiva nell'applicazione di tecnologie, innovazioni e *best practices* che incoraggiano e premiano azioni partecipative trasformative capaci di produrre risultati efficaci e sostenibili (Bonney *et al.*, 2014a; Elegbede *et al.*, 2023). Già nel Rapporto Brundtland, pubblicato nel 1987 dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo delle Nazioni Unite, si dichiarava che lo sviluppo sostenibile “necessita soprattutto della conoscenza e del sostegno della comunità, il che implica una maggiore partecipazione pubblica alle decisioni che riguardano l'ambiente. [...] Sarà inoltre necessario promuovere le iniziative dei cittadini, dare potere alle organizzazioni popolari e rafforzare la democrazia locale” (Brundtland, p. 49 §77). In tempi più recenti, l'Agenda 2030 e gli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs) individuano nella conoscenza il fulcro trasversale, la risorsa fondamentale che supporta il raggiungimento di tutti i 17 obiettivi. Inoltre, sempre più consistenti sono le spinte verso una scienza aperta che supporti una più ampia diffusione e accessibilità della conoscenza, oltre a modalità di creazione di contenuti collaborative: la cosiddetta *open science* diventa dunque una delle principali sfide per la società contemporanea (Commissione Europea, Strategia 2020-2024, Scienza aperta; Consiglio internazionale della scienza; Raccomandazione UNESCO sulla scienza aperta 2021)¹. In particolare, l'obiettivo è quello di far sì che i processi scientifici trascendano il loro livello di impatto e diano vita a migliori pratiche scientifiche e ad una conoscenza basata

¹ Cfr. www.unesco.org/en/open-science/about.

sui fatti (*evidence-based*) a sostegno di un solido processo decisionale e politico, rafforzando al contempo il ruolo della scienza. In questo contesto si assiste a profondi cambiamenti della produzione di conoscenza che evidenziano il passaggio da modalità di produzione e diffusione gerarchica dei saperi a forme reticolari, contributive e decentralizzate (Castells, 1996; Levy, 1994; Carayannis e Formica, 2006, p. 152). In una prospettiva geografica, sempre più centrale appare la mobilitazione di “sistemi complessi di conoscenza” che riattivino “forme di conoscenza e riappropriazione dei saperi locali” (Magnaghi, 2020, p. 231), come condizione necessaria per la valorizzazione del patrimonio territoriale materiale e immateriale capace di rispondere alle sfide sociali e ambientali della contemporaneità nella prospettiva di una rinnovata “democrazia dei luoghi” (ibidem).

In questo scenario, si sono affermati approcci e pratiche che promuovono la partecipazione e l'*open science*, tra cui la scienza partecipata (o *citizen science* - d'ora in avanti CS), che si riferisce ad attività scientifiche in cui scienziati non professionisti partecipano volontariamente alla raccolta dei dati, all'analisi e alla divulgazione di un progetto scientifico (Cohn, 2008; Crain *et al.*, 2014; Silvertown, 2009). A sostegno si ricorda che la Commissione Europea ha identificato otto pilastri per promuovere l'*open science* e, tra questi, la CS è una delle attività individuate per promuovere il coinvolgimento della società civile nella ricerca e nell'innovazione e per accrescere la fiducia nella scienza. Conosciuta come scienza partecipata o scienza di comunità, la CS si riferisce ad un processo di ricerca che coinvolge la società civile come agente attivo nelle varie fasi del progetto scientifico (dalla formulazione della domanda di ricerca, alla raccolta dei dati e alla individuazione di soluzioni e di politiche) con diversi livelli di impegno e di coinvolgimento (Haklay, 2012). Non essendo questa la sede per esporre in modo esaustivo il tema della CS, ci limiteremo a ripercorrere alcuni elementi fondamentali, rimandando alla letteratura per ulteriori approfondimenti². Definita a metà degli anni Novanta dal sociologo britannico Alan Irwin (1995), la CS viene intesa come una pratica “di cittadinanza scientifica che mette in primo piano la necessità di aprire la scienza e i processi di policy scientifica al pubblico” (Irwin, 1995, p. ix). In tal senso, la CS si configura come un approccio pratico che idealmente fornisce alla società civile gli strumenti per accedere alla scienza, per favorire la consapevolezza e la conoscenza dell'ambiente circostante (ECSA, 2015; Bonney *et al.*, 2016) e, potenzialmente, risolvere i problemi associati a fenomeni complessi, quali ad esempio il raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030 (Fraisl *et al.*, 2020, 2023). In tal modo la CS diventa una componente fondamentale dell'*open science* nel tentativo di ridurre le disuguaglianze di accesso e di produzione del sapere (Bonn *et al.*, 2018; Nascimento *et al.*, 2018; Paleco *et al.*, 2021).

² Per un approfondimento si rimanda a Hecker *et al.*, 2018; Vohland *et al.*, 2021; Eitzel *et al.*, 2017.



Fonte: Capineri, 2023.

Fig. 1 - I livelli di partecipazione nei progetti di citizen science

Le attività di CS, intese a partire dai tre livelli di partecipazione (contributivo, collaborativo e co-creativo) individuati da Haklay (2012, 2018) (Fig. 1), ambiscono a produrre svariati risultati che non si limitano alla raccolta di grandi quantità di dati e di informazioni generate dagli utenti (*crowdsourced* o *user-generated data*) (Phillips *et al.*, 2019; Capineri, 2016) bensì includono l'individuazione di criticità e di problematiche localizzate e persino la co-creazione di soluzioni, di interventi di controllo e di innovazione tecnologica grazie alla pro-attiva partecipazione di attori diversi (Bracken *et al.*, 2014). Analogamente ad altre iniziative *grassroot*, la CS viene riconosciuta come una pratica alternativa più sostenibile che responsabilizza le comunità, favorendo un cambiamento sistemico più ampio (Seyfang e Smith, 2007, 2010; Hargreaves *et al.*, 2011; Skarzauskiene e Mačiulienė, 2021).

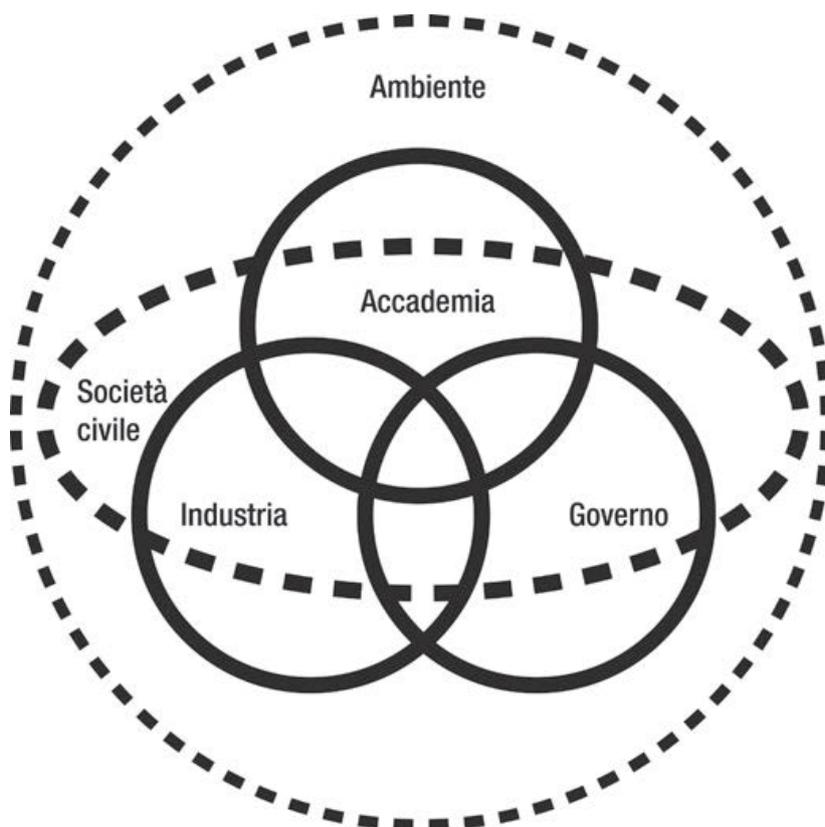
In sintesi, la CS può configurarsi come strumento di attivazione di sistemi territoriali collegando gli attori locali e sovra-locali, la conoscenza prodotta e il contesto ambientale di riferimento, ovvero gli elementi costitutivi dei sistemi locali, così come formulati in ambito geografico. Dato questo orizzonte progettuale, risulta pertanto particolarmente promettente accostare alla pratica della CS il *framework* analitico del "modello a quintupla elica" sviluppato da Carayannis e Campbell (2010): questo ha infatti come obiettivo l'integrazione tra cinque "eliche" di attori,

appartenenti ai settori dell'accademia, delle istituzioni, dell'economia, della società civile e dell'ambiente naturale (cfr. § 2 dedicato al modello), che complessivamente orientano i sistemi di produzione di conoscenza e di innovazione. In questa prospettiva, la sfida conseguente, su cui si concentra il lavoro qui esposto, è quella di integrare le pratiche partecipative della CS, analizzate attraverso il modello a quintupla elica, per la lettura e l'analisi del sistema di relazioni tra gli attori coinvolti, compiendo un ulteriore passo nella direzione di una governance complessa, capace di riconoscere che "la forma di conoscenza più utile per l'azione viene prodotta durante l'azione, dagli attori stessi che vi sono impegnati" (Governa e Salone, 2002, p. 29).

