

# PIANO STRATEGICO DEL PARCO DELLE COLLINE

## Allegato 2

Mappatura e valutazione di scarsità e abbondanza dei Servizi Ecosistemici nelle Unità Paesistico Ambientali

# Programma d'Azione

per favorire/migliorare la conoscenza dei Servizi Ecosistemici  
e del valore delle Infrastrutture Verdi e Blu



# PIANO STRATEGICO DEL PARCO DELLE COLLINE

**Redazione di una proposta di un Parco Metropolitano di Cintura in estensione al Parco delle Colline in considerazione del capitale naturale, delle reti ecologiche e della fornitura di servizi ecosistemici.**

**CIG Z4436C3D39**

**Comune di Brescia**

Settore Verde Parchi e Reticolo Idrico  
dott. agr. Graziano Lazzaroni

**GRUPPO DI LAVORO**

**Studio Gioia Gibelli**



STUDIO GIOIA GIBELLI

Gioia Gibelli, Michele Butta, Luca Dorbolò, Viola Dosi, Ippolito Tarantino

## **CRITERI PER LA MAPPATURA E VALUTAZIONE DI SCARSITÀ E ABBONDANZA DEI SERVIZI ECOSISTEMICI**

# INTRODUZIONE

Il presente elaborato descrive la metodologia utilizzata per la mappatura e valutazione dei Servizi Ecosistemici (SE) potenzialmente erogati dagli ecosistemi presenti nelle UPA. L'allegato è articolato in una parte introduttiva che analizza e descrive i criteri metodologici utilizzati, seguita da una parte illustrativa delle elaborazioni e dei risultati delle analisi condotte sui SE.

La metodologia utilizzata si riferisce alla letteratura più aggiornata sui SE, si veda la bibliografia riportata in conclusione, nonché alle esperienze già condotte dal GDL.

Negli ultimi anni, le quattro categorie di SE proposte dal *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), pur rimanendo generalmente di attualità, sono state modificate in modo sostanziale sia da *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) (de Groot, 2010), sia dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, all'interno della Classificazione Internazionale dei Servizi degli Ecosistemi giunta alla 5<sup>a</sup> versione (CICES V5.1, 2018).

Questo sistema di classificazione è preso a riferimento per le analisi e le valutazioni dei SE che saranno di seguito illustrate.

In particolare, nel CICES, i SE sono definiti come i contributi che gli ecosistemi apportano al benessere umano e distinti dai beni e dai benefici che le persone successivamente traggono da essi. Si sottolinea che il funzionamento del sistema paesistico-ambientale è garantito dalle funzioni di regolazione e di supporto alla vita (Santolini e Morri, 2017).

L'ambito di applicazione di CICES si è concentrato quindi sull'individuazione di quelli che sono considerati "servizi finali". La struttura di CICES è stata anche progettata intorno all'idea di una gerarchia di tipo strutturale in cui le 'Sezioni' sono tre delle quattro categorie utilizzate nel MEA (2005): approvvigionamento, regolazione e mantenimento (che ricomprende i servizi di supporto del MEA) e culturali.

L'integrazione del paradigma dei SE all'interno del Quadro conoscitivo per il processo di costruzione del Piano strategico per il Parco di Cintura Metropolitana di Brescia, permette di far corrispondere ad ogni porzione del territorio obiettivi specifici di funzionalità ecosistemica e quindi di qualità, in cui emergano chiaramente le priorità d'intervento al fine del bilancio complessivo dei SE in funzione della domanda territoriale.

L'approccio utilizzato per la costruzione delle mappe di erogazione potenziale dei SE è complessivo e sintetico, basato su una metodologia consolidata (Burkhard et al., 2014). Utilizza come base dati di riferimento all'uso del suolo, che restituisce lo stato attuale degli ecosistemi presenti nelle UPA, esito dei processi determinati nei secoli sia da driver naturali che antropici. La finalità è la valutazione quali-quantitativa dei SE erogati in ogni UPA, la loro mappatura, per prefigurare scenari di progetto per il Piano, efficaci per risolvere/migliorare situazioni di disequilibrio.

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Le analisi e le valutazioni dei SE condotte nel presente lavoro, prevedono una classificazione qualitativa delle tipologie di uso del suolo in funzione del diverso livello potenziale di erogazione di specifici SE. La metodologia integra giudizi "expert based" e dati bibliografici.

Questo tipo di analisi si basa sulla considerazione che ogni tipologia di uso del suolo presenta una certa potenzialità nel fornire una serie di SE. Dunque, ogni variazione di copertura del suolo ha ripercussioni a livello della funzionalità degli ecosistemi. Quindi, ad ogni tipologia ambientale viene associato un valore di performance, cioè un valore di capacità potenziale di quella specifica copertura a fornire un determinato servizio (Burkhard et al., 2014).

In linea generale, è possibile affermare che le aree più naturaliformi (boschi, aree umide, corsi d'acqua) presentano valori maggiori in quanto ottimizzano il funzionamento di molti ecosistemi e quindi della potenzialità di fornitura dei SE, soprattutto quelli di regolazione.

Questa metodologia è contenuta in Burkhard et al. (2012) e sviluppata da MAES (2013) e successivamente da Burkhard et al. (2014) nonché da varie esperienze applicative (Scolozzi et al., 2012; Life MGN, 2016) sviluppate anche a livello regionale (Ferrari e Geneletti, 2014; Santolini et al., 2016). È stata inoltre utilizzata in numerosi studi sia a livello internazionale (Kandziara et al., 2013; Kaiser et al., 2013; Vihervaara et al., 2010 e 2012; Nedkov and Burkhard, 2012) che nazionale (Scolozzi et al., 2012; Santolini et al., 2015).

Con questa metodologia, per ogni tipologia ambientale, cioè per ogni voce di legenda della cartografia di uso del suolo, viene associato un valore di performance, cioè un valore di capacità potenziale di quella specifica copertura nel fornire quel determinato SE, espresso con un numero da 0 a 5 (0 = non rilevante 1 = poco rilevante, 2 = rilevante; 3 = mediamente rilevante; 4 = molto rilevante 5 = altamente rilevante (massimo)).

	Servizi di regolazione	Regolazione del clima globale	Regolazione del clima locale	Regolazione della qualità dell'aria	Regolazione del deflusso dell'acqua	Purificazione dell'acqua	Regolazione delle sostanze nutritive	Regolazione dell'erosione	Regolazione degli eventi estremi	Impollinazione	Controllo delle malattie	Regolazione dei rifiuti	Servizi di approvvigionamento	Raccolti	Biomassa per l'energia	Foraggio	Bestiame (domestico)	Fibre	Legno	Legno da combustione	Pesce, frutti di mare e alghe edibili	Acquacoltura	Risorse e cibi selvatici	Biochimici e medicinali	Approvvigionamento idrico	Risorse minerale*	Fonte di energia abiotica*	Servizi culturali	Viaggio e turismo	Estetica e ispirazione del paesaggio	Sistemi di conoscenza	Esperienze religiose e spirituali	Patrimonio culturale e diversità culturale	Patrimonio naturale e diversità naturale		
Tessuto urbano continuo	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	1	0				
Tessuto urbano discontinuo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	1	0				
Insediam. commerciale e industriale	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
Rete stradale e ferroviaria	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
Aree portuali	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0		
Aeroporti	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aree estrattive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	2	0	1	0	
Discariche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cantieri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aree verdi urbane	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	2	1		
Aree sportive e ricreative	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	1	0	1	0	
Seminativi non irrigui	1	2	1	2	0	1	0	1	1	2	2	5	5	5	0	5	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	2	1	1	1	2	0	3	0	0	
Seminativi irrigui	1	3	1	1	0	1	0	1	1	2	2	5	1	2	0	4	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	
Risaie	0	2	1	1	0	1	0	0	1	1	2	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	3	0	0		
Vigneti	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	0	5	0	0	0	
Frutteti	2	2	2	2	1	2	2	2	5	3	5	4	1	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	4	1	0	0	
Oliveti	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	4	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	4	0	
Pascoli	2	1	0	1	1	1	0	1	0	2	4	0	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	2	2	0	3	1	0	0	
Colture annuali e permanenti	1	2	1	1	0	1	2	1	1	2	2	4	2	4	1	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
Sistemi culturali complessi	1	2	1	1	0	1	1	1	2	3	2	4	2	2	1	4	0	1	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	
Seminativi con vegetazione naturale	2	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	3	2	2	4	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	2	3	1	3	3	0	0	0	
Aree agroforestali	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	0	0	2	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
Boschi di latifoglie	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	4	0	1	1	0	1	5	5	0	0	5	3	0	0	0	0	5	5	5	3	4	5	0	0	0	
Boschi di conifere	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	4	0	1	1	0	1	5	5	0	0	5	3	0	0	0	0	5	5	5	3	4	4	0	0	0	
Boschi misti	5	5	5	3	5	5	5	4	4	5	5	0	1	1	0	2	5	5	0	0	5	3	0	0	0	0	5	5	5	3	4	5	0	0	0	
Praterie naturali	5	2	0	1	3	4	5	1	1	1	2	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	2	3	4	5	1	3	3	0	0	0	
Brughiere	3	4	0	2	3	3	2	2	2	3	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4	4	5	1	2	4	0	0	0	
Vegetazione sclerofilla	2	2	1	1	1	2	1	1	2	3	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	1	3	0	0	1	2	3	4	1	2	4	0	0	0	0	
Vegetazione arbustiva in evoluzione	2	2	1	1	1	2	1	1	2	3	0	2	1	1	1	1	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	2	3	4	1	2	2	0	
Dune, spiagge ed alvei ghiaiosi	0	0	0	1	1	1	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5	4	4	1	3	2	
Rocce nude	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	2	2	1	0	
Aree a vegetazione sparsa	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	3	0	2	1	0	
Aree percorse da incendi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ghiacciai e nevi perenni	3	4	0	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	4	0	0	1	0	0	0	
Zone umide e paludi	2	2	0	3	2	4	1	4	1	2	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Torbiere	5	4	0	4	4	4	2	3	2	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	3	2	3	0	2	4	0	0	0	
Paludi salate	1	1	0	1	1	2	1	4	1	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	2	3	0	2	2	0	0	0	
Saline	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	3	0	4	0	0	0	
Piane di marea	1	1	0	1	1	1	1	5	0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	3	0	2	2	0	0	0	
Corsi d'acqua	0	1	0	3	3	0	3	0	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	3	4	4	4	2	3	3	0	0	
Corpi d'acqua	1	2	0	2	3	0	3	0	3	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	0	5	0	1	5	4	4	2	3	3	0	0	
Lagune	1	1	0	4	2	3	0	4	0	3	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	0	1	0	0	3	4	4	0	3	3	0	0	
Estuari	1	0	0	3	3	0	3	0	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	1	0	1	1	3	4	4	0	2	3	0	0	
Mari e oceani	3	3	0	1	2	3	0	0	0	3	5	0	4	3	0	0	0	0	0	0	5	5	4	3	0	1	3	4	5	5	2	3	3	0	0	

\*Output abiotici provenienti dai sistemi naturali (dopo CICES)

Estratto tabella di Burkhard et. Al. 2014, ns traduzione dall'originale in inglese

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Burkhard et al. 2014, fornisce una matrice di riferimento valida come media a livello europeo dove, a diverse tipologie di ecosistemi, è attribuito un diverso livello di capacità potenziale di erogazione di SE. Si riporta di seguito la matrice di Burkhard et al. 2014, base di riferimento per le valutazioni della capacità di erogazione dei SE.

La matrice di Burkhard mostra l'attribuzione dei punteggi relativi all'erogazione potenziale dei servizi ecosistemici. La valutazione illustrativa si riferisce ad un ipotetico paesaggio europeo "ordinario" in estate (antecedente il periodo del raccolto). La scala associa a ciascun livello di potenziale di rilievo un valore numerico cui corrisponde una specifica gradazione di colore. La scala è così costituita: 0 (in rosa) = nessun potenziale; 1 (in grigio-verde) = basso potenziale; 2 (in verde chiaro) = potenziale; 3 (in verde oliva) = medio potenziale; 4 (in verde-blu) = alto potenziale; 5 (in verde scuro) = potenziale molto alto (massimo).

## Scelta dei Servizi Ecosistemici

Ai fini delle analisi condotte nell'ambito del processo di costruzione del quadro conoscitivo a supporto della redazione del Piano Strategico per il Parco di Cintura Metropolitana di Brescia, sono stati selezionati solo alcuni dei SE riportati all'interno della matrice di Burkhard et al. 2014.

La selezione è avvenuta secondo il criterio di maggior "utilità/supporto" alla definizione degli orientamenti per il Piano e del Programma d'Azione, ricercando ed analizzando solo quei SE più rappresentativi e maggiormente correlabili alle funzioni ed ai caratteri tipici dei paesaggi di dell'ambito di inquadramento e delle UPA

Le tipologie di SE selezionate nella tabella di Burkhard, per semplicità sono state accorpate in categorie più ampie tali da comprendere anche più tipologie di SE, utilizzando come riferimento il più recente sistema di classificazione "Common International Classification of Ecosystem Services (CICES V 5.1.)" (Haines-Young R. & Potschin M., 2018).

Nella tabella di seguito riportata, è illustrata la correlazione tra le diciture utilizzate nel presente lavoro (prima colonna) e quelle riportate nel sistema di classificazione CICES V 5.1. (seconda colonna).

DICITURA UTILIZZATA	EQUIVALENZA SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE CICES 5.1
REGOLAZIONE DELLA CO2	Regulation of chemical composition of atmosphere cod CICES 5.1: 2.2.6.1
REGOLAZIONE DEL CICLO DELL'ACQUA	Hydrological cycle and water flow regulation (including flood control) Cod CICES 5.1: 2.2.1.3
PROTEZIONE DAGLI EVENTI ESTREMI	Storm protection cod CICES 5.1: 2.2.1.4
REGOLAZIONE DELL'EROSIONE (Solo per l'ambito collinare)	Control erosion rates cod CICES 5.1: 2.2.1.1 Buffering and attenuation of mass movement cod CICES 5.1: 2.2.1.2
PURIFICAZIONE DELL'ACQUA	Regulation of the chemical condition of freshwaters by living processes cod CICES 5.1: 2.2.5.1 Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants and animals cod CICES 5.1: 2.1.1.1 Filtration-sequestration-storage-accumulation by microorganisms, algae, plants and animals Cod CICES 5.1: 2.1.1.2
REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA	Regulation of temperature and humidity, including ventilation and transpiration cod CICES 5.1: 2.2.5.2
IMPOLLINAZIONE	Pollination cod CICES 5.1: 2.2.2.1
SUPPORTO	Maintaining nursery populations and habitats (Including gene pool protection) cod CICES 2.2.2.3
PRODOTTI DELLE FORESTE	Wild plants (terrestrial and aquatic, including fungi, algae) used for nutrition cod CICES 5.1: 1.1.5.1 Fibres and other materials from wild plants for direct use or processing (excluding genetic materials) cod CICES 5.1: 1.1.5.2 Wild plants (terrestrial and aquatic, including fungi, algae) used as a source of energy cod CICES 5.1: 1.1.5.3
PRODOTTI DELL'AGRICOLTURA	Cultivated terrestrial plants (including fungi, algae) grown for nutritional purposes cod CICES 1.1.1.1 Fibres and other materials from cultivated plants, fungi, algae and bacteria for direct use or processing (excluding genetic materials) cod CICES 1.1.1.2 Cultivated plants (including fungi, algae) grown as a source of energy cod CICES 1.1.1.3

Corrispondenza tra Diciture utilizzate e Diciture secondo classificazione CICES 5.1

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## Costruzione delle mappe dei Servizi Ecosistemici

Per ogni SE scelto è stata costruita una mappa che ne rappresenta la distribuzione sul territorio sia in termini di presenza/assenza, sia in termini di livelli potenziali.

Al fine di stimare la potenzialità di erogazione di SE da parte degli ecosistemi presenti negli UPA, la matrice di Burkhard et al. 2014, è stata verificata e puntualmente modificata integrando diverse variabili ambientali in modo da affinare maggiormente la valutazione dei SE e fornire una rappresentazione più veritiera e ancorata alle caratteristiche specifiche degli ecosistemi e del paesaggio della Cintura Metropolitana (esteso all'ambito di inquadramento).

La metodologia prevede di integrare diverse variabili all'interno delle fasi analitiche intermedie e propedeutica alla valutazione dei SE.

L'affinamento dei valori qualitativi della matrice, così come riportata da bibliografia, è avvenuto attraverso l'integrazione dei seguenti passaggi:

- *Verifica puntuale e a campione delle caratteristiche strutturali dei diversi elementi che compongono l'uso del suolo.* Questo passaggio è necessario per capire esattamente la corrispondenza tra la dicitura utilizzata nella mappa e la reale articolazione strutturale degli elementi mappati, e dunque l'effettiva capacità di esprimere funzioni ecologiche degli elementi rappresentati. La verifica riguarderà in particolare gli usi del suolo afferenti alle tipologie di spazi aperti del tessuto urbano e alle loro caratteristiche (la distribuzione ed organizzazione spaziale, la dimensione, il grado di permeabilità, la densità di copertura vegetale), ma anche alcuni usi del suolo afferenti al sistema rurale e naturale (ad esempio: la combinazione degli usi "Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali con Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi e Vegetazione dei greti).
- *Analisi della pendenza.* Si tratta di una variabile in grado di influenzare in maniera significativa i processi di regolazione di alcuni SE. Si consideri ad esempio l'influenza di questo fattore rispetto all'erosione e al dissesto idrogeologico.