Partendo dal progetto di *citizen science* CS4RIVERS, che interessa il bacino del fiume Ombrone senese e dei suoi tributari (Fig. 3), si propone di illustrare il processo di individuazione e coinvolgimento degli stakeholder per poi sviluppare la successiva mappatura geografica e esplorare la produzione di conoscenza attraverso l'applicazione del modello a quintupla elica, integrando conoscenze e percezioni locali del problema e fungendo da supporto al processo decisionale e alla formulazione di politiche. L'articolo si compone delle seguenti parti: dopo l'introduzione (§1), si descrive il modello a quintupla elica ed il potenziale suo rapporto con i percorsi di CS (§2); si illustra il progetto CS4RIVERS (§3) e se ne presentano i risultati (§4); nelle conclusioni, si offre una valutazione complessiva del percorso svolto e si suggeriscono future prospettive di ricerca.

2. MODELLO A QUINTUPLA ELICA, SISTEMI LOCALI E *CITIZEN SCIENCE*. – Nelle linee di programmazione 2014-2020 espresse nella *Research and Innovation Strategies for Smart Specialisations* della Commissione Europea si fa esplicito riferimento alla promozione di strategie d'innovazione flessibili e dinamiche che si adattano ad un approccio di sviluppo *place-based* e prevedono il coinvolgimento di più attori nel processo innovativo. I modelli di riferimento sono quelli della quadrupla e successivamente della quintupla elica elaborati da Carayannis e Campbell (2009, 2010), largamente impiegati nei processi di innovazione sociale basati sull'apertura alla società civile e al suo coinvolgimento (Lew *et al.*, 2018; Vallance *et al.*, 2020; Passarelli *et al.*, 2019). Il modello a quintupla elica, a cui facciamo riferimento, è stato definito come un framework "per l'analisi transdisciplinare (e interdisciplinare) dello sviluppo sostenibile e dell'ecologia sociale" (Carayannis e Campbell 2010, p. 62).

Il modello si compone delle seguenti eliche, alle quali appartengono i relativi stakeholder: accademia; attività economiche; istituzioni governative; società civile e ambiente (Carayannis and Campbell, 2010; Carayannis *et al.*, 2012, p. 62) (Fig. 2). L'obiettivo della quinta elica è dunque quello di includere l'ambiente naturale come un nuovo sottosistema, in modo che la 'natura' si affermi come componente centrale sia *della* che *per la* produzione e dell'innovazione della conoscenza.



Fonte: elaborazione degli autori, adattata da Carayannis *et al.*, 2012.

Fig. 2 - Rappresentazione del modello a quintupla elica

Le eliche operano come una rete i cui scambi intersettoriali e multidirezionali – basati sulla collaborazione, co-creazione e co-sviluppo di una riserva (*stock*) di saperi – vengono reinvestiti sistematicamente per la generazione di nuova conoscenza³. In sostanza soggetti con ruoli, risorse e interessi diversi contribuiscono a creare collaborazioni inter-organizzative per raggiungere un obiettivo comune con un livello di impegno crescente (Cuppen, 2012; Rodrigues-Ferreira *et al.*, 2023; Jessop 1998). Le eliche formano un ambiente creativo che si basa su differenti livelli di integrazione, e segnatamente:

1. integrazione geografica tra scale e luoghi di dimensioni diverse;
2. integrazione multi-stakeholder e multilivello con riferimento all'appartenenza degli stakeholder alle diverse eliche e agli ambiti di riferimento territoriali (locale e sovralocale);
3. integrazione intersettoriale (elaborazione delle politiche integrate).

³ Questi modelli di co-sviluppo sono stati più frequentemente applicati in relazione al trasferimento tecnologico in contesti di *open innovation* (Chesbrough, 2003) in paesi sviluppati (Passarelli *et al.*, 2018; Bradley *et al.*, 2019).

Inoltre, il modello enfatizza l'importanza della conoscenza situata (*place-based*) facendo leva sul capitale umano (conoscenze e competenze della popolazione locale) e sul capitale naturale (risorse ambientali locali); in questo senso risponde all'esigenza di considerare le conoscenze locali per attuare e contestualizzare interventi relativi a sfide di carattere globale come il cambiamento climatico, la protezione della qualità ambientale e della biodiversità.

Nel dibattito italiano un primo tentativo di applicazione del modello a quintupla elica per la governance dei beni comuni è ascrivibile al lavoro di Iaione e De Nictolis (2016) che danno enfasi a processi di innovazione sociale elaborando un modello a cinque eliche in cui l'attore sociale (la quarta elica) viene a sua volta scissa "in due tipologie diverse di attori", vale a dire la società civile organizzata da un lato e un altro attore identificato in un mondo composito di "innovatori sociali, cittadini attivi, artigiani digitali, city makers, ecc." (ibidem, p. 79). Da una prospettiva geografica, riteniamo per contro euristicamente più produttivo riferirci al modello originale, capace di meglio restituire quella dimensione ambientale e territoriale che costituisce un vincolo sempre più inaggirabile nella definizione di strategie di sviluppo sostenibile. È d'altronde in questo senso che si muovono anche Provenzano *et al.* (2016, 2020a, 2020b), in riferimento all'elaborazione di modelli di innovazione nei territori rurali, sottolineando "l'importanza dell'ambiente naturale come *asset* per la produzione di conoscenza e di innovazione" (2020b, p. 20) e la capacità del modello a quintupla elica, così inteso, di fornire strumenti trasversali per decodificarne la complessità, mantenendo una visione dinamica dei fenomeni sociali e un approccio costruttivo "che combina ecologia, conoscenza e innovazione creando sinergia tra economia, società e democrazia" (ivi, p. 22). Con un'altra prospettiva, Donati *et al.* (2023) propongono di interpretare la quinta elica a partire da una dimensione incentrata sulla relazione uomo-ambiente, "come un insieme di funzioni e tipi di attori specializzati che possono emergere in un contesto evolutivo e contribuire a dinamiche di co-innovazione, in cui alcuni attori di uno specifico sistema produttivo locale iniziano a incorporare esplicitamente sfide e opportunità sensibili all'ambiente nelle loro pratiche quotidiane" (p. 146).

L'applicazione del modello a quintupla elica trova insomma una sua pertinente ragione geografica nella inerente proposta di integrare il dato ambientale e territoriale con l'*agency* degli attori come elemento chiave del processo di generazione di conoscenza. Questa articolazione relazionale trova collocazione nel pensiero geografico nel modello dei sistemi territoriali. Si ricorda infatti che il sistema territoriale indica, prima che un'entità territoriale definita e delimitata, un aggregato di soggetti in interazione reciproca i quali, in funzione degli specifici rapporti che intrattengono con un certo ambiente, o *milieu* locale, si comportano come un soggetto collettivo (Dematteis, 2001; Dematteis e Governa, 2005). Il dibattito geografico sui concetti di '*milieu*' e di 'rete locale' (Governa, 1997) ha messo in evidenza proprio

il contenuto dinamico e attivo dei processi di interazione tra i due elementi: questi processi sono ‘circolari’, in quanto ciascuno dei due termini è matrice, e contemporaneamente esito, del rapporto stesso. Il *milieu* è infatti pensato come un insieme di “prese”, di potenzialità espresse da un determinato territorio che, per realizzarsi e porsi come risorse del processo di sviluppo, devono essere riconosciute e colte dalla rete degli attori locali, espressione della soggettività sociale⁴. La natura circolare di questo processo allude dunque ad un sistema di feedback attraverso cui ogni effetto retroagisce sulla causa che l’ha prodotto, allo stesso modo in cui ogni “elica” non può essere colta indipendentemente dalle sue relazioni con le altre, ma sempre a partire dal rapporto coevolutivo che le lega e che esprime un’analoga relazione tra comunità e territorio. Come osservano Donati *et al.* (2023, p. 131) ciascun tipo di attore può infatti scambiare conoscenze con gli altri e parzialmente anche ricoprirne i ruoli attraverso interazioni circolari di “ibridazione” della conoscenza.

L’enfasi sulla quinta elica non è dunque tesa a ipostatizzare l’ambiente in una sfera ontologicamente separata, quanto piuttosto a sottolineare l’importanza del territorio come agente, a sua volta composito, esito puntuale e momentaneo della trama comune che ha costituito assieme, storicamente, il *milieu* ambientale e la comunità che lo abita. D’altronde, è già stato osservato che – nell’elaborazione di politiche per la sostenibilità – non è a un concetto univoco e reificato di “natura” che occorre rivolgersi, quanto piuttosto a una “moltitudine di relazioni socio-naturali esistenti o possibili” (Swyngedouw, 2007, p. 13). La rilevanza di questi assemblaggi socio-naturali è inoltre particolarmente evidente nel contesto dei sistemi fluviali, come quello su cui si concentra il caso studio qui preso in esame, poiché l’intreccio di elementi biofisici, tecnologici, sociali e politici che vi si manifestano fanno emergere dei veri e propri paesaggi idro-sociali (Boelens *et al.*, 2016) in cui natura e società si mostrano nella loro inseparabile congiunzione (Swyngedouw 2009). In questo senso, le attività di CS – a nostro avviso – risultano una palestra efficace per rendere conto di come questa interrelazione tra comunità e territorio possa esprimersi: se infatti potremmo dire che il territorio, di per sé, ‘non parla’, la CS diventa uno degli strumenti per ‘farlo parlare’: nella prospettiva del modello a quintupla elica, questo si traduce in una sollecitazione della quinta elica da parte delle altre, ed in particolare da parte della società civile (quarta elica), di cui la CS è un potente attivatore. Questa prospettiva, infine, vuole essere da stimolo a una ripolitizzazione del governo delle acque nei sistemi territoriali, poiché grazie all’attivazione sociale e alla mobilitazione dei saperi locali risulta possibile contrastare la dominante visione tecnocratica e positivista secondo la quale “i problemi idrici e le loro soluzioni appaiano come questioni politicamente neutre, tecniche e/o gestio-

⁴ Il concetto di ‘presa’ nello studio del milieu fu enunciato da Augustin Berque, secondo il quale questo si manifesta come “*un ensemble de prises avec lesquelles nous sommes en prises*” (Berque, 1990, p. 103).

nali, che possono essere risolte ‘oggettivamente’ in base alle conoscenze tecniche, all’‘uso razionale dell’acqua’ e al ‘buon governo’” (Boelens *et al.*, 2016, p. 2).

2.1 *Applicazioni del modello a quintupla elica e citizen science.* – Sebbene l’identificazione e il coinvolgimento degli stakeholder siano fattori chiave per il successo delle iniziative di CS, come ampiamente riconosciuto dalla letteratura sul tema, esiste un numero limitato di studi con esplicito riferimento al modello a quintupla elica. Gli studi recenti sulla CS si sono concentrati prevalentemente sull’analisi dei livelli di partecipazione (Haklay, 2012), sulle motivazioni alla partecipazione (Raddick, 2009; Tiago *et al.*, 2017), sui fattori che promuovono od ostacolano il coinvolgimento (Newman, 2012) e sugli strumenti di coinvolgimento (Dickinson *et al.*, 2012a, 2012b), ma scarsa attenzione è stata dedicata all’analisi delle interazioni tra gli attori come pratica abilitante per la produzione di conoscenza (Tiago, 2016). Il presente lavoro intende dunque contribuire in questa prospettiva attraverso l’utilizzo del modello a quintupla elica.

Ciononostante, gli elementi fondamentali del modello, quali l’importanza della collaborazione intersettoriale, l’integrazione tra diverse fonti di conoscenza e la considerazione dei fattori ambientali e socioculturali, vengono sempre più spesso riconosciuti come cruciali per il successo e l’impatto delle iniziative di CS (Wehn *et al.*, 2021). Come evidenziato da Ferguson *et al.* (2015, p. 136), il modello a quintupla elica offre uno strumento per esaminare le relazioni e le collaborazioni dinamiche che emergono quando cittadini, scienziati, istituzioni politiche e altri attori chiave si confrontano per affrontare sfide ambientali e sociali complesse (Skarlatidou e Haklay, 2021). Altri studi evidenziano che i progetti di CS traggono notevoli benefici dall’integrazione delle conoscenze accademiche con quelle locali e tradizionali portando alla individuazione di soluzioni innovative *placed-based* (Franzoni e Sauermann, 2014). In particolare, recenti applicazioni del modello hanno evidenziato il ruolo “abilitante” degli attori locali che facilitano e sostengono la CS nel lungo periodo (Salmon *et al.*, 2021): in questo senso le associazioni della società civile giocano un ruolo fondamentale come potenti strumenti di *advocacy*, sensibilizzando e influenzando l’opinione pubblica, e promuovono inoltre il cambiamento della società in un’ottica di sostenibilità (Irwin, 2018; Cooper *et al.*, 2007). Altre evidenze scientifiche si focalizzano sul ruolo delle singole eliche. Ad esempio, Bonney *et al.* (2009, 2014) rivelano come gli attori accademici attraverso la formazione (training) dei *citizen scientist* favoriscono un impegno e una comprensione più profondi tra i partecipanti. Con riferimento agli attori economici o industriali, si rileva come il coinvolgimento con aziende che sviluppano sensori o piattaforme di dati contribuisce all’efficienza e all’accuratezza dei dati raccolti in campagne di CS (Wiggins e Crowston, 2012). Infatti l’impatto dei progetti di CS si manifesta principalmente attraverso la produzione di dati e informazioni in grado di affiancare misure di conservazione efficaci e capaci di affrontare i cambia-

menti delle condizioni ambientali (Ballard *et al.*, 2017; McKinley *et al.*, 2017). In relazione invece all'elica del governo, altri studi evidenziano che il sostegno delle istituzioni governative, oltre ad incoraggiare iniziative di CS, fornisce il quadro normativo e istituzionale che favorisce la longevità e l'impatto dei progetti stessi (Hecker *et al.*, 2018; Schade *et al.*, 2021).

3. IL CASO DI STUDIO: IL PROGETTO CS4RIVERS. – Il caso di studio analizzato per l'applicazione del modello a quintupla elica è il progetto di *citizen science* CS4RIVERS, iniziato nel settembre 2022⁵ e articolato secondo le consuete fasi adottate dalla maggior parte dei progetti di CS (Fig. 3). Si tratta di un'iniziativa condotta dall'Università di Siena all'interno dello Spoke 3 del National Biodiversity Future Center⁶, con l'obiettivo di costituire l'Osservatorio della biodiversità fluviale del fiume Ombrone, inclusi i corsi tributari, attraverso il monitoraggio e la protezione della biodiversità fluviale.



Fonte: adattata da Capineri, 2023.

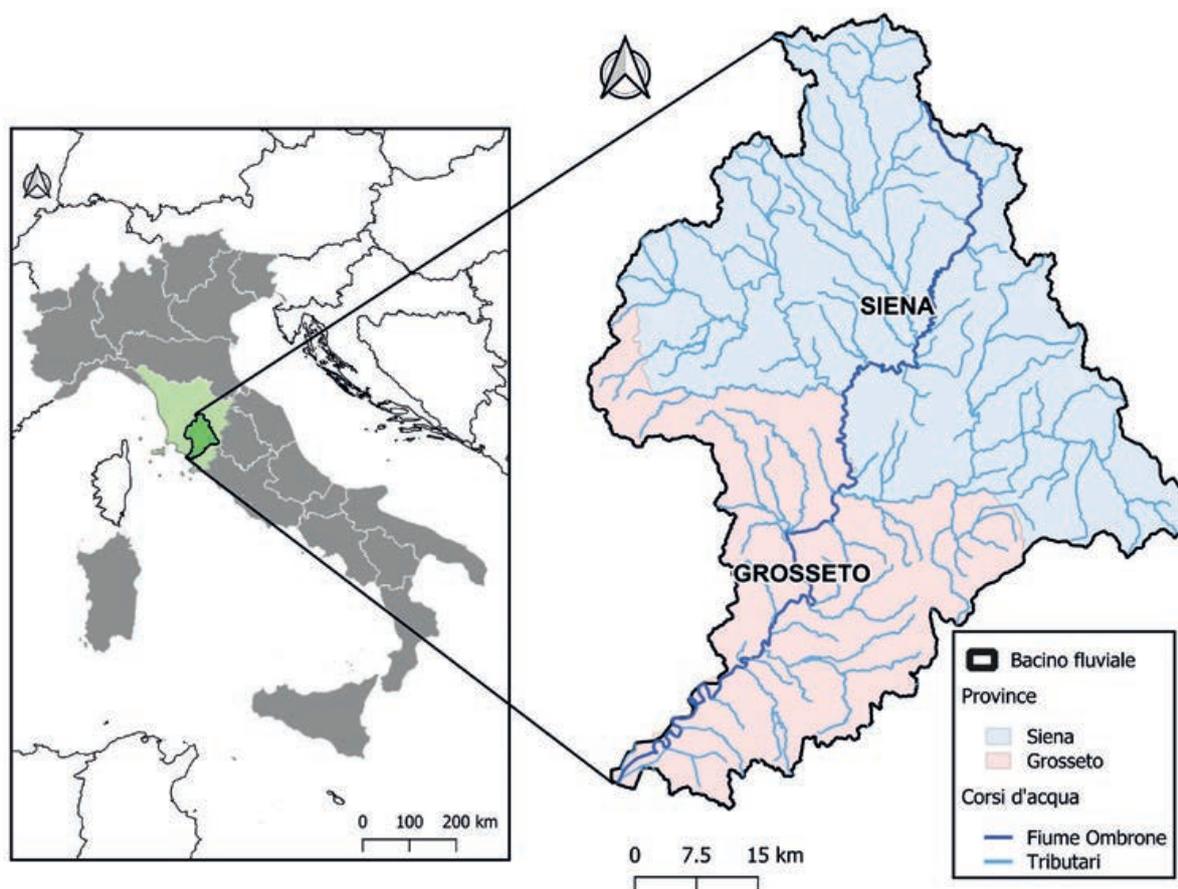
Fig. 3 - Fasi principali e livelli di partecipazione nei progetti di citizen science

La scelta dell'ambito territoriale dell'iniziativa è stata dettata da diverse esigenze emerse in fase progettuale. In primo luogo era necessario scegliere un ambito caratterizzato dalla presenza di un ecosistema di acque dolci, come richiesto dal progetto madre del National Biodiversity Future Centre; inoltre era opportuno

⁵ Altre informazioni sul progetto sono reperibili all'indirizzo: www.cs4rivers.unisi.it

⁶ Il National Biodiversity Future Centre (www.nbfc.it) è finanziato dal Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), con l'obiettivo di monitorare, preservare e ripristinare la biodiversità al fine di contrastare l'impatto antropico, gli effetti dei cambiamenti climatici e di supportare i servizi ecosistemici in chiave sostenibile.

che l'ecosistema fosse situato in prossimità dell'attore-accademia principale (ovvero l'Università degli Studi di Siena) al fine di poter usufruire delle infrastrutture di analisi e di ricerca presenti presso i laboratori dell'Ateneo e per coinvolgere la componente studentesca a fini formativi e di ricerca. Pertanto, la scelta è ricaduta sul bacino del fiume Ombrone senese e grossetano⁷ (Fig. 4).