Questo fattore risulta inoltre particolarmente significativo in un contesto territoriale come quello dell'ambito di inquadramento caratterizzato da una morfologia varia che include sia paesaggi montani, che collinari, che di pianura.

- *Valutazione degli areali di interferenza.* Al fine di tenere in considerazione le interferenze reciproche che possono instaurarsi tra diverse tipologie di usi del suolo non sinergiche tra loro (es infrastrutture ed aree agricole, o complessi industriali/produttivi ed ecosistemi naturali), saranno costruiti gli areali buffer di interferenza, attorno agli insediamenti e infrastrutture. Questi areali individuano le superfici all'interno delle quali è possibile considerare che si concentrino disturbi di vario tipo (es. rumore, inquinamento delle acque e dei suoli, sviluppo di vegetazione alloctona, degrado di habitat, ecc.) che possono incidere negativamente sulla potenzialità di erogazione dei SE da parte degli ecosistemi. Le ampiezze dei buffer di interferenza sono tratte da Forman (2002).
- *Verifica dell'incidenza delle aree sottoposte a dissesti attivi.* Dissesti, frane, smottamenti, superfici in erosione, sono chiara evidenza della mancanza o dell'inefficacia degli ecosistemi terrestri di erogare SE di Controllo dell'erosione. Per affinare le valutazioni dei SE, è stato considerato questo aspetto, riducendo, fino ad annullare, i valori di erogazione potenziale del SE Controllo dell'erosione per le tipologie di uso del suolo che insistono su tali aree.
- *Analisi della tipologia di gestione delle aree boscate.* I boschi sono tra le tipologie di ecosistemi in grado di erogare il maggior numero di SE di regolazione (confronta anche matrice di Burkhard et al. 2014). Ad influenzare la potenzialità di erogazione di tali servizi gioca un ruolo fondamentale la modalità di gestione forestale (es. Ceduo, fustaia, non governati, in abbandono). Tali aspetti sono stati tenuti in considerazione ai fini della valutazione della capacità potenziale di erogazione dei SE di Controllo dell'erosione e dei Prodotti delle foreste.
- *Tipo di suolo, tipo di copertura vegetale e profondità della falda.* Si tratta di tre aspetti che incidono direttamente sui SE Regolazione del Ciclo dell'Acque

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

e a Purificazione dell'acqua (in questo caso dell'acqua di falda). Maggiore è la distanza tra il piano di campagna e la falda e più fine è la tessitura del suolo, maggiore sarà l'efficacia di rimozione chimica e meccanica degli inquinanti ad opera del terreno durante i processi di percolazione delle acque fino alla falda. Non solo, ma la presenza di una copertura naturale in superficie (come arbusteti, bosco, prati naturali, o filari in corrispondenza delle rogge) può contribuire ulteriormente a svolgere un ruolo positivo in termini di miglioramento della qualità delle acque, grazie alla funzione di fitodepurazione operata dalle radici nei confronti di eventuali inquinanti presenti nelle acque.

- **Analisi della Biopotenzialità Territoriale.** Permette di individuare le aree dove le funzioni della vegetazione al fine dell'equilibrio degli ecosistemi e del mosaico paesistico ambientale sono maggiormente conservate. Per questa elaborazione è utilizzato l'Indicatore Biopotenzialità Territoriale che, basandosi su una serie di parametri propri del metabolismo dell'ecosistema vegetale (quantità di biomassa vegetale prodotta attraverso la fotosintesi, produttività primaria lorda e respirazione della vegetazione di un'unità ecosistemica rapportati al valore massimo teorico di quel tipo di ecosistema), tiene conto sia dell'energia latente accumulata (biomassa), sia della capacità di resistenza/resilienza dell'unità stessa (rapporti tra respirazione e produttività primaria e tra respirazione e biomassa che dipendono dallo stato più o meno maturo, più o meno degradato, dell'unità ecosistemica osservata).

Le mappe di erogazione potenziale dei SE sono utili per individuare quali sono e come si distribuiscono le forniture di SE che caratterizzano l'offerta nelle UPA. Rappresentano i valori potenziali di fornitura del SE di ogni singola tipologia ambientale, restituendo una valutazione sintetica delle porzioni discrete di territorio costituite da un mosaico di diverse tipologie ambientali.

La mappatura dei SE è seguita dalla valutazione di scarsità e di abbondanze dei SE in ogni AP. Tale valutazione è finalizzata a definire per ogni AP, i SE prioritari e l'importanza relativa ai fini degli equilibri paesistico-ambientali.

Si precisa inoltre che la mappatura della potenzialità di erogazione dei SE, sono estese anche ad una fascia esterna al confine dell'ambito di inquadramento, in modo da verificare la continuità e la distribuzione dei SE in sistemi ambientali che necessariamente devono essere considerati funzionalmente contigui (con riferimento specifico alle valli fluviali o ai boschi).

## Elaborazioni intermedie preliminari alla mappatura dei Servizi Ecosistemici

Le elaborazioni intermedie sono state sviluppate utilizzando e rielaborando i dati di base presentati nell'allegato 1.

### Mapa delle pendenze

#### *Perché?*

Come specificato in precedenza, la variabile "pendenza" può incidere in maniera significativa rispetto all'erogazione potenziale di certe tipologie di SE. Rispetto ai SE di approvvigionamento, ad esempio, la pendenza elevata rende più difficoltose le lavorazioni del terreno, incide sull'erosione di suolo e dunque sulla fertilità, può incidere sull'esposizione degli appezzamenti modificandone la produttività nonché sulla possibilità che il seme possa essere perso perché portato a valle a seguito di eventi piovosi, ecc. Questi fattori all'interno delle valutazioni sono tenuti in considerazione attraverso una riduzione del punteggio qualitativo associato agli usi del suolo che sono interessati nei confronti dell'erogazione del SE "prodotti dell'agricoltura".

Allo stesso modo anche alcuni SE di regolazione possono essere influenzati dalla pendenza. Si pensi ad esempio al fenomeno dell'erosione i cui effetti tendono ed essere amplificati all'aumentare della pendenza, o alla possibilità dell'acqua di infiltrarsi e quindi incidere sul SE di regolazione del ciclo dell'acqua.



# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Per questi motivi, al fine di valutare l'incidenza della variabile pendenza rispetto all'erogazione potenziale di SE, è stata costruita in ambiente GIS una mappa delle pendenze sulla base della quale sono state identificate 3 classi qualitative:

- 1) Bassa pendenza: da 0° a 6°
- 2) Media pendenza: da 7° a 13°
- 3) Alta pendenza: oltre i 14°

## Quali dati?

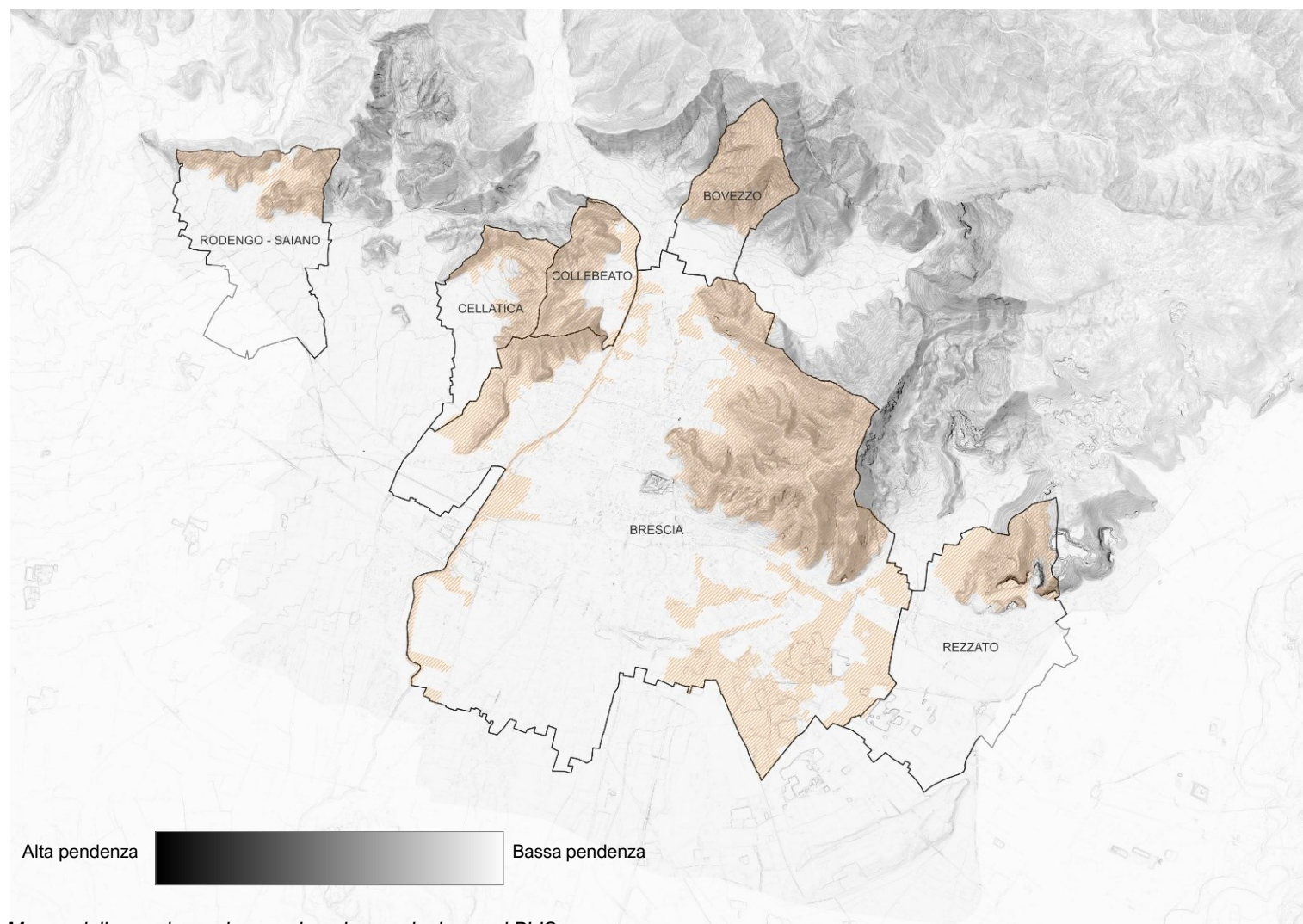
Il dato di partenza è rappresentato dalla mappa raster del Modello digitale del terreno, ottenuto dal Geoportale nazionale (dettaglio celle 40m). Ai fini delle presenti analisi, il dettaglio del dato è stato ritenuto sufficiente in considerazione dell'andamento graduale delle morfologie del paesaggio degli AP, anche in relazione agli ambienti di collina, che generalmente non presentano estese conformazioni caratterizzate da repentini cambi di pendenza (come invece potrebbe avvenire in ambiente appenninico di montagna).

## Quali elaborazioni e risultati?

A partire dal dato della quota associato ad ogni pixel del modello digitale del terreno (DEM, in formato *raster* scaricato dal geoportale nazionale), in ambiente GIS è stato possibile ricavare una mappa delle pendenze (valori espressi in °). La mappa così ottenuta è stata vettorializzata al fine di poterla incrociare con la mappa dell'uso del suolo.

I valori unitari di pendenza sono stati accorpati in tre classi afferenti a pendenza alta, media, bassa.

La rappresentazione cartografica delle pendenze è la seguente.



Mapa delle pendenze, in arancione le aree incluse nel PLIS

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## Elaborazione degli areali di interferenza

### Perché?

La dispersione insediativa e la diffusione delle infrastrutture incrementano la vulnerabilità dei sistemi paesistico-ambientali, interferendo con gli aspetti ecologici, percettivi, sociali ed economici, aumentandone la frammentazione complessiva. La frammentazione riduce la possibilità di utilizzo dei frammenti risultanti, dunque sui Servizi Ecosistemici erogabili dal suolo e dall'acqua, sulla biodiversità e sulle relazioni proprie dei sistemi paesistico-ambientali.

Gli effetti di tali interferenze non si limitano alla semplice sottrazione di spazio fisico occupato dalla superficie degli elementi costruiti (insediamenti ed infrastrutture), ma si estendono ad aree più ampie, all'interno delle quali l'efficacia di erogazione di Servizi da parte degli ecosistemi depotenziati, si riduce.

### Quali dati?

I dati utilizzati per individuare le superfici costruite (che corrispondono all'occupazione di suolo impermeabilizzato per via dell'edificato e delle infrastrutture) sono tratti principalmente dalla Carta dell'uso del suolo (modificata ed integrata come descritto in precedenza).

La Carta dell'uso del suolo riporta un dato areale che corrisponde, con una buona approssimazione, ai sedimi rilevati, quindi all'occupazione reale degli elementi afferenti agli insediamenti, meno per quanto riguarda le infrastrutture stradali.

Le superfici interferite, sono disegnate in ambiente GIS, generando Buffer di larghezza variabile intorno alle **infrastrutture stradali** e agli **insediamenti**.

L'ampiezza dei buffer è cruciale, ed è definita sulla base di alcuni riferimenti bibliografici.

- **per i buffer di interferenza tra edifici** e il loro contesto, non si sono considerati gli impatti diretti come nel caso delle strade, ma l'effetto indiretto legato alla perdita di funzioni ecosistemiche, anche potenziali, nei territori circostanti interferiti.

Infatti i buffer rappresentano le aree minime vitali al di sotto delle quali la frammentazione di habitat, aree coltivate o spazi diversamente utilizzabili perdono le proprie funzionalità all'interno dell'ambito considerato. In particolare, si considera l'estensione di **1 ettaro di territorio** interposto tra edifici, come **area minima vitale in termini di habitat per l'avifauna** (Dinetti, 2004) e come **lotto minimo vitale in termini di permanenza dell'attività agricola periurbana a rischio di edificazione** (Gibelli et. Al, 2002). Si sono poi individuate le estensioni dei Inoltre si è tenuto conto della presenza di diverse realtà in cui le norme urbanistiche comunali pongono la misura di 50 m come distanza minima tra un edificio isolato e un altro. Aspetti ecologici, agricoli e urbanistici sembrano convergere quindi su una misura di **50 m** circostante gli edifici sparsi, per definire **fasce di territorio in cui i servizi ecosistemici sono limitati o in cui il sottoutilizzo costituisce una minaccia effettiva**.

- le estensioni dei buffer di **interferenza delle infrastrutture stradali** sono definite a partire da bibliografici in particolare Forman (Forman, R. T. T. et al., 2003, *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington DC). Tali superfici rappresentano le aree di concentrazione e ricaduta dei principali impatti e disturbi – quali contaminazioni del suolo e delle acque prodotti dai residui di asfalto e di gomma, sale, piombo ecc. fall out da particolato, disturbi alla fauna terrestre, moltiplicazione della vegetazione infestante, diffusione di specie aliene (tra cui insetti nocivi per le coltivazioni) e modifiche al microclima.

Tali riferimenti sono stati utilizzati anche a livello regionale nelle analisi svolte per la VAS del nuovo Piano Territoriale Regione (PTR) comprensivo del nuovo Piano Paesaggistico Regionale (PPR), con l'indicatore **INDICE DI COMPROMISSIONE PAESAGGISTICA**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> PTR-PPR oggetto di presa d'Atto della Giunta Regionale con Delibera n.7170 del 17 ottobre 2022

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## Quali elaborazioni e risultati?

L'uso del suolo riporta un dato areale che corrisponde, con una buona approssimazione, ai sedimi rilevati, quindi all'occupazione reale degli elementi afferenti alle **agli insediamenti, ma non alle infrastrutture stradali**. Sono pertanto necessarie alcune operazioni preliminari.

Si procederà all'estrazione degli strati relativi agli insediamenti dalla carta di uso del suolo. A questo punto si generano i buffer di interferenza attorno agli insediamenti, ad esclusione delle cascine e degli insediamenti produttivi agricoli<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda le infrastrutture queste sono considerate solo per la parte esterna ai sedimi degli insediamenti sopra elencati.

Le infrastrutture sono costruite a partire dal grafo della rete infrastrutturale regionale lineare e sono trasformate in poligoni in coerenza con la gerarchia stradale. Sono poi applicati i buffer di disturbo.

La tabelle a fianco riepilogano:

- i dati di partenza e le ampiezze dei buffer applicati agli insediamenti, i riferimenti sono tratti dal Rapporto Ambientale per la VAS del PTR-PPR.
- i dati di partenza (le ampiezze stimate per costruire i sedimi) e le ampiezze dei buffer applicati.