Fonte: elaborazione degli autori.

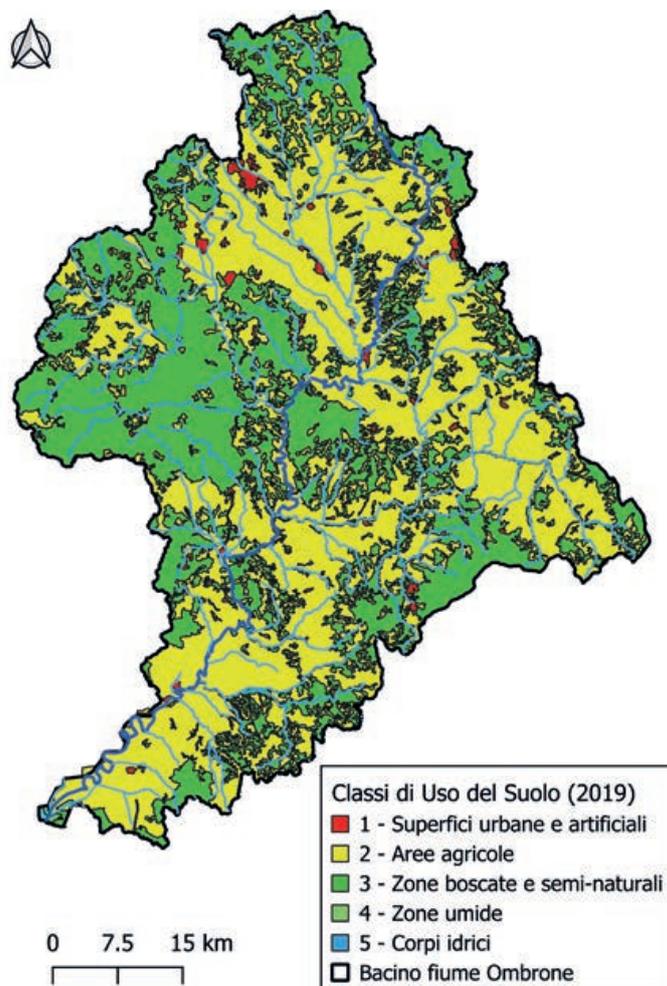
Fig. 4 - Il bacino dell'Ombrone senese e grossetano

3.1 Il contesto dell'analisi e il progetto in breve. – L'Ombrone, con un corso di oltre 160 km, è il fiume più lungo della Toscana meridionale dopo l'Arno. Nasce sul versante sud-orientale dei Monti del Chianti, sfocia nel Mar Tirreno e forma un bacino idrografico di 3.494 km² – facente parte il distretto idrografico dell'Appennino

⁷ L'art. 2 della Direttiva 2000/60/CE (Water Framework Directive, di seguito indicata come WFD) definisce il bacino idrografico come l'area nella quale scorrono tutte le acque superficiali attraverso una serie di torrenti, fiumi ed eventualmente laghi per sfociare al mare in un'unica foce, a estuario o delta.

Settentrionale. Caratterizzato da insediamenti sparsi con una densità di popolazione media di circa 50 ab/km², presenta caratteri paesaggistici variegati che includono ampie zone collinari, le zone montane dell'Amiata e le pianure della fascia costiera.

Si tratta infine di un'area caratterizzata da ricche risorse naturalistiche e culturali che per secoli ha costituito un elemento identitario per la Toscana sud-orientale (Rombai 2009) e che ha stimolato la presenza di attività promosse da associazioni locali per lo sfruttamento a fini turistici (rafting e navigazione, iniziative di ciclismo e trekking lungo le rive del fiume, ecc.). Tuttavia, l'area del bacino non è esente da pressioni di tipo antropico. Come si evince dai dati sull'uso del suolo, negli ultimi vent'anni si è assistito ad una progressiva occupazione a fini insediativi (+25%), ad una crescita delle aree coltivate (+4%) e alla riduzione delle aree boscate e semi-naturali (-10%) (fonte dati Corine Land Cover) (Fig. 5). Sussistono inoltre fenomeni di inquinamento da arsenico e metalli pesanti del fiume Merse, dovuto alla presenza delle attività estrattive sulle Colline Metallifere, e di emungimento per le colture intensive.



Fonte: elaborazione degli autori su dati Corine Land Cover, 2019.

Fig. 5 - Uso del suolo nel bacino del fiume Ombrone grossetano e senese

Il progetto CS4RIVERS è iniziato con la definizione della domanda di ricerca che, in questo caso, è stata orientata dalle esigenze del progetto madre del National Biodiversity Future Centre. Dopo la progettazione delle attività di monitoraggio, che si è svolta tra l'autunno 2022 e l'estate 2023, durante la quale gli scienziati hanno definito gli obiettivi (determinare la qualità chimica delle acque e la qualità biologica degli ambienti, con particolare focus sulla vegetazione riparia e sulla popolazione di macroinvertebrati) e le tecniche e metodologie di raccolta dei dati⁸ (*toolkit* di strumenti e reagenti chimici per la qualità delle acque, monitorata mediante l'applicazione 'FreshWater Watch'⁹; schede di campo per i monitoraggi di bioindicatori e vegetazione riparia), si è proceduto con l'identificazione e il coinvolgimento degli stakeholder (autunno 2023 - inverno 2024). Successivamente sono state avviate sia le attività di training dei 'cittadini scienziati' per la raccolta dati, sia i monitoraggi ambientali.

3.2 Il metodo di individuazione e coinvolgimento degli stakeholder. – La modalità più comune per l'individuazione e il coinvolgimento degli stakeholder consiste nell'identificazione di persone, gruppi e istituzioni che hanno un qualche interesse nel progetto o che saranno influenzati da esso (Annan, 2007; Göbel 2017; Leventon *et al.*, 2016; Skarlatidou *et al.*, 2019; Vogler *et al.*, 2017); nel presente caso questa fase è stata svolta in ottemperanza al modello a quintupla elica, garantendo sin dalla prima ricognizione che gli attori individuati trovassero collocazione negli ambiti definiti dalle singole eliche, attraverso un'articolazione in tre step (Fig. 6), sviluppati come di seguito descritto:

Step 1 - Identificazione degli stakeholder: l'identificazione degli stakeholder è stata avviata dagli scienziati che, grazie a conoscenze ed esperienze di ricerca pregresse, hanno individuato possibili attori da coinvolgere attraverso una procedura top-down. Gli stakeholder individuati sono stati prevalentemente soggetti locali (comuni, musei, associazioni culturali e ambientaliste, scuole secondarie) che, a vario titolo, avevano già un contatto con i promotori del progetto per iniziative diverse (ricerca, pianificazione, formazione e educazione, svago, ecc.). Gli attori individuati in questo step agiscono prevalentemente ad una scala locale e grazie al loro consolidato radicamento nel contesto di riferimento giocano un ruolo centrale come reclutatori e facilitatori di engagement per i *citizen scientist*, compresi quelli "più difficili da raggiungere", in quanto privi di precedenti esperienze di interazione con l'accademia (Bonney *et al.*, 2015). A partire dalla prima ricognizione è stata avviata la fase di individuazione bottom-up, attraverso una procedura a palla di neve, che ha permesso di ampliare la platea degli stakeholder.

⁸ I materiali per la raccolta e il *toolkit* per i *citizen scientist* sono disponibili sul sito www.cs4rivers.unisi.it alla pagina attività e risorse.

⁹ Per maggiori informazioni www.freshwaterwatch.org.



Fonte: elaborazione degli autori.

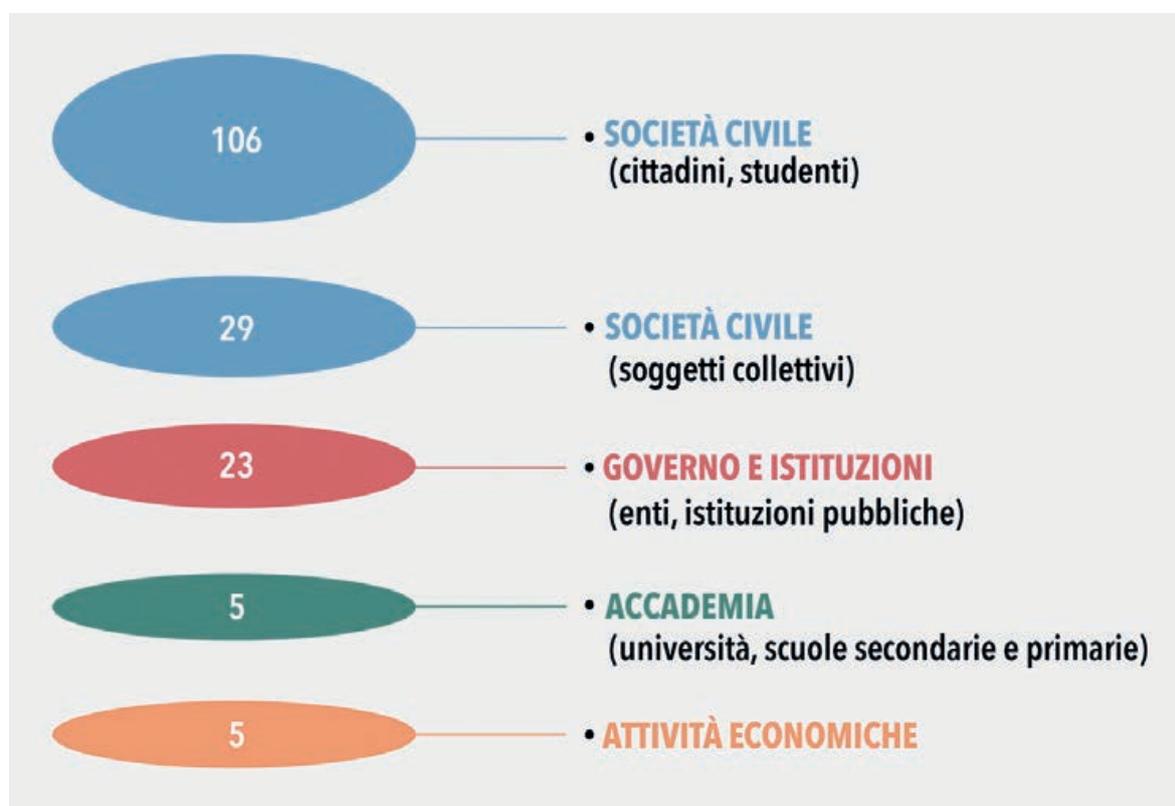
Fig. 6 - Le fasi di identificazione, categorizzazione ed engagement degli stakeholder

Step 2 - Categorizzazione degli stakeholder: secondo il framework del modello a quintupla elica, gli stakeholder sono stati poi categorizzati in riferimento alla rispettiva elica di appartenenza (accademia, governo, attività economiche, società civile) e alla scala alla quale tali soggetti si riferiscono. La quinta elica, riferita all'ambiente, in questa fase resta silente e assume il ruolo di contesto dell'azione: l'attivazione infatti avverrà nelle fasi successive del progetto dedicate alla discussione condivisa dei dati prodotti in sede di monitoraggio della biodiversità, e alla definizione di ipotesi di *data-driven policies*.

Step 3 - Avvio dello 'stakeholder engagement': l'avvio dello *stakeholder engagement* è stato sviluppato attraverso strumenti ormai ampiamente utilizzati nei progetti di CS (Clausen *et al.*, 2020). In particolare sono state condivise e co-progettate le seguenti attività: 1) *piano delle attività di monitoraggio*: date e siti dei monitoraggi sono state discussi e concordati con enti pubblici locali come Comuni, scuole e musei al fine di individuare i momenti più adatti a garantire una larga partecipazione dei *citizen scientist* (ad esempio in occasione di fiere, feste locali, mercati, ecc.); 2) *piano della comunicazione*: rivolto alla diffusione delle attività di progetto (aggiornamento sito web, gruppi WhatsApp, mailing list, materiali

da stampa, ecc.); 3) *focus group*: svolti con enti e istituzioni (ad esempio ARPAT, ISPRA, Regione Toscana, Ministero dell'Ambiente) su temi relativi al controllo della qualità e all'interoperabilità dei dati; 4) *attività di training*: incontri dedicati all'addestramento sia dei trainers che dei *citizen scientist*; 5) *accordi quadro*: consolidamento della partecipazione di enti pubblici e associazioni, attraverso la stipula di accordi di collaborazione.

4. I RISULTATI E L'ATTUAZIONE DEL MODELLO. – Il processo di individuazione degli stakeholder ha restituito una platea di 168 portatori di interesse che, in base alle eliche del modello, sono stati categorizzati come segue (Fig. 7).



Fonte: elaborazione degli autori.

Fig. 7 - Classificazione degli stakeholder del progetto CS4RIVERS per elica (giugno 2024)

L'elica della accademia comprende cinque attori quali l'università, scuole secondarie di primo e secondo livello e centri di ricerca (ad es. l'Orto botanico). L'elica della società civile è la più consistente, ed è quella che più si presta a differenti modalità di partecipazione e, conseguentemente, di catalogazione. Si è pertanto ritenuto di considerare separatamente singoli e soggetti collettivi. Complessivamente

sono stati mappati 106 *citizen scientist*, tra cittadini e studenti, e 29 attori collettivi che includono associazioni culturali (ad es. Gruppo Ornitologico, Associazione Terramare), sportive (ad es. Federazione pesca sportiva), ambientaliste (tra cui Legambiente, WWF), di rappresentanza (ad es. Coldiretti Grosseto), musei (Museo della Mezzadria, Museo di Storia Naturale della Maremma); appartengono alla stessa elica anche attori impegnati nella comunicazione (ad es. radio locali). L'elica del governo accoglie invece soggetti multilivello che operano alla scala nazionale (ad esempio ISPRA, Ministero dell'ambiente) e regionale (Regione Toscana, Arpat, Legacoop). Particolarmente interessante è la partecipazione delle istituzioni comunali che hanno percepito il progetto come uno strumento per rilanciare esperienze di pianificazione partecipata come, ad esempio, il contratto di fiume, già avviato ma non concluso dal comune di Buonconvento (Pisano e Lingua, 2019; Lingua e Caruso, 2022) e per istituire buone pratiche. L'elica delle attività economiche include aziende agricole e agriturismi che hanno aderito al progetto sia per essere informati sulla qualità ambientale del bacino sia per contribuire alla raccolta dei dati tramite eventi creati ad hoc e di tipo ludico-educativo.

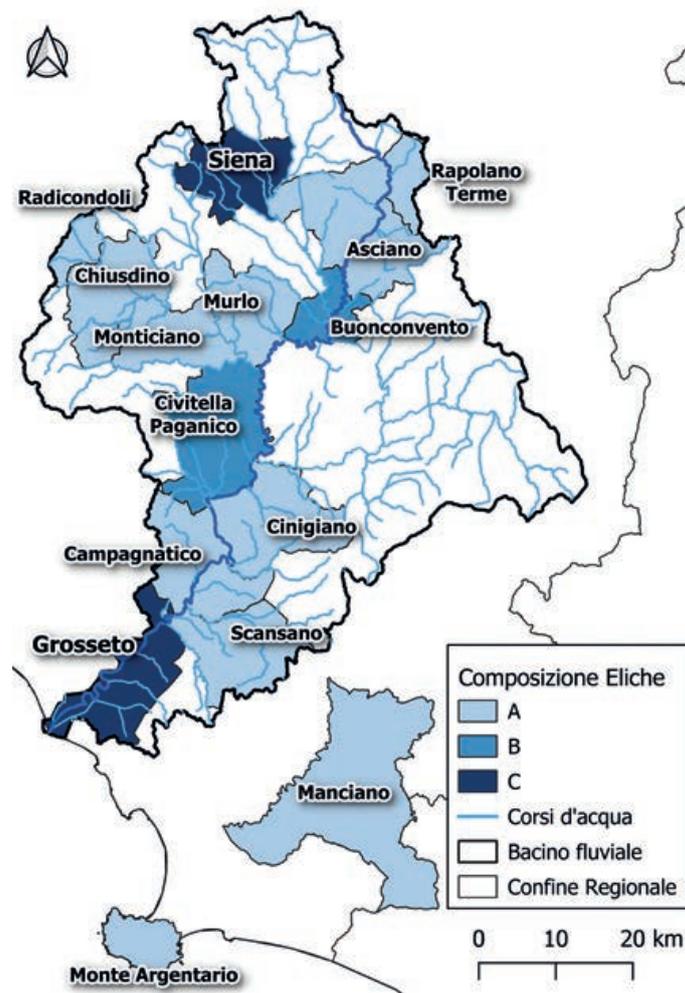
In sintesi, considerata la composizione delle eliche, l'integrazione multilivello può considerarsi raggiunta. Occorre tuttavia osservare che tale platea di stakeholder è fluida e destinata a modificarsi nel tempo in seguito al sopraggiungere di nuovi stakeholder e all'abbandono di altri. Tenendo conto del fatto che l'articolazione delle eliche mette in atto relazioni territoriali multiscalari, abbiamo osservato la distribuzione territoriale degli stakeholder, effettuata in base al Comune di residenza e/o sede amministrativa. L'analisi dimostra che oltre il 30% dei comuni del bacino dell'Ombrore ha aderito e contribuisce alle attività del progetto. Inoltre alcune municipalità presentano composizioni diverse delle quattro eliche: la composizione, ovvero la presenza di stakeholder appartenenti ad eliche diverse, è da considerarsi una proxy del livello di integrazione (Fig. 8).

Dall'analisi emergono tre livelli e tipologie di composizione delle eliche (nella figura rappresentati con A, B e C):

(A) Nodi embrionali: Comuni dove al momento è attiva una sola elica. Sono questi gli ambiti nei quali l'attività di coinvolgimento deve essere mantenuta alta al fine di ampliare la platea degli stakeholder.

(B) Nicchie di integrazione: Comuni dove grazie al progetto si è ottenuta l'integrazione di almeno 3 eliche; contesti virtuosi dove la presenza di soggetti collettivi particolarmente attivi o di pratiche partecipative precedenti hanno favorito una composizione variegata di eliche.