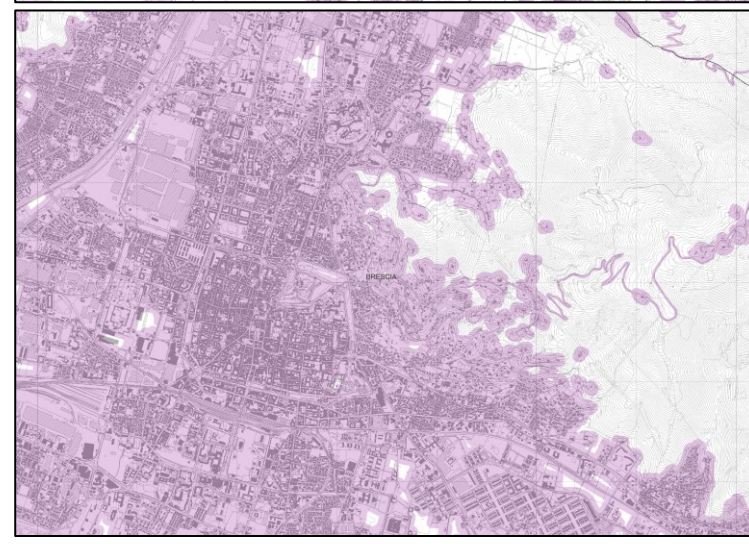
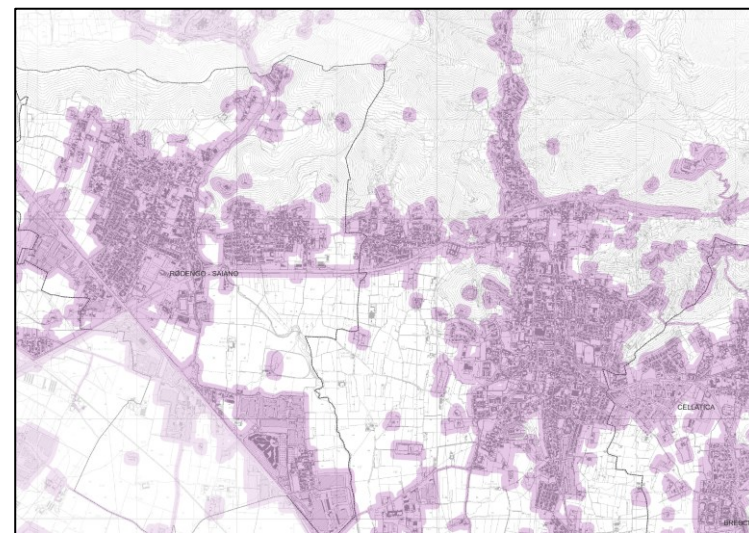
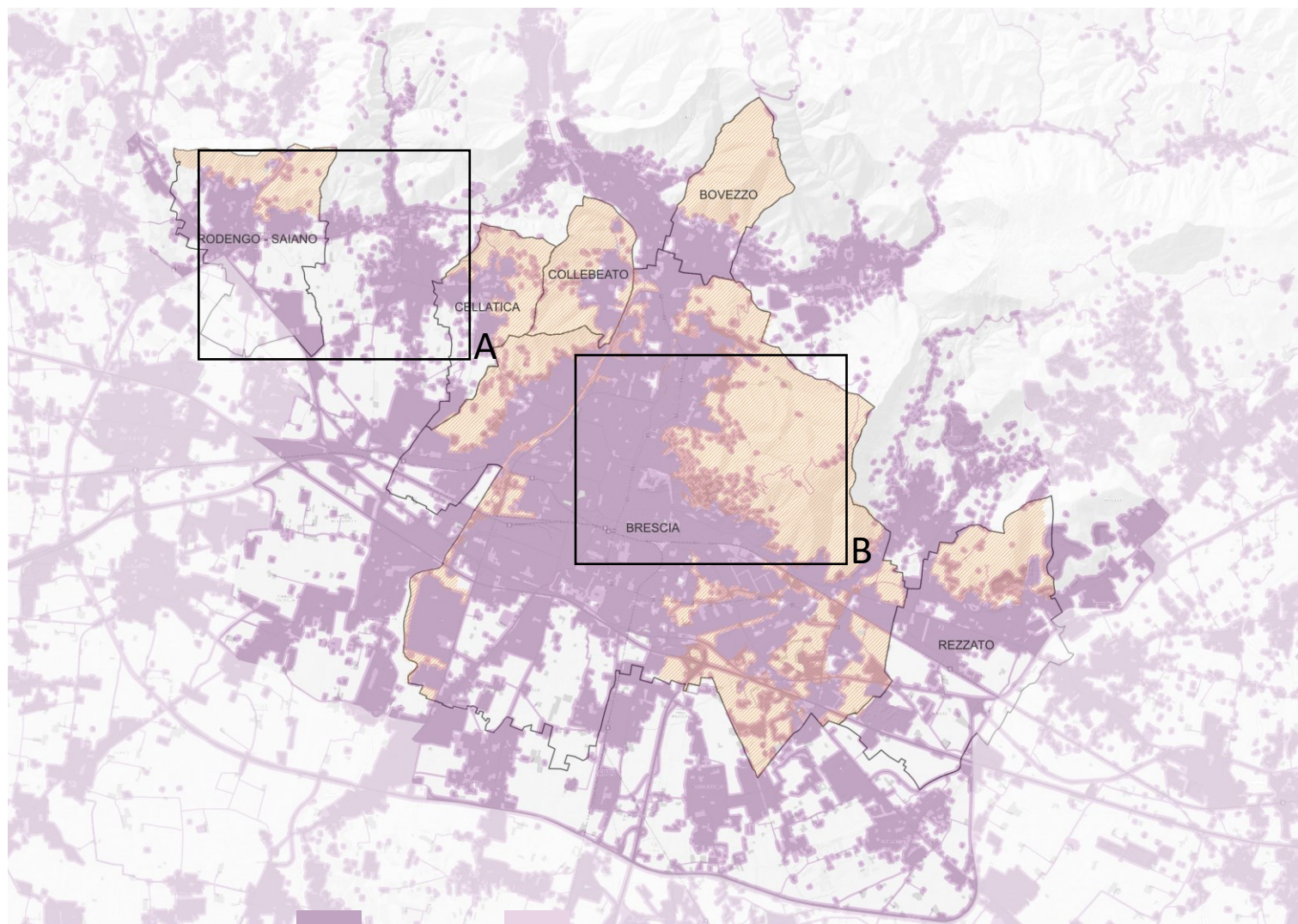
<sup>2</sup> Alle cascine e agli insediamenti agricoli non viene applicato il buffer per la stima della superficie interferita. Si considera che essi costituiscono un elemento di presidio e organizzazione dei paesaggi agricoli in cui sono inseriti e dunque non costituiscono un elemento di disturbo

INSEDIAMENTI		
Usi del suolo	Superficie costruita (utilizzata)	Buffer per la stima della superficie interferita
Aeroporti ed eliporti	<i>Estensioni tratte dall'elaborazione effettuata sui poligoni relativi estratti dall'Uso del suolo</i>	50 metri
Aree portuali		50 metri
Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda		50 metri
Campeggi e strutture turistiche e ricettive		50 metri
Cantieri		50 metri
Cascine		NO BUFFER
Cave		50 metri
Cimiteri		50 metri
Discariche		50 metri
Impianti di servizi pubblici e privati		50 metri
Impianti sportivi		50 metri
Impianti tecnologici		50 metri
Insedimenti industriali, artigianali, commerciali		50 metri
Insedimenti ospedalieri		50 metri
Insedimenti produttivi agricoli		NO BUFFER
Parchi divertimento		50 metri
Reti ferroviarie e spazi accessori		50 metri
Reti stradali e spazi accessori		50 metri
Tessuto residenziale continuo mediamente denso		50 metri
Tessuto residenziale denso		
Tessuto residenziale discontinuo		
Tessuto residenziale rado e nucleiforme		
Tessuto residenziale sparso		

INFRASTRUTTURE (esterne ai sedimi degli insediamenti)		
Tipo strada dal grafo della rete infrastrutturale (viabilità)	Superficie costruita (utilizzata)	Buffer per la stima della superficie interferita
Autostrada	40 metri (A4/A8/A9) 30 metri altre autostrade	50 metri
Strada statale	10 metri	30 metri
Strada provinciale	6 metri	20 metri
Strada comunale	4 metri	10 metri

Le immagini che seguono riportano la rappresentazione grafica dell'elaborazione sopra descritta.

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI



Mapa delle superfici costruite

e interferite

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

La dispersione insediativa si manifesta prevalentemente in ambito periurbano, ove sovente si assiste alla diffusione della città sui terreni agricoli periferici (vedi stralcio di ingrandimento riportato nell'immagine), in modo indifferente alle "regole" non scritte dei paesaggi. Ciò comporta nel tempo la trasformazione di spazi aperti (rurali) in aree edificate, urbanizzate e, contestualmente, produce aree "di risulta" più o meno evidenti, sottoutilizzate, degradate, a rischio di nuove trasformazioni e un "bisogno" di nuovi servizi e infrastrutture. Tale modalità distributiva degli insediamenti aumenta notevolmente gli effetti del consumo di suolo, intaccando superfici molto maggiori rispetto a quelle effettivamente occupate.

Più ampia è la superficie complessiva dei buffer di interferenza, maggiore è la quantità di territorio soggetto a un depotenziamento delle proprie funzioni ecologiche.

È opportuno precisare che la significatività dei buffer varia in funzione del modello insediativo delle aree di analisi. Infatti, i sistemi paesistico ambientali di tipo rurale sono strutturalmente connotati da piccoli nuclei urbani e da insediamenti rurali diffusi nel territorio. In questi ambiti è normale che gli edifici interagiscano direttamente con il territorio circostante di cui sono elementi di presidio. Pertanto, la percentuale di territorio occupata dai buffer è in genere elevata, senza rappresentare un problema.

Diverso è il caso delle aree caratterizzate da modelli insediativi di tipo suburbano o periurbano. In tali ambiti, una presenza elevata di territorio occupata dai buffer è indicatrice di urbanizzazione diffusa e spreco di suolo, in quanto gli edifici non sono parte attiva dello sviluppo dei paesaggi rurali. Al contrario la presenza insediativa nei paesaggi rurali genera frammentazione, interferenze o, addirittura, conflitti.

## Analisi del tipo di gestione forestale

### Perché?

Il tipo di governo (o non governo) del bosco può incidere sulla capacità di erogare determinati SE di regolazione e di approvvigionamento da parte degli ecosistemi forestali.

Si pensi ad esempio al SE dei Prodotti delle foreste. Questo è erogato esclusivamente dai boschi effettivamente gestiti, mentre per le superfici forestali non governate o abbandonate, tale servizio ad oggi non risulta erogato. Inoltre, in linea generale, nel tempo breve, è possibile considerare una maggiore produttività per quanto riguarda i boschi cedui, piuttosto che i boschi governati a fustaia.

Anche nei confronti di un SE di regolazione, come il Controllo dell'erosione, questa variabile può incidere in maniera significativa. Si pensi ad esempio ai boschi che vanno incontro a processi di abbandono: vengono a mancare i presidi, dunque l'equilibrio che deriva dalla gestione si perde e finché non si evolve un nuovo equilibrio naturale, si possono generare erosioni e smottamenti dovuti alla mancata regolazione dell'acqua da parte dell'uomo.

Per questo motivo, alcune tipologie forestali sono state integrate di questa informazione che ha permesso di affinare le valutazioni di tali SE.

### Quali dati?

I dati utilizzati per l'integrazione nelle analisi della potenzialità di erogazione dei SE in relazione al tipo di governo dei boschi sono:

- Uso del suolo
- Mappe del Piano di Indirizzo Forestale, *Carta di governo del bosco* disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia.

### Quali elaborazioni e risultati?

Si è proceduto a incrociare le superfici boscate, così come identificate all'interno della mappa dell'uso del suolo, con le informazioni sul tipo di gestione (o non gestione) forestale contenute all'interno delle carte forestali del PIF.

### Modalità di integrazione tra informazioni dell'uso del suolo e PIF

Informazione DUSAF (copertura) <small>Geoportale Regione Lombardia</small>	Informazione PIF (governo del bosco) <small>Geoportale Regione Lombardia</small>
Boschi di latifoglie	cedui in trasformazione
Boschi di latifoglie	cedui
Boschi di latifoglie	ad alto fusto
Boschi misti	cedui
Boschi misti	ad alto fusto
Boschi di conifere	ad alto fusto
Castagneti da frutto <small>fonte: DUSAF 6 2018 integrato da SIARL</small>	cedui in trasformazione
Castagneti da frutto <small>fonte: DUSAF 6 2018 integrato da SIARL</small>	cedui
Castagneti da frutto <small>fonte: DUSAF 6 2018 integrato da SIARL</small>	ad alto fusto
/	Boschi non gestiti

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Ai fini delle presenti analisi, le categorie individuate all'interno delle carte forestali provinciali sono state accorpate in tre classi:

- Ceduo, contrassegnato nella mappa che segue con il colore verde sovrapposto a retino giallo;



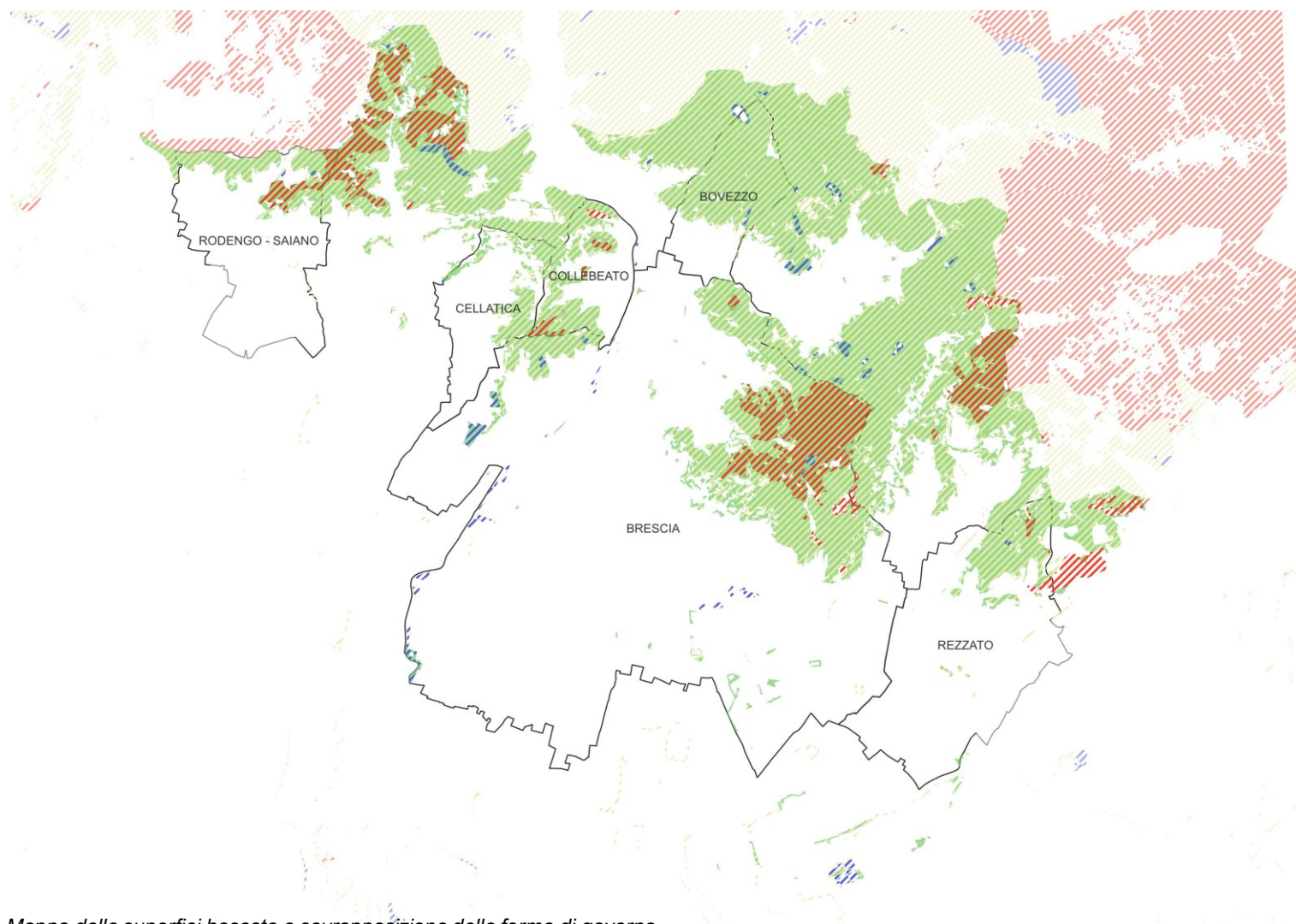
- Fustaia, contrassegnato nella mappa che segue con il colore verde sovrapposto a retino blu;



- non governato/in abbandono/altre dinamiche evolutive non controllate, contrassegnato nella mappa che segue con il colore verde sovrapposto a retino rosso.



La rappresentazione cartografica è la seguente.



Mapa delle superfici boscate e sovrapposizione delle forme di governo

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Per confronto tra la Carta dell'uso del suolo e le carte forestali, sono state riscontrate alcune superfici boscate in eccedenza. Tali superfici possono essere considerate all'interno delle dinamiche di avanzamento delle aree boscate in altre superfici (generalmente in precedenza agricole di collina).

Come tali, ai fini delle presenti analisi, sono state ricondotte alla categoria del bosco non governato.

Queste informazioni sono servite per modificare puntualmente i punteggi qualitativi di alcune tipologie di SE associate ai boschi. In particolare, rispetto alla matrice di Burkhard, si è proceduto a:

- Annullare (valore 0) il SE dei Prodotti delle foreste per tutte quelle tipologie di boschi classificati come non gestiti/in abbandono/soggetti ad altre dinamiche evolutive non controllate
- Incrementare di 1 punto il valore qualitativo associato al SE dei Prodotti delle foreste per tutti i boschi di latifoglie gestiti a ceduo (relativamente ai boschi governati a fustaia si mantengono i valori riportati nella matrice di Burkhard).
- Con riferimento al SE controllo dell'erosione, per i boschi governati a ceduo sulle superfici a pendenza media ed alta, i punteggi qualitativi sono abbassati di un punto. Operazione analoga per i boschi non governati/ in abbandono/soggetti ad altre dinamiche evolutive non controllate, considerando la mancanza di un presidio dei versanti.

## Mappatura dei dissesti attivi

### Perché?

Per un affinamento della valutazione del SE Controllo dell'erosione, si è proceduto ad integrare alcune informazioni desumibili dalla carta dell'Inventario delle frane della regione Lombardia.

In particolare, sono state selezionate le frane attive. Queste rappresentano un esempio evidente e tangibile dell'inefficacia (almeno parziale) degli ecosistemi nello svolgere il SE di Controllo dell'erosione, indipendentemente da altre variabili quali la pendenza, il tipo di substrato, il tipo di copertura del suolo, ecc.

### Quali dati?

I dati utilizzati per l'integrazione nelle analisi della potenzialità di erogazione del SE Controllo dell'erosione in relazione alla presenza di dissesti attivi sono:

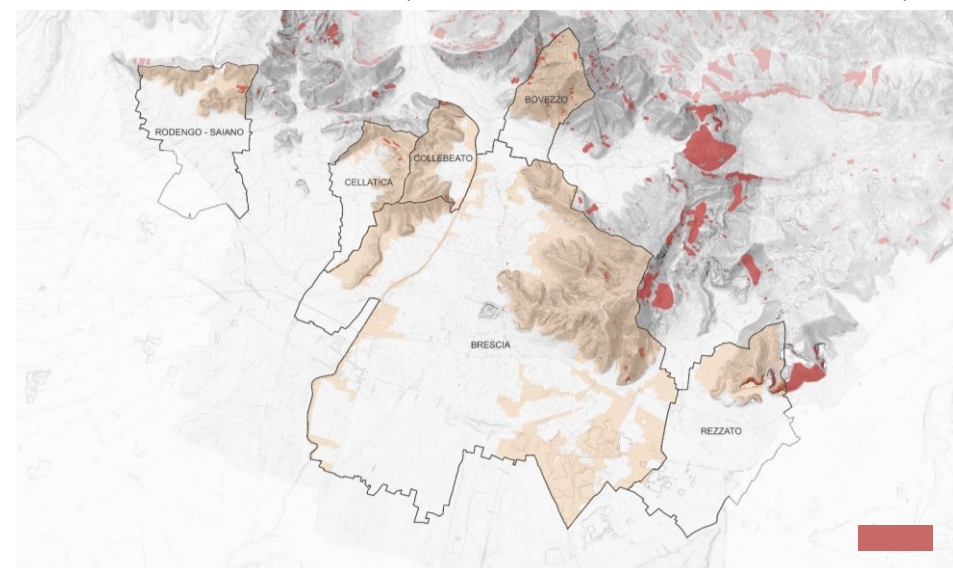
- Inventario delle frane della regione Lombardia – Frane Attive

### Quali elaborazioni e risultati?

A partire dalla mappa dell'inventario dei dissesti, sono state selezionate solo quelle categorie afferenti a dissesti attivi. Non sono stati considerati i dissesti stabilizzati, quiescenti o antichi dove invece la copertura del suolo vegetata, può aver contribuito alla stabilizzazione del dissesto e controllo dell'erosione.

A tutte le superfici e tipologie di uso del suolo desunte dalla Carta dell'uso del suolo che interessano le aree di dissesto attivo, si è proceduto ad attribuire un punteggio 0 (non erogato) al SE di Controllo dell'erosione.

Di seguito un'immagine relativa alla mappa dei dissesti attivi (in rosso) all'interno dell'ambito di inquadramento (in arancione le aree ricadenti nei PLIS).



# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## Tipo di suolo, tipo di copertura vegetale e profondità della falda

### Perché?

Ragionando sul tema della qualità della risorsa idrica, non è sufficiente concentrarsi sulla sola acqua superficiale, ma è necessario prendere in considerazione anche l'acqua che "non si vede" ovvero quella di falda. Le diverse tipologie di ecosistemi, il tipo di suolo e la sua tessitura e la profondità della falda sono tutti aspetti che possono incidere sul miglioramento o meno della qualità delle acque di falda (e quindi incidere sul SE Purificazione dell'acqua).

### Quali dati?

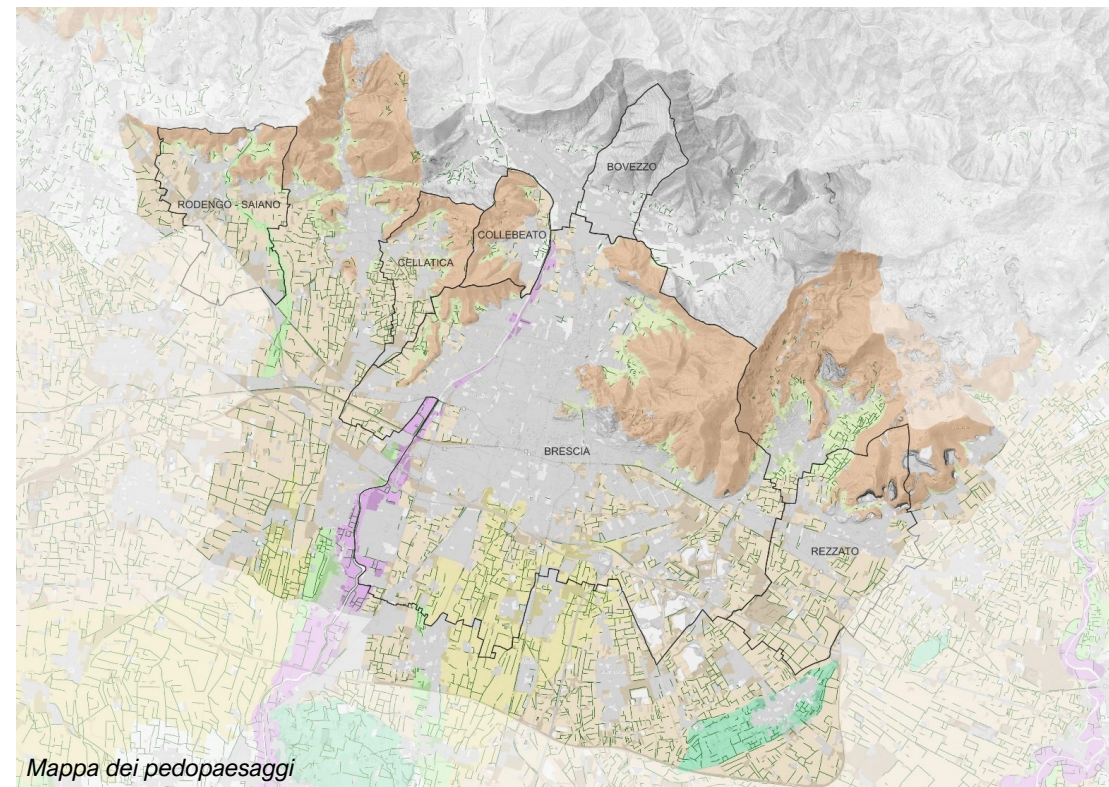
I dati utilizzati per affinare la stima del SE Purificazione dell'acqua (in relazione all'acqua di falda) sono quelli contenuti nella carta Pedologica, in particolare è stato utilizzato lo strato informativo relativo ai *Pedopaesaggi* in quanto fornisce una sintesi delle caratteristiche pedologiche e morfologiche del terreno che incidono sul ciclo complessivo delle acque e sulle funzioni idrologiche.

Di seguito si riporta la mappa che riporta la distribuzione dei pedopaesaggi nell'ambito di inquadramento e l'estratto della legenda che li descrive e dalle quali sono assunte le variabili considerate per integrare la valutazione della capacità di erogare i SE in esame.

Sono presi in considerazione i seguenti parametri:

- morfologia, ivi comprese le convessità del livello fondamentale della pianura che incidono sul naturale scorrimento superficiale delle acque,
- petrosità superficiale,
- idromorfismo.

Le informazioni contenute sono state incrociate con quelle della Carta dell'uso del suolo, come meglio specificato di seguito.



Mapa dei pedopaesaggi

Pedologia: Pedopaesaggi

- Ampie conoidi ghiaiose a morfologia subpianeggiante o leggermente convessa, costituite da materiali fluvioglaciali grossolani non alterati, comprese tra le superfici rilevate ed il limite superiore della fascia delle risorgive ("alta pianura ghiaiosa").
- Fondivalle montani di origine alluvionale, comprendenti le superfici di raccordo (di origine colluviale) con i versanti limitrofi, in cui trovano ampia diffusione le colture agrarie.
- Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti o attuali (Olocene recente o attuale).
- Piano basale (fascia fitoclimatica del "Castanetum"), ubicato a quote inferiori ai 700 m. Comprende l'orizzonte submediterraneo con sclerofille e l'orizzonte submontano con boschi di latifoglie eliofile.
- Porzione centrale di pianura con intensi fenomeni di idromorfia, riconducibili all'emergenza delle risorgive e/o alla presenza di una falda sottosuperficiale, caratterizzate da variabile presenza di scheletro nel suolo e di petrosità in superficie.
- Superfici terrazzate costituite da "alluvioni antiche o medie", delimitate da scarpate di erosione e variamente rilevate sulle piane alluvionali (Olocene antico).
- Terrazzi superiori o "pianalti mindeliani" più rilevati delle altre superfici terrazzate, costituiti da materiali fluvioglaciali grossolani, molto alterati, spesso ricoperti da sedimenti eolici e/o colluviali, diffusi paleosuoli con orizzonti a fragipan



# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## *Quali elaborazioni e risultati?*

Al fine di affinare i punteggi qualitativi attribuiti agli ecosistemi naturali in riferimento al SE Purificazione dell'acqua e Regolazione del Ciclo dell'Acqua, si è proceduto come segue:

- Sono state selezionate dalla mappa i Pedopaesaggi che individuano le porzioni di territorio che presentano maggiori interazioni con la matrice acqua. In queste aree si può considerare che il potenziale ruolo svolto dagli ecosistemi naturali/paranaturali nel migliorare la qualità delle acque che si infiltrano risulti più importante che altrove.
- Sono state selezionate dalla Carta dell'uso del suolo tutte le voci afferenti ad ecosistemi naturali/paranaturali, ivi compresi i filari posti lungo il reticolo minore rappresentati nella mappa dei Pedopaesaggi, che possono effettivamente svolgere un ruolo positivo nei confronti del miglioramento della qualità delle acque (attraverso i processi di fitodepurazione). Non sono state considerate invece le aree coltivate e le aree interessate da insediamenti ed infrastrutture che in questi termini, potrebbero rappresentare una potenziale pressione rispetto all'apporto di inquinanti in falda.

Infine, per le sole voci afferenti agli ecosistemi naturali/paranaturali ricadenti all'interno delle aree più vulnerabili, si è proceduto ad innalzare di 1 punto il valore qualitativo attribuito al SE Purificazione delle acque rispetto a quelli indicati nella matrice di Burkhard

## **Analisi della Biopotenzialità Territoriale**

### *Perché?*

La Biopotenzialità territoriale, o capacità biologica del territorio, è una grandezza funzione del metabolismo degli ecosistemi presenti in un certo territorio e delle capacità omeostatiche e omeoretiche (di auto/ri-equilibrio) degli stessi. È legata alla vegetazione sia in relazione alla sua capacità di trasformare in biomassa l'energia solare, sia in quanto componente funzionale del mosaico ambientale. Rappresenta l'energia latente che un sistema ecologico è in grado di esprimere (Ingegnoli & Giglio,

2005) ed è espressa in Mcal/ m<sup>2</sup>/anno.

In pratica la Btc, basandosi su una serie di parametri propri del metabolismo dell'ecosistema vegetale (quantità di biomassa vegetale prodotta attraverso la fotosintesi, produttività primaria lorda e respirazione della vegetazione di un'unità ecosistemica rapportati al valore massimo teorico di quel tipo di ecosistema), tiene conto sia dell'energia latente accumulata (biomassa), sia della capacità di resistenza/resilienza dell'unità stessa (rapporti tra respirazione e produttività primaria e tra respirazione e biomassa che dipendono dallo stato più o meno maturo, più o meno degradato, dell'unità ecosistemica osservata).

Si tratta di una grandezza che sintetizza le funzioni della vegetazione al fine dell'equilibrio degli ecosistemi e, se applicata agli elementi che costituiscono un mosaico ambientale, è utilizzabile come indice per:

- fornire una prima approssimazione dello stock dei Servizi Ecosistemici di regolazione di un determinato territorio,
- aiutare a definire il "ruolo" territoriale dei diversi ambiti territoriali inclusi in un'area geografica, in base ai rapporti reciproci tra le Btc degli Habitat Umani (Btc Hu) e quelle degli Habitat Naturali (Btc Hn),
- stimare il grado di stabilità delle Aree studio, le loro tendenze evolutive e gli effetti di eventuali trasformazioni. Applicando l'indicatore a tutto il territorio considerato, e separatamente, agli ambiti squisitamente antropici (Btc Hu) o naturali (Btc Hn), è possibile confrontare Btc dell'habitat umano e dell'habitat naturale, per comprendere il "peso" reciproco dei due tipi di ambienti,
- stimare il deficit biologico indotto da una trasformazione o il grado di depauperamento delle risorse ambientali attraverso il confronto tra soglie temporali.

### *Quali dati?*

I dati utilizzati sono quelli tratti dalla mappa dell'uso del suolo con riferimento agli usi che riguardano le coperture afferenti gli agroecosistemi, ecosistemi naturali e paranaturali e gli idroecosistemi.

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Tali riferimenti sono stati utilizzati anche a livello regionale nelle analisi svolte per la VAS del nuovo Piano Territoriale Regione (PTR) comprensivo del nuovo Piano Paesaggistico Regionale (PPR), con l'indicatore *BIOPOTENZIALITÀ TERRITORIALE*<sup>3</sup>.

## Quali elaborazioni e risultati?

Ad ogni tipologia di uso del suolo presente in un certo territorio è associabile un valore unitario di Btc che, moltiplicato per la superficie occupata dall'elemento stesso, fornisce il valore di Btc di quell'elemento: la sommatoria delle Btc di tutti gli elementi presenti, divisa per la superficie dell'ambito considerato, fornisce la Btc media di quell'ambito<sup>4</sup>.

Ingegnoli (Ingegnoli V., 1993) (Ingegnoli V. G. E., 2005) (Ingegnoli, 2002), a valle di una serie di conteggi ad hoc, ha prodotto i dati di base per il calcolo speditivo della Btc, tra cui i massimi e minimi dei valori unitari attribuibili ai più diffusi tipi di ecosistemi vegetali. Tali dati sono utilizzabili, a scala vasta, per l'attribuzione dei valori unitari di Btc alle tipologie di uso del suolo

La tabella che segue riporta i valori unitari di BTC attribuiti ad ogni tipologia di uso del suolo, i riferimenti sono tratti dal Rapporto Ambientale per la VAS del PTR-PPR.

<sup>3</sup> PTR-PPR oggetto di presa d'Atto della Giunta Regionale con Delibera n.7170 del 17 ottobre 2022

<sup>4</sup> Si consideri che il valore non è fisso, ma oscilla entro certe soglie limite non solo dipendentemente dal tipo di ecosistema, ma anche dal suo stato di salute, dal suo livello evolutivo, dalle dimensioni e da eventuali fattori limitanti che ne possono inficiare l'evoluzione. Ad esempio, una faggeta matura ha un valore di Btc media superiore a quello di una faggeta in stadio giovanile. E l'attribuzione sbagliata può originare errori nel conteggio totale.