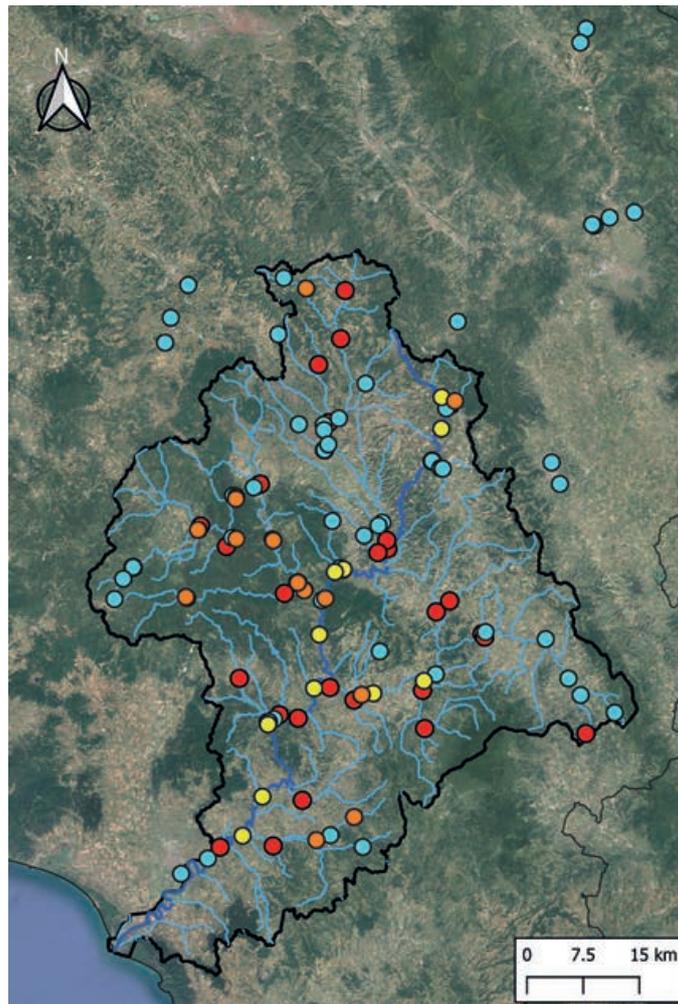
(C) Nodi multi-livello: Comuni dove tutte le eliche sono presenti (al momento Siena e Grosseto, capoluoghi provinciali) e che si configurano come multiscalari e trasversali, in quanto permettono un'articolazione territoriale tra il livello locale e il livello sovralocale.



Fonte: elaborazione degli autori.

Fig. 8 - Distribuzione degli stakeholder e composizione delle eliche a livello comunale (luglio 2024)

Poiché l'obiettivo del modello a quintupla elica è quello di favorire la produzione e lo scambio di conoscenze, l'analisi ha preso in considerazione i risultati ottenuti fino a questo momento. In primo luogo, si è generata una conoscenza 'funzionale/gestionale' utile al funzionamento stesso del progetto, come ad esempio nella co-progettazione tra l'elica dell'accademia e della società civile per la predisposizione del piano delle attività (cfr. supra). In secondo luogo, è stata prodotta una conoscenza "multilivello" che ha riguardato l'individuazione dei punti di raccolta dati lungo il corso dei fiumi. Grazie alla conoscenza locale ed anche esperienziale di coloro che abitualmente frequentano il contesto del bacino (pescatori, escursionisti, insegnanti, cittadini), la rete dei punti di monitoraggio è stata ampliata, rispetto a quelli utilizzati da enti istituzionali (ARPAT), rendendola più diffusa e capillare (Fig. 9): oltre 50 i siti di monitoraggio a cadenza mensile del progetto



Fonte: elaborazione degli autori.

Fig. 9 - La rete dei punti di monitoraggio del progetto CS4RIVERS (in rosso: stazioni monitoraggio ufficiale (ARPAT); in azzurro: stazioni monitoraggio qualità chimica delle acque; in arancione: stazioni monitoraggio macroinvertebrati; in giallo: stazioni monitoraggio vegetazione riparia)

CS4RIVERS, contro i 32 ufficiali dell'ARPAT che esegue solo 4 campagne di raccolta dati all'anno. In linea con i benefici prodotti dalla CS, si è convenuto grazie alle interazioni con l'elica del governo che i dati di biodiversità e qualità delle acque confluiranno nel repository del Network Nazionale della Biodiversità NNB di ISPRA che li utilizzerà per pianificare la strategia nazionale per la tutela della biodiversità. Sempre in questa ottica sono stati definiti gli standard di rilevazione dei dati al fine di renderli interoperabili e integrabili con altri dati (Open Data Regione Toscana). Tali dati rispondono anche all'esigenza di monitorare e concorrere al raggiungimento degli SDGs e alla loro territorializzazione, contribuendo

direttamente al monitoraggio dell'Obiettivo 6 - indicatore 6.3.2. e dell'Obiettivo 5 - indicatore 15.1.2. (Sanna *et al.*, 2024). La sfida della 'territorializzazione' degli obiettivi di sviluppo sostenibile, o 'localizing the SDGs', rappresenta inoltre uno dei cardini non solo dell'attuazione della Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile (SNSvS), ma anche delle attività condotte a livello internazionale in tema di Agenda 2030. In tale direzione, il progetto CS4RIVERS potrà contribuire al monitoraggio dell'Obiettivo 17, proprio grazie all'attivazione di un partenariato multi-stakeholder capace di instaurare alleanze e sinergie traducibili in processi di governance per la transizione.

In terzo luogo, si è generata una conoscenza di tipo trasformativo che, facendo leva sulle pratiche di monitoraggio e sull'*empowerment* prodotto dalle attività del progetto, ha innescato effetti esterni e moltiplicatori. Nel caso specifico alcuni *citizen scientist* hanno iniziato a rilevare dati anche oltre l'area di riferimento proprio per soddisfare quelle motivazioni emerse durante gli incontri (desiderio di contribuire alla comunità e alla scienza, migliorare le condizioni ambientali). Altri soggetti, come i musei (Museo della Biodiversità di Monticiano, Museo della Mezzadria di Buonconvento) e gli agriturismi appartenenti all'elica attività economiche, hanno iniziato a diventare nodi di disseminazione del progetto creando eventi di animazione e coinvolgimento della cittadinanza locale ispirati dalle attività di CS.

Infine, dal punto di vista dell'integrazione intersettoriale, sono stati raggiunti solo risultati preliminari ma propedeutici all'auspicata elaborazione di politiche integrate di governo del territorio che saranno sviluppati nelle fasi successive del progetto.

5. CONCLUSIONI. – In conclusione, l'applicazione del modello a quintupla elica al caso di studio del progetto CS4RIVERS costituisce una scommessa che a nostro avviso si è dimostrata vincente e innovativa sotto diversi aspetti. In primo luogo, ha consentito di aggiornare il bagaglio concettuale derivante dalla nozione di 'sistema locale' alla luce dei cambiamenti delle forme e delle modalità dell'azione collettiva, con riferimento alla tendenza verso la territorializzazione dei modelli di produzione di conoscenza. La metodologia di lavoro intrapresa con il progetto CS4RIVERS ha inoltre permesso un'innovativa applicazione del modello a quintupla elica, il cui utilizzo – per quanto riscontrato in letteratura – è parso sovente statico e descrittivo, incapace cioè di rendere conto della dimensione coevolutiva e multi-scalare dei processi territoriali. La territorializzazione del modello ha permesso di congiungere il ben noto concetto di sistema territoriale con un modello teorico e pratico che si presta a comprendere il legame tra conoscenza e innovazione, al fine di promuovere transizioni sostenibili attraverso l'impiego del *know-how* locale. In questo modo anche la CS, che trova abitualmente la sua fortuna nelle pratiche di indagine e raccolta dati ma non è mai stata pensata come strumento per la ter-

ritorializzazione dei modelli di transizione alla sostenibilità, ha dimostrato di poter divenire un utile strumento per un'innovativa governance territoriale, capace di sollecitare la dimensione ambientale (quinta elica) e farla, per così dire, 'parlare'. La mobilitazione dei saperi locali resa possibile da progetti siffatti si dimostra così un potenziale attivatore di processi di ripoliticizzazione e democratizzazione della governance territoriale, replicabile in diversi contesti.

In conclusione, gli effetti di questa produzione diffusa di conoscenze sono tutt'altro che astratti. Nonostante il progetto sia ancora in corso e ci si trovi qui a presentare i risultati della sola prima annualità, è già possibile osservare, ad esempio, che la sollecitazione contestuale e collaborativa delle eliche, integrando i dati prodotti dal basso dall'attività del progetto con i protocolli di monitoraggio ufficiale, riesce a creare nuove sinergie che alludono a una pianificazione organica del territorio, che tenga conto delle relazioni tra le vari componenti del sistema locale e delle dinamiche coevolutive in gioco nella relazione tra popolazioni insediate e *milieu*. Va inoltre ricordato in questo senso che l'articolazione del progetto ha facilitato il trasferimento di conoscenze e tecnologie dal mondo accademico alle altre eliche, ad esempio nell'uso delle piattaforme per la raccolta dei dati. Non trascurabili sono infine gli effetti esterni al progetto (o di *spillover*), che pur essendo ancora in corso è diventato attivatore e moltiplicatore di processi, facendo auspicare una replicabilità non solo locale ma anche regionale.

Funding Statement

Il presente articolo è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca CS4RIVERS. Ente finanziatore: Progetto finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU – Piano Nazionale Resistenza e Resilienza (PNRR) - Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 – Avviso N. 3138 del 16 dicembre 2021 rettificato con D.D. n.3175 del 18 dicembre 2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca; Award Number: Codice progetto CN_00000033, Decreto Direttoriale MUR n.1034 del 17 giugno 2022 di concessione del finanziamento, CUP B63C22000650007, titolo progetto "National Biodiversity Future Center - NBFC".

Bibliografia

Annan K. (2007). How to engage stakeholders and mainstream biodiversity. In: Hesselink F., Goldstein W., van Kempen P.P., Garnett T., Dela J., a cura di, Communication, education and public awareness (CEPA): a toolkit for national focal points and NBSAP coordinators. *Secretariat of the Convention on Biological Diversity and IUCN*. Montreal: Canada, 155-225.

- Ballard H.L., Robinson L.D., Young A.N., Pauly G.B., Higgins L.M., Johnson R.F., Tweddle J.C. (2017). Contributions to conservation outcomes by natural history museum-led citizen science: Examining evidence and next steps. *Biological Conservation*, 208: 87-97. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.08.040.
- Bignante E., Celata F., Vanolo A., a cura di (2022). *Geografie dello sviluppo. Una prospettiva critica e globale*. Torino: UTET.
- Berque A. (2000). *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*. Paris: Belin.
- Boelens R., Hoogesteger J., Swyngedouw E., Vos J., Wester P. (2016). Hydrosocial territories: a political ecology perspective, *Water International*, 41(1): 1-14. DOI: 10.1080/02508060.2016.1134898.
- Bonn A., Hecker S., Bowser A., Makuch Z., Vogel J., Haklay M. (2018). Citizen Science: Innovation in Open Science. In: Hecker S. *et al.*, *op. cit.*, 465-484.
- Bonney R., Cooper C.B., Dickinson J., Kelling S., Phillips T.B., Rosenberg K.V., Shirk J. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11): 977-984. DOI: 10.1525/bio.2009.59.11.9.
- Bonney R., Cooper C.B., Dickinson J., Phillips T.B., Rosenberg K.V., Shirk J. (2014a). Next steps for citizen science. *Science*, 343: 1436-1437. DOI: 10.1126/science.1251554.
- Bonney R., Shirk J., Phillips T.B. (2015). Citizen science. In Gunstone R., a cura di, *Encyclopedia of science education*. Dordrecht: Springer, 152-154.
- Bonney R., Phillips T.B., Ballard H.L., Enck J.W. (2016). Can Citizen Science Enhance Public Understanding of Science? *Public Understanding of Science*, 25: 2-16. DOI: 10.1177/0963662515607406.
- Bracken L.J., Bulkeley H.A., Whitman G. (2014). Transdisciplinary research: understanding the stakeholder perspective. *Journal Environmental Planning and Management*, 58(7): 1-18. DOI: 10.1080/09640568.2014.921596.
- Bradley R., Jawahir I.S. (2019). Designing and redesigning products, processes, and systems for a helical economy. *Procedia Manufacturing*, 33: 168-175. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.04.021.
- Brundtland G.H., Khalid M. (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
- Capineri C. (2023). Public geography e citizen science: pratiche di partecipazione per la ricerca-azione. *Annali del Dipartimento di Metodi e Modelli per l'Economia, il Territorio e la Finanza*, pp. 2-18. DOI: 10.13133/2611-6634/1538.
- Capineri C. (2016). The nature of volunteered geographic information. In *European handbook of crowdsourced geographic information* (Vol. 1, pp. 15-33). Ubiquity Press.
- Carayannis E.G., Campbell D. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46 (3/4). DOI: 10.1504/IJTM.2009.023374.
- Carayannis E.G., Campbell D. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation, and the environment relate to each other? A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1): 41-69. DOI: 10.4018/jesd.2010010105.

- Carayannis E.G., Barth T.D., Campbell D. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of innovation and entrepreneurship*, 1: 1-12. DOI: 10.1186/2192-5372-1-2.
- Carayannis E.G., Formica P. (2006). Intellectual venture capitalists: an emerging breed of knowledge entrepreneurs. *Industry and Higher Education*, 20(3): 151-156.
- Castells M. (1996). *The rise of the network society*. Oxford: Oxford University Press.
- Chesbrough H.W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Clausen L.P.W., Hansen O.F.H., Oturai N.B., Syberg K., Hansen S.F. (2020). Stakeholder analysis with regard to a recent European restriction proposal on microplastics. *PloS one*, 15(6), e0235062. DOI: /10.1371/journal.pone.0235062.
- Cohn J.P. (2008). Citizen science: Can volunteers do real research? *BioScience*, 58(3): 192-197. DOI: 10.1641/B580303.
- Cooper C.B., Dickinson J., Phillips T., Bonney R. (2007). Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology and Society*, 12(2): 11 [consultato settembre 2024 www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art1].
- Crain R., Cooper C., Dickinson J.L. (2014). Citizen science: A tool for integrating studies of human and natural systems. *Annual Revue of Environmental Resources*, 39(1): 641-665. DOI: 10.1146/annurev-environ-030713-154609.
- Cuppen E. (2012). Diversity and constructive conflict in stakeholder dialogue: considerations for design and methods. *Policy Science*, 45(1): 23-46. DOI: 10.1007/s11077-011-9141-7.
- Dematteis G. (2001). Per una geografia della territorialità attiva e dei valori territoriali. In: Bonora P., a cura di, *SLoTQuaderno 1*. Bologna: Baskerville, 11-30.
- Dematteis G., Governa F. (2005). Il territorio nello sviluppo locale: il contributo del modello SloT. In: Dematteis G., Governa F., a cura di, *Territorialità, sviluppo locale, sostenibilità. Il modello SloT*. Milano: FrancoAngeli, 15-38.
- Dickinson J.L., Zuckerberg B., Bonter D.N. (2012a). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44: 149-172. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636.
- Dickinson J.L., Shirk J., Bonter D.N., Bonney R., Crain R.L., Martin J., Phillips T., Purcell K. (2012b). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6): 291-297. DOI: 10.1890/110236.
- Donati L., Stefani G., Bellandi M. (2023). The evolutionary emergence of quintuple helix coalitions: A case study of place-based sustainability transition. *Triple Helix*, 10(1): 125-155. DOI: 10.1163/21971927-12340010.
- ECSA (European Citizen Science Association) (2015). Ten Principles of Citizen Science [consultato agosto 2024 <https://eu-citizen.science/resource/88>].
- Eitzel M., Cappadonna J., Santos-Lang C., Duerr R., West S.E., Virapongse A., Jiang Q. (2017). Citizen science terminology matters: Exploring key terms. In: Vohland K. et al., op. cit., 1-20.
- Elegbede I.O., Goldin J., Obalola M., Matti-Sanni R.O., Olaleye-Haroun O.S., Akindele O.T. (2023). Stakeholder Governance and Citizen Science. In: *Encyclopedia of Sustainable Management*. Cham: Springer International Publishing, 3104-3111.

- Ferguson D.L., Fernández R.E. (2015). The Role of the University in the Innovation Ecosystem, and Implications for Science Cities and Science Parks: A Human Resource Development Approach. *World Technopolis Review*, 4(3): 132-143. DOI: 10.7165/wtr2015.4.3.132.
- Fischer F. (2020). *Citizens, experts, and the environment: The politics of local knowledge*. Durham: Duke University Press.
- Fraisl D., Campbell J., See L., Wehn U., Wardlaw J., Gold M., Fritz S. (2020). Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. *Sustainability Science*, 15: 1735-1751. DOI: 10.1007/s11625-020-00833-7.
- Fraisl D., See L., Campbell, J., Danielsen F., Andrianandrasana H.T. (2023). The contributions of citizen science to the United Nations sustainable development goals and other international agreements and frameworks. *Citizen Science: Theory and Practice*, 8(1): 1-6. DOI: 10.5334/cstp.643.
- Franzoni C., Sauermann H. (2014). Crowd science: The organization of scientific research in open collaborative projects. *Research Policy*, 43(1): 1-20. DOI: 10.1016/j.respol.2013.07.005.
- Freeman R.E. (1984). *Strategic management: a stakeholder approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Göbel C., Martin V.Y., Ramirez-Andreotta M. (2017). *Stakeholder Analysis: International Citizen Science Stakeholder Analysis on Data Interoperability*. Washington, DC: Woodrow Wilson International Centre for Scholars [consultato agosto 2024]. DOI: 10.13140/RG.2.2.26124.92802.
- Governa F. (1997). *Il milieu urbano. L'identità territoriale nei processi di sviluppo*. Milano: FrancoAngeli.
- Governa F., Salone C. (2002). Describing The Governance. *Bollettino della Società geografica italiana*, 12(7): 29-50.
- Haklay M. (2012). Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. In: Sui D., Elwood S., Goodchild M., a cura di, *Crowdsourcing Geographic Knowledge*. Springer: Dordrecht, 105-122.
- Haklay M. (2018). Participatory citizen science. In Hecker S. *et al.*, *op. cit.*, 52-62.
- Hecker S., Haklay M., Bowser A., Makuch Z., Vogel J., Bonn A. (2018). Innovation in open science, society and policy-setting the agenda for citizen science. In Hecker *et al.*, a cura di, *op. cit.*, 1-23.
- Hecker S., Haklay M., Bowser A., Makuch Z., Vogel J., Bonn A., a cura di (2018). *Citizen Science. Innovation in open science, science and policy*. London: UCL Press. DOI: 10.14324/111.9781787352339.
- Hargreaves T., Haxeltine A., Longhurst N., Seyfang G. (2011). Sustainability transitions from the bottom-up: Civil society, the multi-level perspective and practice theory *Working Paper - Centre for Social and Economic Research on the Global Environment*, 1. www.econstor.eu/obitstream/10419/48796/1/662352246.pdf.
- Iaione F.C., De Nictolis E. (2016). La quintupla elica come approccio alla governance dell'innovazione sociale. In: Montanari F., Mizzau L., a cura di, *I luoghi dell'innovazione aperta. Modelli di sviluppo territoriale e inclusione sociale*. Fondazione Giacomo Brodolini, 75-89.