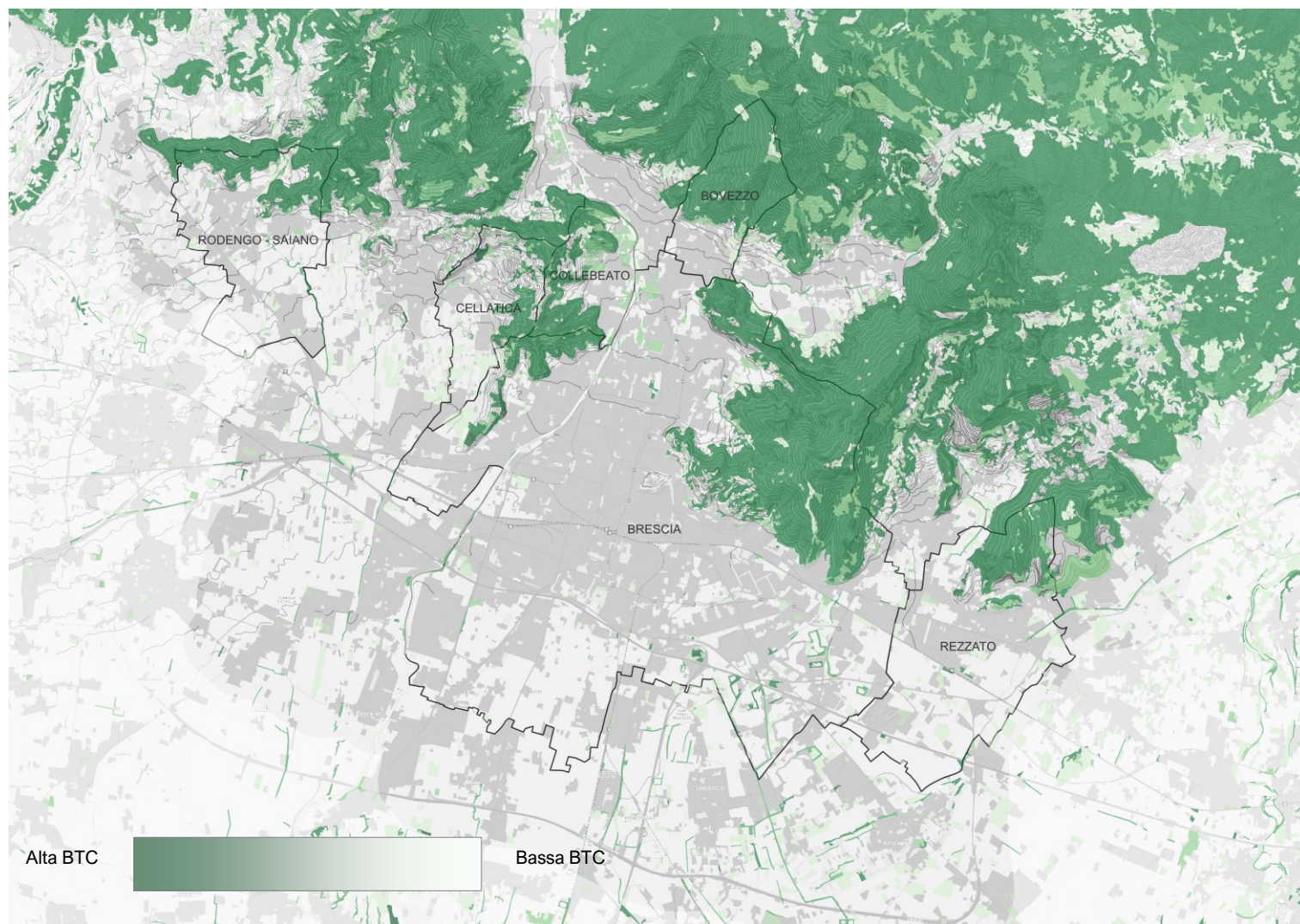
USI DEL SUOLO (elementi del sistema urbano)	Valori di Btc (Mca)/m2/anno
Aree portuali, cantieri	0
Aree degradate non utilizzate e non vegetate, Impianti tecnologici, Insediamenti industriali, artigianali, commerciali, Reti stradali e spazi accessori, Tessuto residenziale denso	0,2
Aeroporti ed eliporti, Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda, Cave, Discariche, Impianti di servizi pubblici e privati, Insediamenti ospedalieri, Parchi divertimento, Tessuto residenziale continuo mediamente denso, Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0,4
Campeggi e strutture turistiche e ricettive, Impianti sportivi, Reti ferroviarie e spazi accessori	0,5
Aree militari obliterate, Bacini idrici artificiali, Tessuto residenziale discontinuo, Cimiteri	0,6
Tessuto residenziale sparso, Aree archeologiche	0,7
Parchi e giardini	2,5
USI DEL SUOLO (elementi del sistema agricolo)	Valori di Btc (Mca)/m2/anno
Insediamenti produttivi agricoli,	0,2
Colture floreo-vivaistiche protette, Colture orticole protette	0,4
Cascine	0,5
Seminativi semplici	1
Colture orticole a pieno campo, Risaie	1,2
Seminativi arborati	1,5
Cespuglieti in aree di agricole abbandonate, Colture floreo-vivaistiche a pieno campo, Orti familiari	1,6
Vigneti	1,8
Frutteti e frutti minori, Marcite, Rimboschimenti recenti	2
Altre legnose agrarie, Oliveti, Pioppeti	2,5
Castagneti da frutto	4,5
USI DEL SUOLO (ecosistemi para-naturali)	Valori di Btc (Mca)/m2/anno
Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione, Ghiacciai e nevi perenni	0,3
Praterie naturali d'alta quota assenza di specie arboree ed arbustive	0,6
Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali, Bacini idrici naturali, Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive, Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi	0,8
Aree verdi incolte, Vegetazione degli argini sopraelevati, Vegetazione dei greti	1
Vegetazione rada	1,2
Praterie naturali d'alta quota con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	1,6
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	2
Cespuglieti	2,5
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	3
Boschi di conifere a densità bassa, Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo, Boschi misti a densità bassa governati a ceduo, Formazioni ripariali	3,5
Boschi misti a densità media e alta governati a ceduo, Boschi di latifoglie a densità bassa ad alto fusto, Boschi misti a densità bassa ad alto fusto	4
Boschi di conifere a densità media e alta, Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	4,5
Boschi misti a densità media e alta ad alto fusto	5
Boschi di latifoglie a densità media e alta ad alto fusto	5,5
Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere	6

# METODI PER LA MAPPATURA DELLE POTENZIALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

Per l'indagine relativa al SE di Supporto sono estratti gli usi del suolo che costituiscono gli ecosistemi naturali, il sistema agricolo e i Parchi e giardini dal sistema insediativo, normalizzando i valori di BTC da 0 a 5.

La Btc può essere utilizzata come proxy del SE citato in quanto, in genere, più è alto il valore di Btc prodotto dagli elementi che compongono il mosaico ambientale, maggiore è la capacità di autoregolazione del sistema socio ecologico. Questa è direttamente legata alla conservazione/produzione degli ecosistemi naturali e alla loro funzionalità ecologiche, alla loro robustezza, resilienza, quindi capacità di adattamento e autorigenerazione di fronte ad eventi imprevisti e imprevedibili.

A fianco si riporta la mappa degli usi del suolo selezionati, colorati in gradazioni riferita all'intensità di produzione della BTC.



*Mappa della distribuzione degli usi del suolo in base al livello di BTC*

**ELABORAZIONI DELLE MAPPE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI  
E VALUTAZIONE DELLE ABBONDANZE E SCARSITÀ**

Classi USO SUOLO	Codice USO SUOLO	Regolazione della CO <sub>2</sub>			Regolazione del ciclo dell'acqua			Protezione dagli eventi estremi			Regolazione dell'erosione			Purificazione dell'acqua	Regolazione del microclima	Impollinazione	Prodotti dell'agricoltura			Prodotti delle foreste			SE SUPPORTO
		A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	
Tessuto residenziale denso	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tessuto residenziale continuo mediamente denso	1112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	1122	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
Cascine	11231	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Tessuto residenziale discontinuo	1121	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
Tessuto residenziale sparso	1123	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Insedamenti industriali, artigianali, commerciali	12111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Insedamenti produttivi agricoli	12112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Insedamenti ospedalieri	12121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Impianti di servizi pubblici e privati	12122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Impianti tecnologici	12123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cimiteri	12124	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Impianti fotovoltaici a terra	12126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reti stradali, ferroviarie e spazi	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reti stradali e spazi accessori	1221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reti ferroviarie e spazi accessori	1222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aeroporti ed eliporti	124	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cave	131	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Discariche	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cantieri	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aree degradate non utilizzate e non vegetate	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Parchi e giardini	1411	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	2	
Aree verdi incolte	1412	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	1	3	0	0	0	0	0	1	
Impianti sportivi	1421	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Campeggi e strutture turistiche e ricettive	1422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Parchi divertimento	1423	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Seminativi semplici	2111	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4	5	5	0	0	0	0	
Culture orticole a pieno campo	2112	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	5	5	5	0	0	0	0	
Culture orticole protette	21132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	
Culture fito-rivaistiche a pieno campo	21142	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	2	2	2	5	5	5	0	0	0	0	
Culture fito-rivaistiche protette	21142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	
Vigneti	221	1	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0	2	1	2	5	5	5	0	0	0	1	
Frutti e frutti minori	222	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	0	2	1	5	3	4	4	0	0	0	1	
Oliveti	223	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	0	2	1	2	5	5	5	0	0	0	1	
Pioppeti	2241	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	5	5	5	0	0	0	0	
Altre legnose agrarie	2242	4	0	0	3	1	2	2	0	0	0	0	3	1	1	3	3	3	0	0	0	0	
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	2311	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	0	0	0	1	
Orti familiari	2115	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	3	1	3	2	2	2	0	0	0	1	
Seminativi arborei	2112	2	2	3	3	1	1	1	2	2	3	1	2	2	3	4	5	0	0	0	1	1	
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	2312	2	2	2	2	1	1	2	2	3	3	3	3	4	5	0	0	0	0	0	2	2	
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	31111																						
Boschi di latifoglie a densità media e alta	3111	5	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	5	4	0	0	0	3	5	5	4	
se ceduo anche da PIF																							
se ceduo in convesione da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se in abbandono da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se fustaia da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	31112	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	0	0	0	2	3	3	5	
Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo	31121	5	2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	4	5	5	0	0	0	2	3	3	3	
se ceduo anche da PIF																							
se ceduo in convesione da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se in abbandono da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se fustaia da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	31122	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	4	0	0	0	1	2	2	
Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo	31321	5	2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	4	4	5	0	0	0	2	3	3	3	
se ceduo anche da PIF																							
se ceduo in convesione da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se in abbandono da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
se fustaia da PIF					-1	-1		-1	-1										-1	-1	-1	supporto +1	
Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto	31122	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	4	0	0	0	1	2	2	
Cespuglieti in aree di agricoltura abbandonate	3242	3	1	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	5	0	0	0	1	1	1	
Cespuglieti	3221	2	2	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	0	0	0	1	1	1	
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	3241	3	3	3	4	2	2	2	2	3	4	3	4	3	4	0	0	0	1	1	1	3	
Rimboschimenti recenti	314	5	2	2	3	1	1	1	1	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	
Formazioni ripariali	3113	4	3	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	4	4	0	0	0	0	0	0	5	
Praterie naturali d'alta quota assenza di specie arboree ed arbustive	3211	2	1	3	3	1	1	1	1	3	3	2	2	2	5	2	3	5	0	0	0	2	
Accumulati detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione	332	0	5	5	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi	331	0	3	3	3	2	4	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
Vegetazione rada	333	2	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	
Vegetazione dei greti	3222	2	0	1	2	0	1	1	0	1	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	5	
Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere	411	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	0	0	0	0	0	0	5	
Vegetazione degli argini sopraelevati	3223	2	1	1	2	0	0	0	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	511	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	2	
Bacini idrici artificiali	5122	2	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	2	
Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda	5123	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	

Tenendo in considerazione tutte le elaborazioni “intermedie” sopra descritte, si è proceduto a modificare puntualmente alcune attribuzioni di punteggio della tabella di Burkhard, così come fornita da bibliografia, in modo tale da adattarla alle caratteristiche specifiche del territorio della Cintura Metropolitana di Brescia e alle UPA individuati all'interno dell'ambito di inquadramento.

La tabella, integrata di tali informazioni è riportata di fianco.

- le sigle A, M, B corrispondono rispettivamente ai valori attribuiti in funzione della pendenza Alta, Media, Bassa. Per i SE che non prevedono tale articolazione, significa che la variabile pendenza non incide in modo significativo nell'erogazione di quel dato SE
- Per non complicare ulteriormente la tabella, tutte le altre variabili descritte nel capitolo precedente (Approfondimenti per le elaborazioni intermedie) che incidono direttamente sui punteggi attribuiti ai vari SE, sono state associate direttamente in ambiente GIS sulla base dei principi e delle modalità operative precedentemente descritte.

La matrice così modificata ha rappresentato la base di riferimento per la costruzione delle mappe di erogazione potenziale dei SE, e delle stime dei livelli di abbondanza e scarsità. Tali elaborazioni sono illustrate nei capitoli seguenti

- Bassa: 0-6°
- Media 7-13°
- Alta > 14°

Classi USO SUOLO	Codice USO SUOLO	Regolazione della CO <sub>2</sub>			Regolazione del ciclo dell'acqua			Protezione dagli eventi estremi			Regolazione dell'erosione			Purificazione dell'acqua			Regolazione del microclima			Impollinazione			Prodotti dell'agricoltura			Prodotti delle foreste			SE SUPPORTO
		A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B				
Tessuto residenziale denso	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tessuto residenziale continuo mediamente denso	1112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	1122	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Caschine	11231	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tessuto residenziale discontinuo	1121	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tessuto residenziale sparso	1123	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Insedamenti industriali, artigianali, commerciali	12111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Insedamenti produttivi agricoli	12112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Insedamenti ospedalieri	12121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Impianti di servizi pubblici e privati	12122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Impianti tecnologici	12123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cimiteri	12124	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Impianti fotovoltaici a terra	12126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Reti stradali, ferroviarie e spazi	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Reti stradali e spazi accessori	1221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Reti ferroviarie e spazi accessori	1222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Aeroporti ed eliporti	124	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cave	131	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Discariche	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cantieri	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Aree degradate non utilizzate e non vegetate	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Parchi e giardini	1411	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
Aree verdi incolte	1412	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
Impianti sportivi	1421	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Campeggi e strutture turistiche e ricettive	1422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Parchi divertimento	1423	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Seminativi semplici	2111	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0		
Culture orticole a pieno campo	21131	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0		
Culture orticole protette	21132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0		
Culture flo-ro-vivaistiche a pieno campo	21141	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0		
Culture flo-ro-vivaistiche protette	21142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0		
Vigneti	221	1	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	1		
Frutteti e frutti minori	222	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	5	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1		
Oliveti	223	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	5	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1		
Pioppeti	2241	4	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0		
Altre legnose agrarie	2242	4	0	0	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0		
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	2311	1	1	2	2	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1		
Orti familiari	2115	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1		
Seminativi arborati	2112	2	2	3	3	1	1	1	1	2	2	3	1	2	2	2	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	1		
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	2312	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2		
<b>Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo</b>	<b>31111</b>																												
<b>Boschi di latifoglie a densità media e alta</b>	<b>3111</b>	5	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	5	4	0	0	0	3	5	5	4	3	5	4		
se ceduo anche da PIF																													
se ceduo in conversione da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se in abbandono da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se fustaia da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
<b>Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto</b>	<b>31112</b>	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	0	0	0	2	3	3	3	5	4	3	5			
<b>Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo</b>	<b>31121</b>	5	2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	4	4	5	0	0	0	2	3	3	3	3	4	3	3			
se ceduo anche da PIF																													
se ceduo in conversione da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se in abbandono da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se fustaia da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
Castagneti da frutto	3114	5	2	3	4	1	2	2	2	2	3	4	3	5	3	0	0	0	2	3	3	3	4	3	4	4			
<b>Boschi conifera a densità media e alta</b>	<b>3121</b>	3	2	3	4	1	2	2	2	2	3	4	4	5	3	0	0	0	2	3	3	3	4	3	4	4			
<b>Boschi misti a densità media e alta governati a ceduo</b>	<b>31311</b>	5	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	5	3	4	0	0	0	3	5	5	4	3	4			
se ceduo anche da PIF																													
se ceduo in conversione da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se in abbandono da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se fustaia da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
<b>Boschi misti a densità media e alta governati ad alto fusto</b>	<b>31312</b>	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	0	0	0	2	3	3	3	5	4	3	5			
<b>Boschi misti a densità bassa governati a ceduo</b>	<b>31321</b>	5	2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	4	4	5	0	0	0	2	3	3	3	3	4	3	3			
se ceduo anche da PIF																													
se ceduo in conversione da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se in abbandono da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
se fustaia da PIF						-1	-1		-1	-1											-1	-1	-1	supporto +1					
<b>Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto</b>	<b>31122</b>	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	4	0	0	0	1	2	2	4	3	3	4			
Cespuglieti in aree di agricoltura abbandonate	3242	3	1	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	3			
Cespuglieti	3221	2	2	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	0	0	0												

# LE MAPPE DI EROGAZIONE POTENZIALE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

## Le mappe dei SE e le stime dei livelli di abbondanza/scarsità

Si riportano di seguito le elaborazioni cartografiche e le stime di abbondanza e scarsità dei singoli SE indagati per ogni UPA.

Le mappe evidenziano con una gradazione dei colori in diverse tonalità le aree in cui il SE è potenzialmente erogato in funzione dei valori attribuiti con la matrice di Burkhard et al. 2014 modificata.

Per quanto riguarda le stime di abbondanze e scarsità dei singoli SE all'interno degli UPA, si è proceduto con le seguenti modalità:

- Associazione in ambiente GIS dei valori qualitativi (da 1 a 5) riferiti alla capacità di erogazione potenziale dei SE agli elementi che compongono l'uso del suolo (integrata delle variabili descritte al cap. Approfondimenti per le elaborazioni intermedie);
- Definizione delle superfici di ciascun elemento dell'uso del suolo;
- Definizione del coefficiente di abbondanza/scarsità: il coefficiente è ottenuto a partire dai valori attribuiti da Burkhard ai singoli SE, semplicemente scalando i valori in una scala da 0 a 1 secondo la seguente correlazione:

Valori di Burkhard	Coefficiente di abbondanza/scarsità
0	0
1	0.2
2	0.4
3	0.6
4	0.8
5	1

- Prodotto tra il coefficiente di abbondanza/scarsità e le superfici di ciascun elemento della Carta dell'uso del suolo. Tale operazione deve essere ripetuta per ogni SE, moltiplicando il relativo coefficiente di abbondanza/scarsità del SE indagato per la superficie dell'elemento considerato;

- Per ogni UPA, si procede a sommare i valori disaggregati ottenuti al punto 4. Questa operazione è ripetuta tutti i 10 SE indagati;
- Rapporto tra i valori ottenuti al punto precedente con la superficie complessiva dell'UPA. Questa operazione è ripetuta in ogni UPA per 10 volte, tante quante sono i SE indagati. Tanto più i valori ottenuti saranno vicini a 1, tanto più in quell'UPA le superfici sono potenzialmente efficaci nell'erogare il SE indagato. Viceversa, valori vicini a 0 identificano una scarsità di ecosistemi in grado di erogare quello specifico SE.

Per definire diverse soglie di abbondanza e scarsità di SE in ogni UPA, si è proceduto con un confronto relativo tra i diversi valori ottenuti. In particolare, la definizione delle soglie di abbondanza/scarsità non è stata decisa sulla base di intervalli quantitativi regolari per tutti i SE. Per ogni specifico SE, ci si è basati sugli andamenti della distribuzione dei dati nella serie dei valori ottenuti nei diversi UPA. Questo consente di evitare di definire soglie standard valide per qualsiasi territorio e per qualsiasi SE, ma di definirle sulla base delle caratteristiche intrinseche dei paesaggi, della tipologia di SE e delle diversità di distribuzione all'interno delle UPA.

Segue la descrizione dei SE: si riporta la mappa che mostra la distribuzione dei livelli potenziali di erogazione del SE e gli istogrammi con il confronto dei livelli di scarsità e abbondanza nelle UPA.

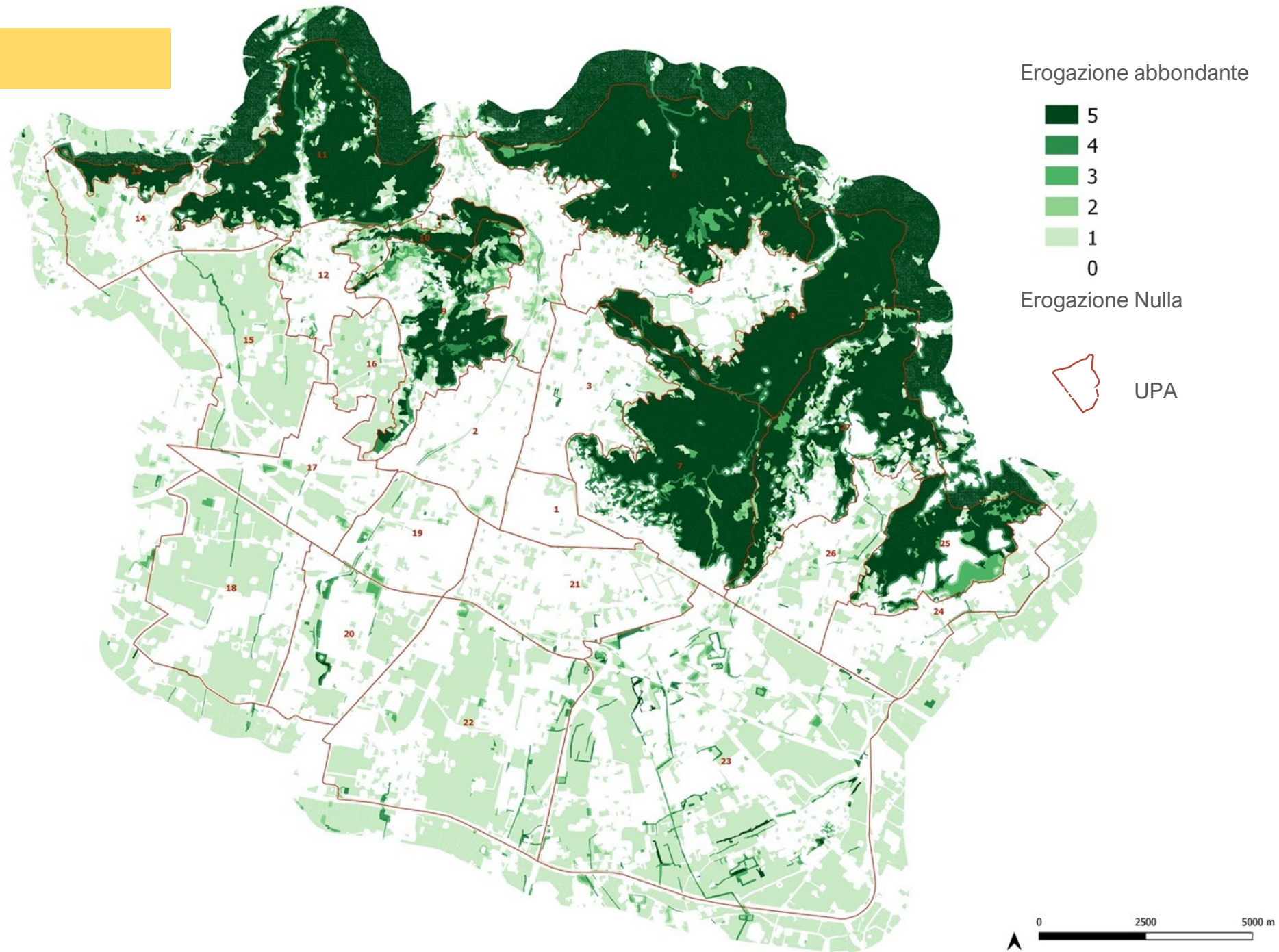
# Regolazione della CO<sub>2</sub>

## Rappresentazione cartografica

Il SE di Regolazione della CO<sub>2</sub>, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di immagazzinare carbonio nei loro organismi e nel suolo. Ad esempio, le piante rimuovono l'anidride carbonica dall'atmosfera bloccandola efficacemente nelle foglie, e nel legno. Così facendo contribuiscono alla regolazione della composizione chimica dell'atmosfera e dei gas-serra. Il SE regolazione della CO<sub>2</sub> trova corrispondenza nella classificazione del sistema CICES v. 5.1 che utilizza la seguente dicitura:

- *Regulation of chemical composition of atmosphere*

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il Servizio di Regolazione della CO<sub>2</sub> in maniera più efficace.





# Regolazione della CO<sub>2</sub>

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

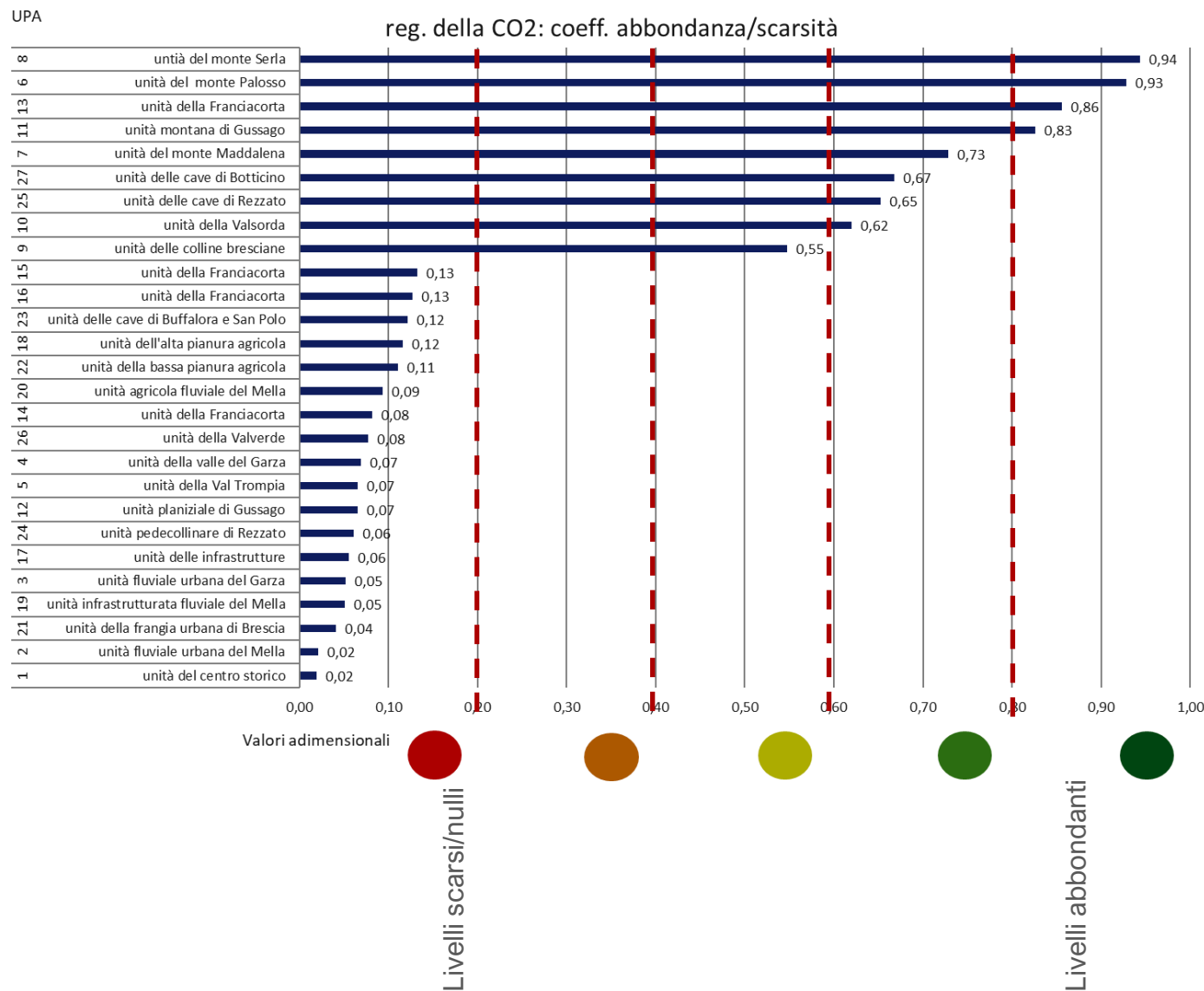
Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

Dai risultati ottenuti, appare evidente la netta distinzione tra gli UPA di pianura rispetto a quelli collinari e, soprattutto, quelle montane: le prime caratterizzati da un'elevata scarsità di ecosistemi in grado di erogare il SE di Regolazione della CO<sub>2</sub>, le seconde evidenziano dei valori relativamente migliori anche se decisamente non in grado di compensare i deficit di pianura. Per l'ambito di Inquadramento si evidenzia una situazione in cui il contributo della collina nell'innalzare i valori alla scala d'ambito di Inquadramento, risulta poco significativo.

Significativo anche il valore di scarsità associato alle UPA fluviali (UPA 2, 19, 20) e dei fondovalle montani (UPA 4 e 5), che evidenzia una situazione di forte squilibrio rispetto ai valori attesi per queste unità data la connotazione fluviale e montana del paesaggio.

Dalla distribuzione dei valori e dai risultati ottenuti si ritiene che il SE Regolazione della CO<sub>2</sub> risulti più importante in tutti le UPA di pianura e collina che oggi manifestano una situazione di maggior criticità (UPA 21, 19, 17, 20, 22, 18, 23) e che non possono beneficiare direttamente della vicinanza con la collina (a differenza invece dell' UPA 1, 2, 3, 24, 26, 12, 14, 15, 16 che ne sono prossime). Si ricorda inoltre che in questi ambiti di pianura, oltre a mancare ecosistemi in grado di svolgere funzione di regolazione della CO<sub>2</sub>, si evidenziano situazioni di criticità per quanto riguarda fenomeni di isola di calore (sia in ambito urbano che rurale) e concentrazione di inquinanti (specie nelle aree urbane connesse alle attività produttive ed ai trasporti).



# Regolazione del ciclo dell'acqua

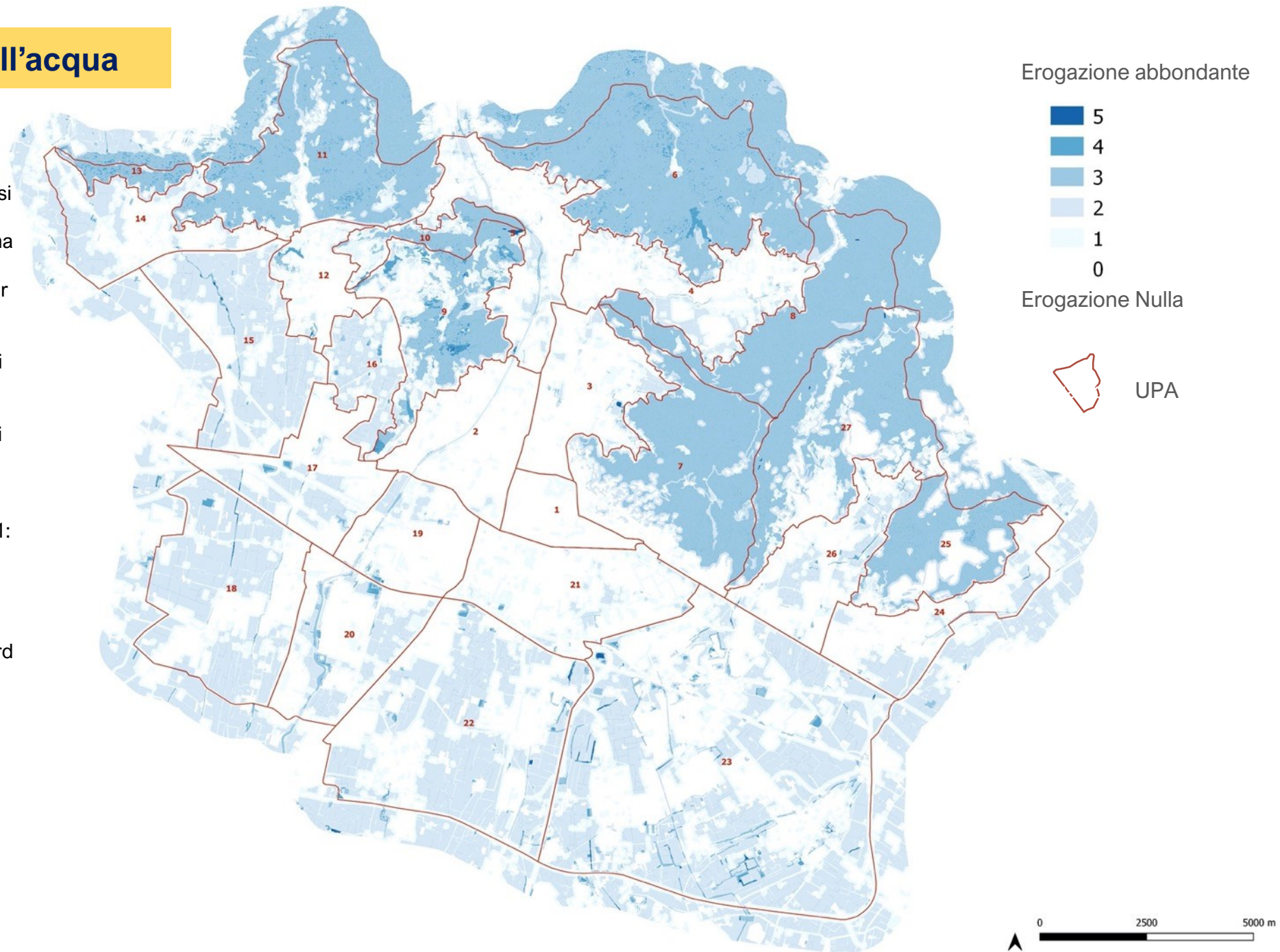
## Rappresentazione cartografica

Il SE di Regolazione del ciclo dell'acqua, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di mantenere un equilibrio a livello di sistema rispetto ai cicli idrologici: dal mantenimento dell'umidità nel terreno per la crescita delle piante, alla capacità di stoccaggio, trattenuta e lento rilascio, infiltrazione, distribuzione in superficie. Di fatto è un servizio che regola la disponibilità di acqua sul territorio e la rende disponibile per diversi utilizzi diretti e indiretti.

Il SE "Regolazione del ciclo dell'acqua" trova la seguente dicitura corrispondente nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Hydrological cycle and water flow regulation

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Regolazione del ciclo dell'acqua in maniera più efficace.