- Irwin A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development, Environment and Society*. London: Routledge.
- Irwin A. (2018). No PhDs needed: How citizen science is transforming research. *Nature*, 562(7726): 480-482. DOI: 10.1038/d41586-018-07106-5.
- Jessop B. (1998). The rise of governance and the risks of failure: the case of economic development. *International Social Science Journal*, 50(155): 29-45. DOI: 10.1111/issj.12186.
- Lew Y.K., Khan Z., Cozzio S. (2018). Gravitating toward the quadruple helix: international connections for the enhancement of a regional innovation system in Northeast Italy. *R&D Management*, 48(1): 44-59. DOI: 10.1111/radm.12227.
- Leventon J., Fleskens L., Claringbould H. (2016). An applied methodology for stakeholder identification in transdisciplinary research. *Sustainability Science*, 11: 763-775. DOI: 10.1007/s11625-016-0385-1.
- Levy P. (1994). *Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace*. Cambridge: Mass.
- Lingua V., Caruso E. (2022). Futures Literacy as a reading key for strategic spatial planning: A community learning process for defining shared futures in the Ombrone River Agreement. *Futures*, 140, 102935. DOI: 10.1016/j.futures.2022.102935.
- Magnaghi A. (2020). *Il principio territoriale*. Torino: Bollati Boringhieri.
- McKinley D.C., Miller-Rushin A.J., Ballard H.L., Bonney R., Brown H., Soukup, M.A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological conservation*, 208: 15-28. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.05.015.
- Nascimento S., Rubio Iglesias J.M., Owen R., Schade S., Shanley L. (2018). Citizen science for policy formulation and implementation. In: Hecker S. *et al.*, a cura di, *op. cit.*, 219-240.
- Newman G., Wiggins A., Crall A., Graham E., Newman S., Crowston K. (2012). The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6): 298-304. DOI: 10.1890/110294.
- Nguyen H.T., Marques P., Benneworth P. (2022). Living labs: Challenging and changing the smart city power relations? *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121866. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121866.
- Paleco C., García P.S., Salas Seoane N., Kaufmann J., Argyri P. (2021). Inclusiveness and diversity in citizen science. In: Vohland K. *et al.*, *op. cit.*, 261-282. DOI: 10.1007/978-3-030-58278-4_14.
- Passarelli M., Ricotta F., Cariola A. (2019). Il trasferimento tecnologico e la strategia di specializzazione intelligente. *Economia e società regionale*, 2, 116-146. DOI: 10.3280/ES2019-002011.
- Passarelli M., Cariola A., Vecellio P. (2018). Beyond multidirectional technology transfer: the case of a 'proof-of-concept network'. *Industry and Higher Education*, 32(5): 312-325. DOI: 10.1177/095042221879053.
- Phillips T.B., Ballard H.L., Lewenstein B.V., Bonney R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. *Science education*, 103(3): 665-690. DOI: 10.1002/scs.21501.

- Pisano C., Lingua V. (2019). The Ombrone river contract. A regional design practice for empowering river communities and envisioning basin futures. *Smart city. Urban planning for a sustainable future*, 502-512. DOI: 10.1080/02697459.2021.2005870.
- Provenzano V., Arnone M., Seminara M.R. (2016). Innovation in the rural areas and the linkage with the Quintuple Helix Model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 223: 442-447. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.269.
- Provenzano V., Seminara M.R., Arnone M. (2020a), Sustainable Development and Transition Management: A New Approach for European Peripheral Areas. In: Bevilacqua C., Calabrò F., Della Spina L., a cura di, *NMP – New Metropolitan Perspectives. Smart Innovation, Systems and Technologies*, 177. Cheltenham: Springer Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-52869-0_4.
- Provenzano V., Seminara, M.R. (2020b). Gli scenari di sviluppo nelle aree interne e rurali. In: Storti D., Provenzano V., Arzeni A., Ascani M., Rota F., a cura di, *Sostenibilità e Innovazione delle filiere agricole nelle aree interne. Scenari, politiche e strategie*, 60. Milano: FrancoAngeli, 15-26.
- Rodrigues-Ferreira A., Afonso H., Mello J.A., Amaral R. (2023). Creative economy and the quintuple helix innovation model: a critical factors study in the context of regional development. *Creativity Studies*, 16(1): 158-177. DOI: 10.3846/cs.2023.15709.
- Rombai L. (2009). La geografia fluviale. Ambiente, paesaggio, territorio. In: Resti G., a cura di, *Ombrone un fiume tra due terre*. Pisa: Pacini Editore, 159-173.
- Sanna V.S., Di Grazia F., Capineri C., Polvani A. (2024). Citizen Science for Transition to Sustainability and SDG Monitoring in an Italian River Basin. *International Journal of E-Planning Research (IJEPR)*, 13(1): 1-30. DOI: 10.4018/IJEPR.366585.
- Salmon R.A., Rammell S., Emeny M.T., Hartley S. (2021). Citizens, scientists and enablers: a tripartite model for citizen science projects. *Diversity*, 13(7): 309. DOI: 10.3390/d13070309.
- Seyfang G., Smith A. (2007). Grassroots innovations for sustainable development: towards a new research and policy agenda. *Environmental Politics*, 16(4): 584-603. DOI: 10.1080/09644010701419121.
- Seyfang G., Smith A., Longhurst N. (2010). Grassroots innovations for sustainable development: A new research agenda. *Economic sociology: the European electronic newsletter*. Max Planck Institute for the Study of Societies (MPIfG), Cologne, 12(1), 68-72. www.econstor.eu/bitstream/10419/155963/1/vol12-no01-a9.pdf.
- Silvertown J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in ecology & evolution*, 24(9): 467-471. DOI: 10.1016/j.tree.2009.03.017.
- Schade S., Pelacho M., van Noordwijk T., Vohland K., Hecker S., Manzoni M. (2021). Citizen science and policy. In: Vohland K. *et al.*, a cura di, *op. cit.*, 351-371.
- Skarlatidou A. (2019). The Value of Stakeholder Mapping to Enhance Co-Creation in Citizen Science Initiatives. *Citizen Science: Theory and Practice*, 4(1): 10. DOI: 10.5334/cstp.226.
- Skarlatidou A., Haklay M. (2021). Citizen science impact pathways for a positive contribution to public participation in science. *Journal of Science Communication*, 20(06). DOI: 10.22323/2.20060202.

- Skarzauskiene A., Mačiulienė M. (2021). Citizen science addressing challenges of sustainability. *Sustainability*, 13(24), 13980. DOI: 10.3390/su132413980.
- Swyngedouw E. (2007). Impossible “Sustainability” and the Post-Political Condition. In: Gibbs D., Krueger R., a cura di, *The Sustainable Development Paradox*. New York: Guilford Press, 13-40.
- Swyngedouw E. (2009). The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. *Journal of contemporary water research & education*, 142(1): 56-60. DOI: 10.1111/j.1936-704X.2009.00054.x.
- Tiago P. (2016). Social Context of Citizen Science Projects. In: Ceccaroni L., Jaume P., a cura di, *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research*. Hershey, PA: IGI Global, 168-191.
- Tiago P., Gouveia M.J., Capinha C., Santos-Reis M., Pereira H.M. (2017). The influence of motivational factors on the frequency of participation in citizen science activities. *Nature Conservation*, 18: 61-78. DOI: 10.3897/natureconservation.18.13429.
- Vallance P., Tewdwr-Jones M., Kempton L. (2020). Building collaborative platforms for urban innovation: Newcastle City Futures as a quadruple helix intermediary. *European Urban and Regional Studies*, 27(4): 325-341. DOI: 10.1177/0969776420905630.
- Vohland K., Land-Zandstra A., Ceccaroni L., Lemmens R., Perelló J., Ponti M., Samson R., Wagenknecht K., a cura di (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-58278-4.
- Vogler D., Macey S., Sigouin A. (2017). Stakeholder analysis in environmental and conservation planning. *Lessons in conservation*, 7(7): 5-16. www.amnh.org/content/download/158575/2593966/file/stakeholder-analysis-in-environmental-and-conservation-planning.pdf.
- Wehn U., Gharesifard M., Ceccaroni L., Joyce H., Ajates R., Woods S., Wheatland J. (2021). Impact assessment of citizen science: state of the art and guiding principles for a consolidated approach, *Sustainability Science*, 16(5): 1683-1699. DOI: 10.1007/s11625-021-00959-2.
- Wiggins A., Crowston K. (2012). Goals and Tasks: Two Typologies of Citizen Science Projects. In: *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS-45)*, 3426-3435. DOI: 10.1109/HICSS.2012.295.