# Regolazione del ciclo dell'acqua

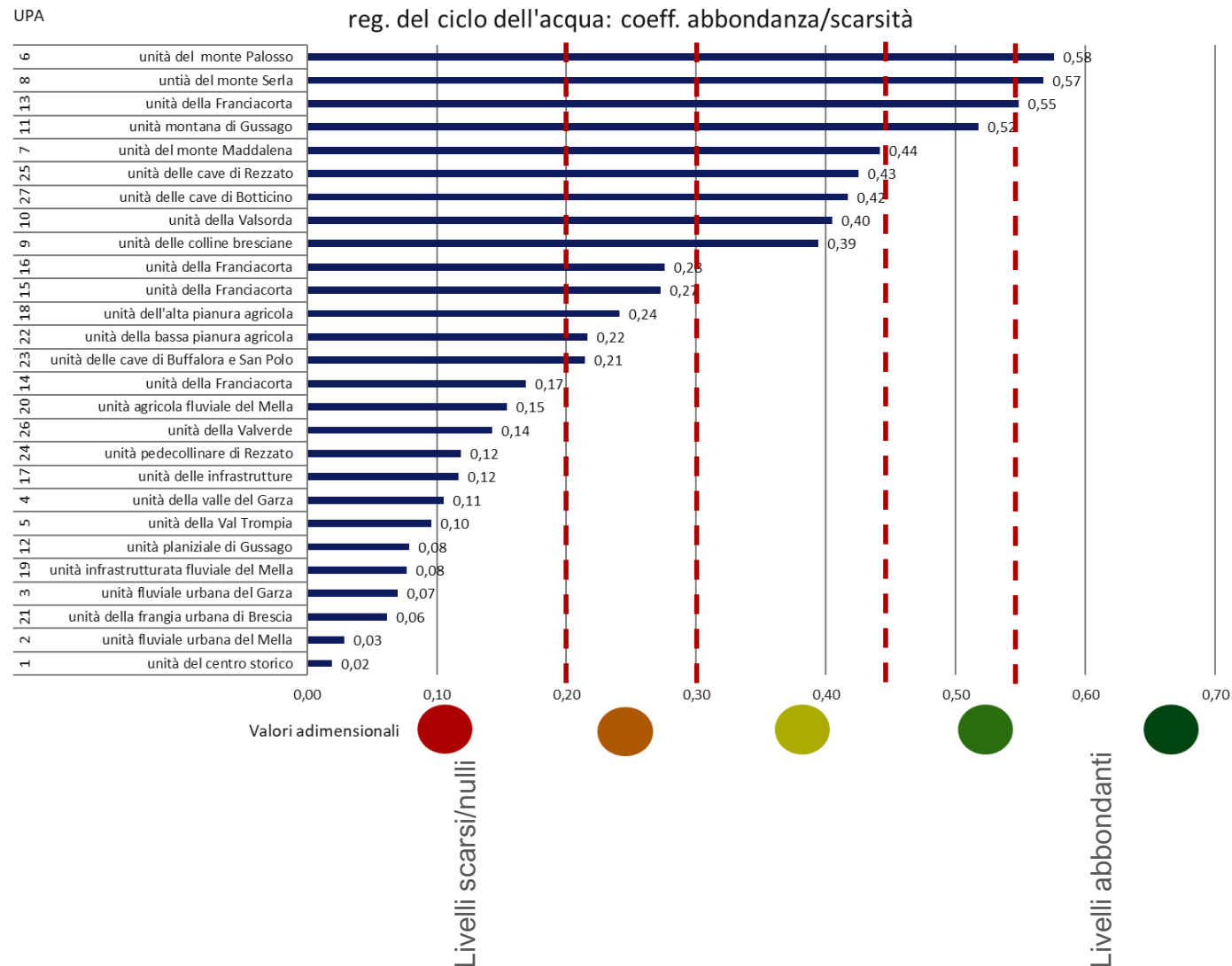
## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

Dall'osservazione della serie dei risultati ottenuti, si nota una generale media criticità di questo servizio, visto che solo 2 UPA raggiungono livelli di abbondanza. Ciò è significativo di una problematica diffusa, anche se sono le UPA di pianura e di fondovalle (1, 2, 21, 19, 3, 17, 24, 4, 26, 20, 5, 12, 14) che presentano livelli di maggiore scarsità di ecosistemi in grado di erogare l'SE di Regolazione del ciclo dell'acqua, anche per la maggior estensione di superfici impermeabili. L'alta percentuale di superfici impermeabili, associata alla mancanza di ecosistemi in grado di erogare SE di Regolazione del ciclo dell'acqua rende queste UPA particolarmente vulnerabile dal punto di vista della gestione idrica sia durante i periodi di siccità estiva, sia in caso di eventi meteorici estremi. Da segnalare come particolarmente critica anche la situazione in cui versa l'UPA 2, 19 e 20 (coincidenti con la unità fluviali del Mella). Infatti, nonostante il carattere fluviale di questi ambiti, dai quali ci si aspetterebbe i valori più alti della serie, i risultati evidenziano il raggiungimento appena della soglia "scarsa". La presenza di opere idrauliche diffuse lungo i principali corsi d'acqua come prese, sbarramenti, arginature e regimazioni, ecc., unito alla pressione insediativa (in particolare a monte) e delle aree insediate (in particolare a valle) fino alle sponde dell'alveo fluviale, limita fortemente la capacità degli ecosistemi di erogare questo SE vitale per un paesaggio fluviale.

Per le motivazioni appena descritte, il SE indagato risulta di fondamentale importanza per le UPA individuate. La possibilità di una gestione più equilibrata della risorsa idrica a scala d'ambito di Inquadramento (e oltre), potrebbe svolgere un ruolo di primaria importanza nel ridurre il consumo idrico per l'irrigazione delle superfici coltivate e facilitare il mantenimento di umidità nel terreno per la crescita delle colture anche in periodi di siccità, aumentando inoltre l'efficacia del SE di Regolazione del microclima e di Regolazione della CO<sub>2</sub> in quanto l'umidità del suolo ne migliora la capacità di sequestro di CO<sub>2</sub>.



# Protezione dagli eventi estremi

## Rappresentazione cartografica

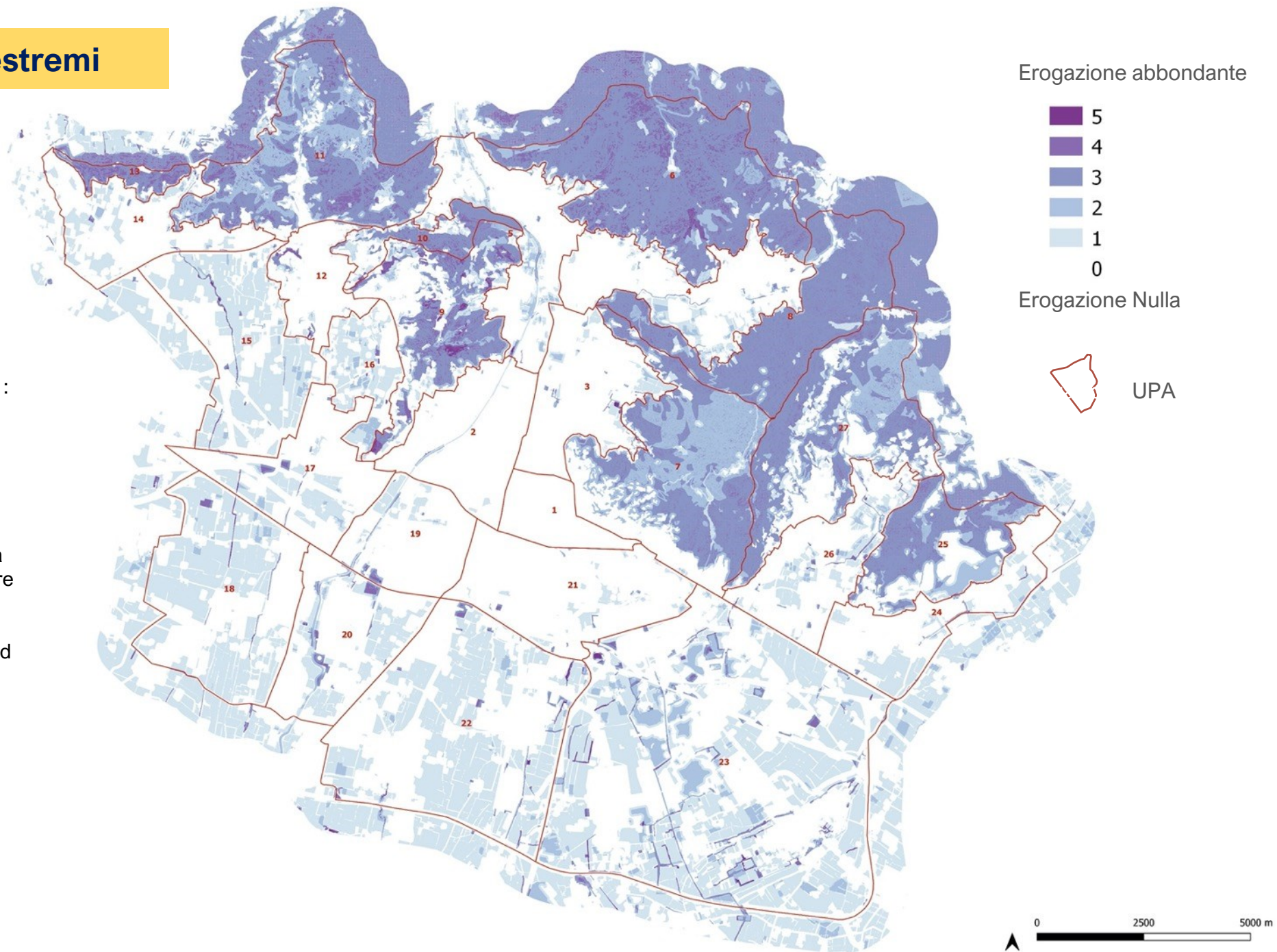
Il SE di Protezioni dagli eventi estremi, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di contrastare i potenziali effetti dannosi causati da disastri naturali quali inondazioni, tempeste, smottamenti, siccità, temperature estreme.

Il SE SE "Protezioni dagli eventi estremi" trova la seguente dicitura corrispondente nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Storm protection

Inoltre, può parzialmente corrispondere anche il SE "Regulation of temperature and humidity, including ventilation and transpiration" in una accezione legata alla capacità di risposta a siccità e temperature estreme.

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Protezioni dagli eventi estremi in maniera più efficace.



# Protezione dagli eventi estremi

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie..

## Commento dei risultati

Anche questa serie dei dati mostra che le UPA collinari e prealpine non mostrano particolari criticità rispetto al SE indagato, anche se allo stesso tempo in genere non raggiungono valori così elevati da svolgere un ruolo significativo di regolazione nei confronti delle altre UPA che compongono l'ambito di Inquadramento.

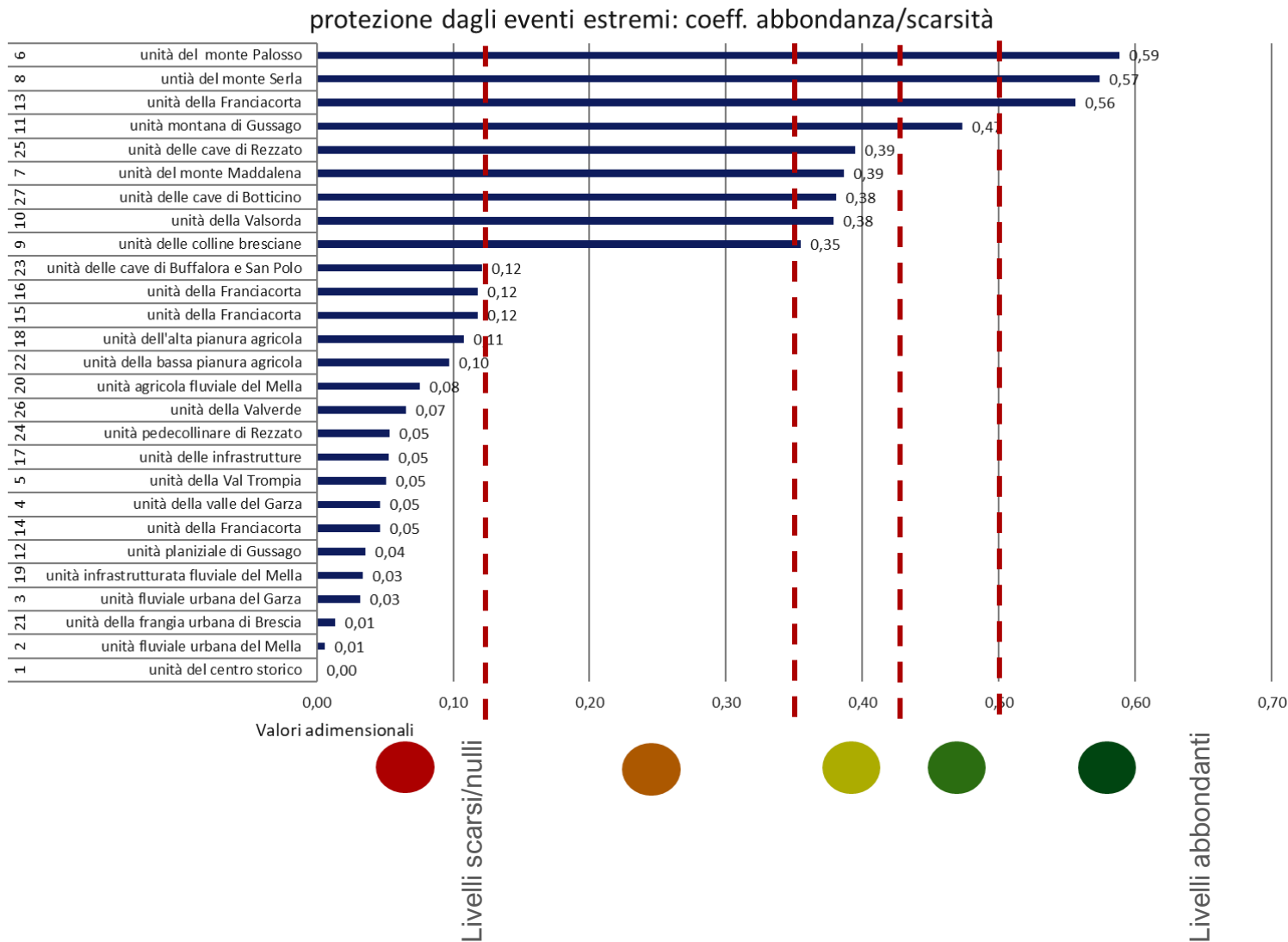
Le UPA coincidenti con la porzione maggiormente urbanizzata dell'ambito di inquadramento (in pianura 1, 2, 3 e nel fondovalle 4, 5), presenta i valori più critici, connessi all'elevato livello di impermeabilizzazione dei suoli ed alla scarsa dotazione di ecosistemi strutturati in grado di contrastare gli eventi naturali estremi, ciò risulta aggravato dal fatto che queste UPA sono anche ricadenti in ambito fluviale e che quindi richiederebbero valori decisamente più alti del SE indagato soprattutto in relazione al miglioramento della sicurezza idraulica del territorio.

Risultano particolarmente critiche anche le UPA della pianura agricola

Il SE di Mitigazione degli eventi estremi, risulta importante per diversi motivi nei seguenti AP:

- Nelle UPA collinari: in relazione alla protezione dai dissesti e smottamenti di versante,
- Nelle UPA di pianura a elevato livello di urbanizzazione e impermeabilizzazione: in relazione alla protezione nei confronti di allagamenti urbani e temperature estreme,
- Negli UPA fluviali del Mella e Garza, in relazione alla sicurezza idraulica del territorio.

UPA



# Regolazione dell'erosione

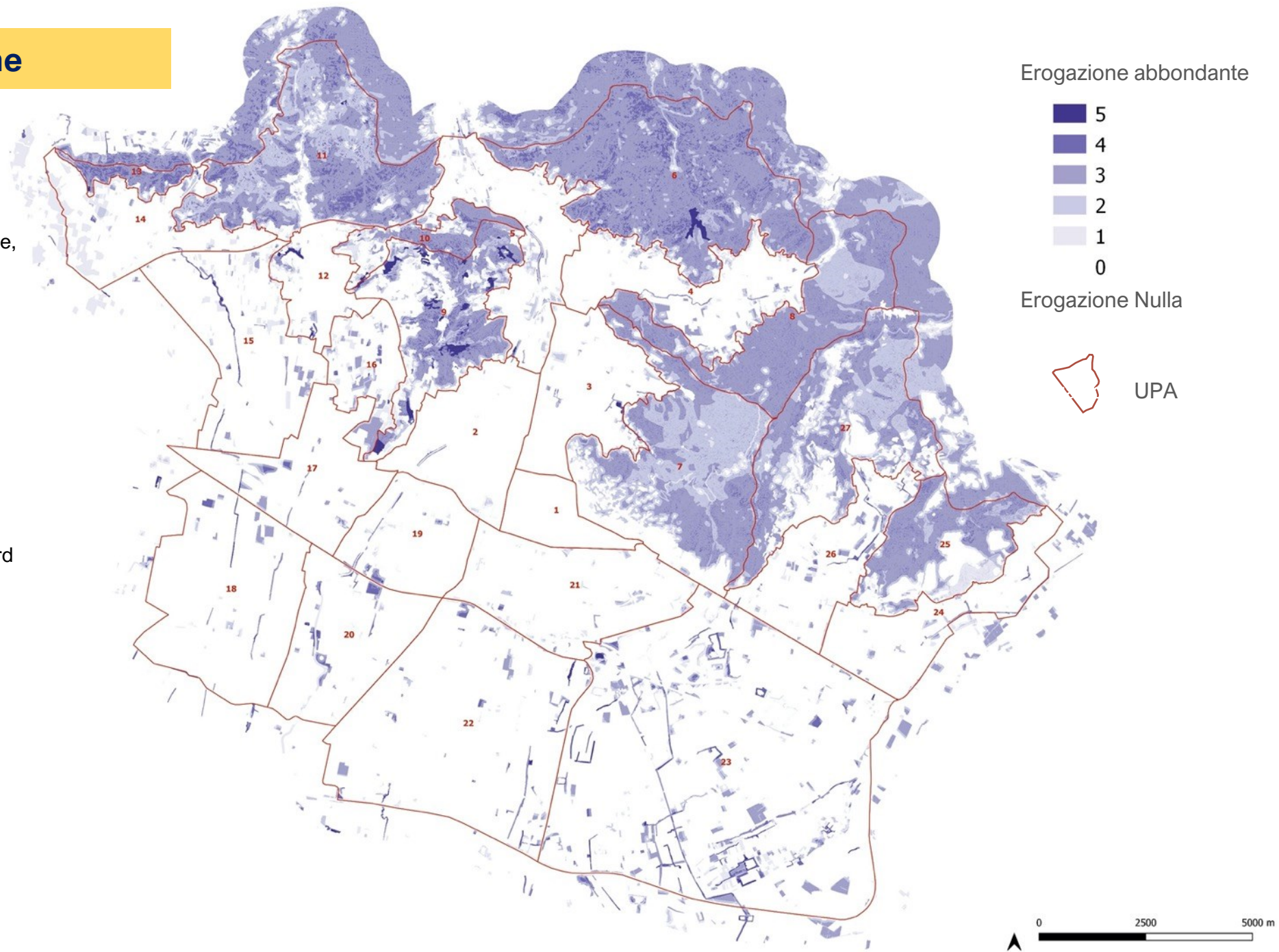
## Rappresentazione cartografica

Il SE di Regolazione dell'erosione, si riferisce alla capacità degli ecosistemi ed in particolare della loro copertura vegetale, di contrastare i fenomeni di dissesto, prevenire la perdita di suolo, dello strato organico superficiale e garantirne il mantenimento della fertilità.

Il SE "Regolazione dell'erosione" trova le seguenti diciture corrispondenti nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Control of erosion rates
- Buffering and attenuation of mass movement

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Regolazione dell'erosione in maniera più efficace.



# Regolazione dell'erosione

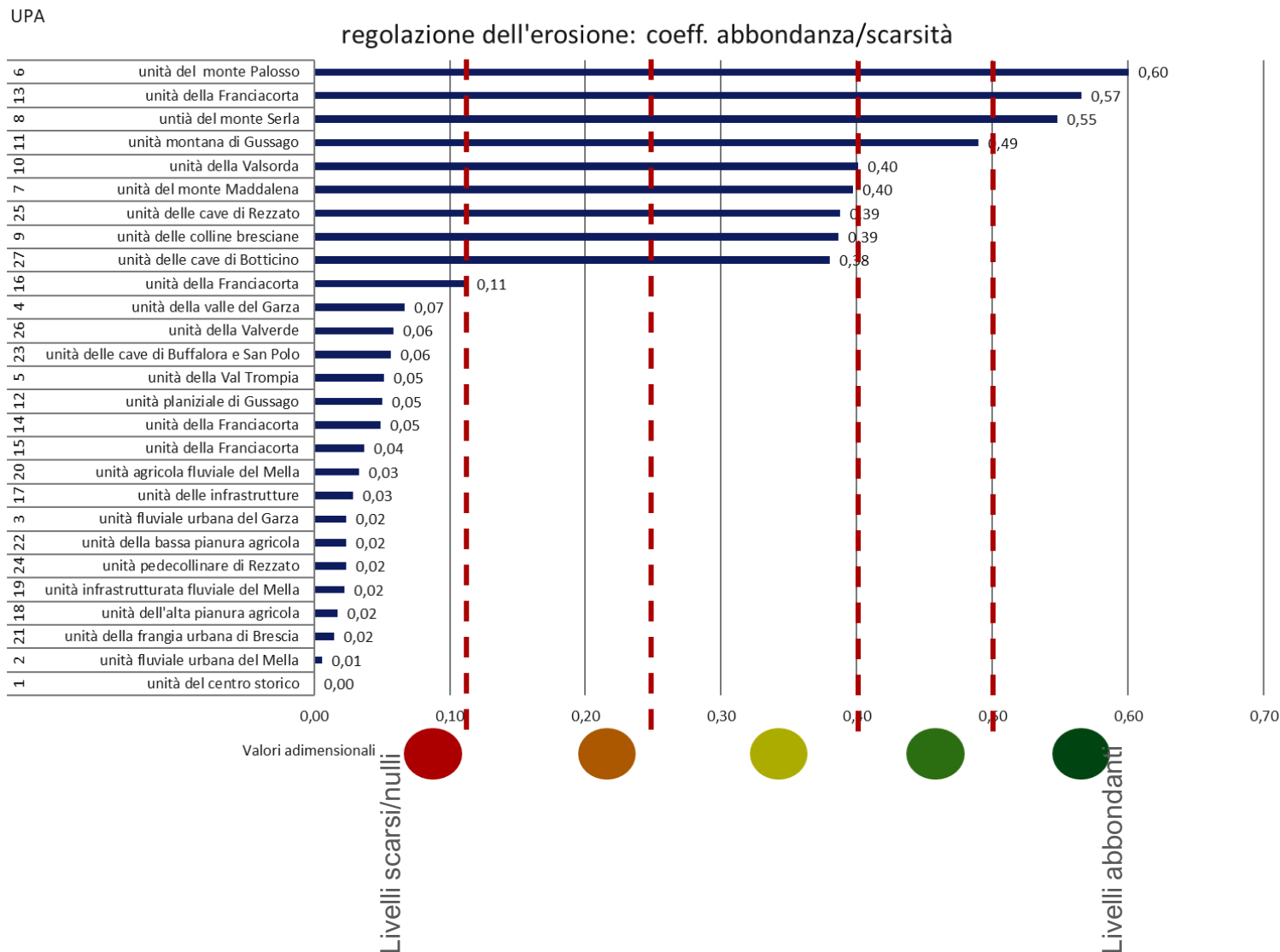
## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

I risultati ottenuti evidenziano all'interno della serie, che le UPA si dividono in 3 macro gruppi. I valori più bassi si attestano, ovviamente, per le UPA di pianura, dove le criticità connesse ai fenomeni erosivi non sono significative e dunque la scarsità di questo SE non è associata ad una vulnerabilità specifica. Il SE risulta invece più importante per le UPA di pianura a caratterizzazione fluviale (UPA 2, 19, 20), dove la mancanza/scarsità di ecosistemi naturali ripariali in grado di contrastare i processi erosivi dei corsi d'acqua, può rappresentare una vulnerabilità.

Criticità connesse alla relativa scarsità di questo SE, possono inoltre essere associate a quelle UPA in cui gli aspetti morfologici del territorio sono più significativi e gli effetti del ruscellamento superficiale delle acque possono causare dissesti e fenomeni erosivi più o meno superficiali. Per questi motivi, il SE Regolazione dell'erosione risulta particolarmente importante oltre che per le UPA fluviali, anche per tutte le UPA collinari/prealpine..



# Purificazione dell'acqua

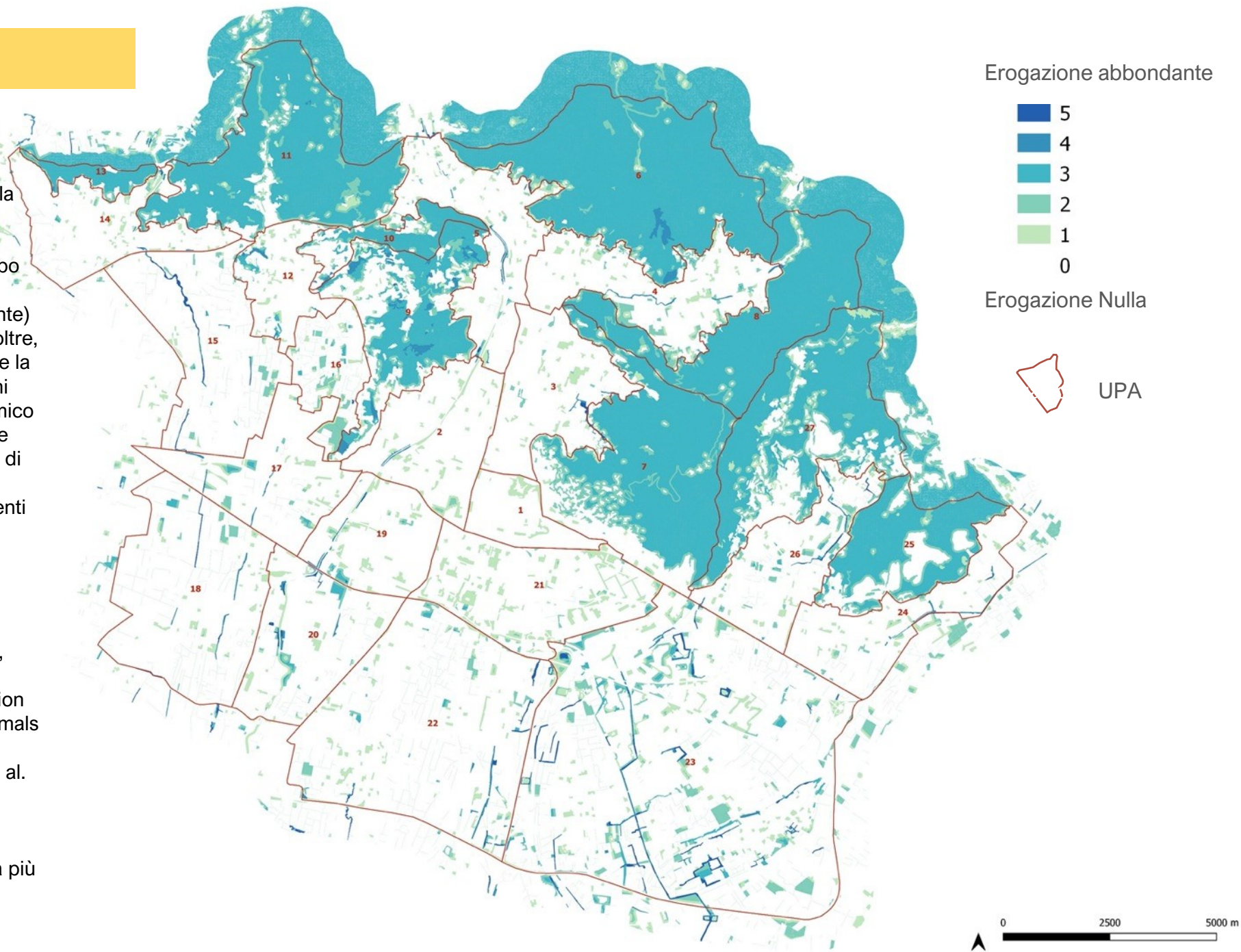
## Rappresentazione cartografica

Il SE di Purificazione dell'acqua, si riferisce alla capacità di alcuni ecosistemi di filtrare e depurare le acque che li attraversano con processi di rimozione degli inquinanti sia di tipo fisico (filtro attraverso il suolo), che chimico-biologico (attraverso il metabolismo delle piante) restituendo una risorsa di migliore qualità. Inoltre, ai fini delle presenti analisi, si considera anche la capacità del suolo (unitamente agli ecosistemi presenti in superficie) di fungere da filtro chimico e meccanico rispetto a possibili inquinanti che percolando potrebbero raggiungere le acque di falda.

Il SE "Purificazione dell'acqua" trova le seguenti diciture corrispondenti nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Regulation of the chemical condition of freshwaters by living processes
- Bioremediation by micro-organisms, algae, plants, and animals
- Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Purificazione dell'acqua in maniera più efficace.





# Purificazione dell'acqua

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

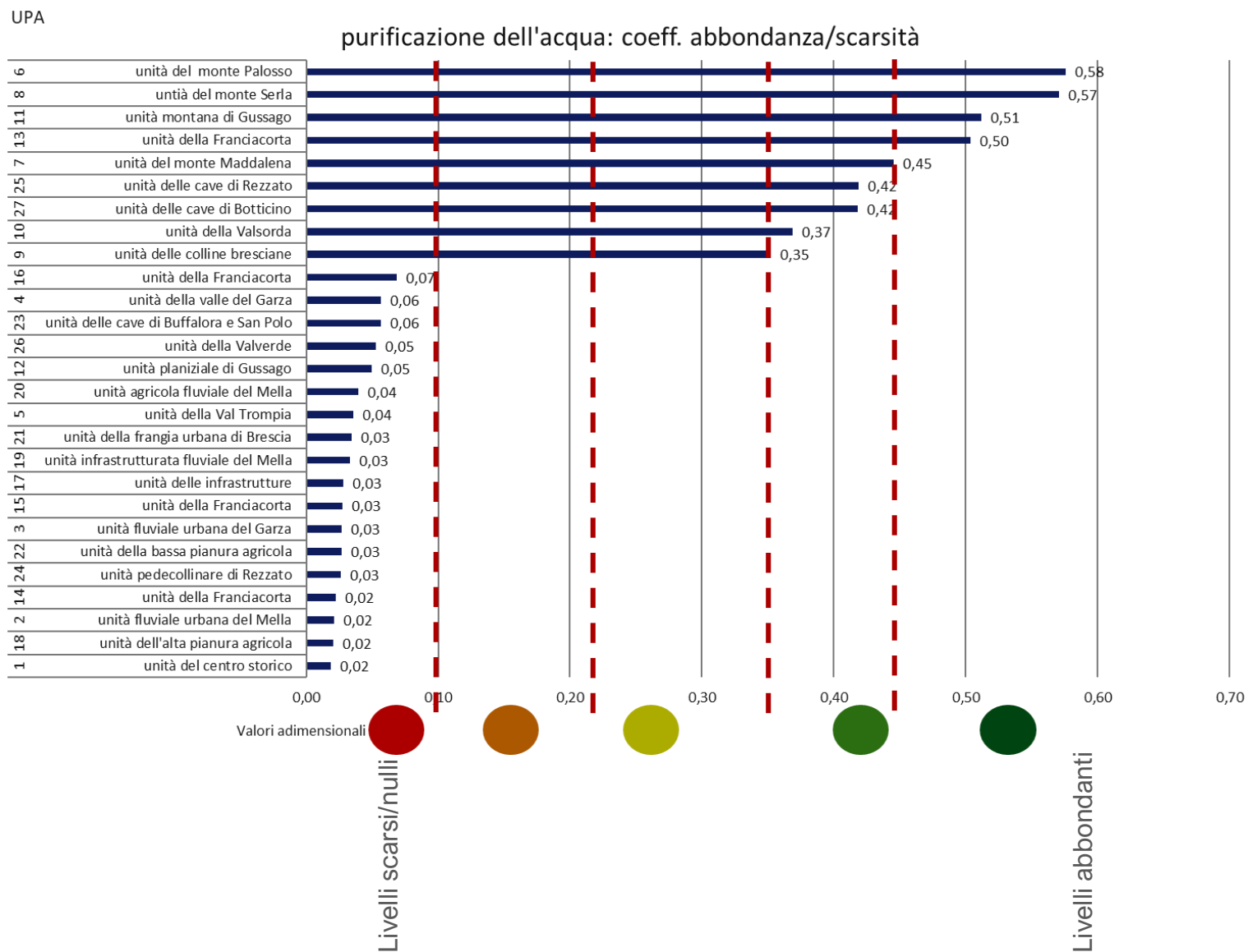
Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

Anche per questo SE i risultati ottenuti illustrano una situazione di forte criticità per quanto riguarda le UPA di pianura. Qui, infatti, si concentrano le pressioni antropiche che incidono anche sulla qualità delle acque ma mancano di fatto ecosistemi in grado di rispondere a queste specifiche criticità.

Particolarmente critica la situazione in relazione alle pressioni antropiche sia legate all'urbanizzazione, ma anche alle pratiche agricole. Gli ecosistemi ripariali e golenali maggiormente incaricati di erogare questo SE appaiono scarsi, a tratti completamente assenti.

Le UPA di collina e prealpine non presentano criticità significative, sia per la maggior dotazione di ecosistemi in grado di erogare questo SE, sia per la minor presenza di pressioni antropiche che possono incidere negativamente sullo stato qualitativo delle acque.



# Regolazione del microclima

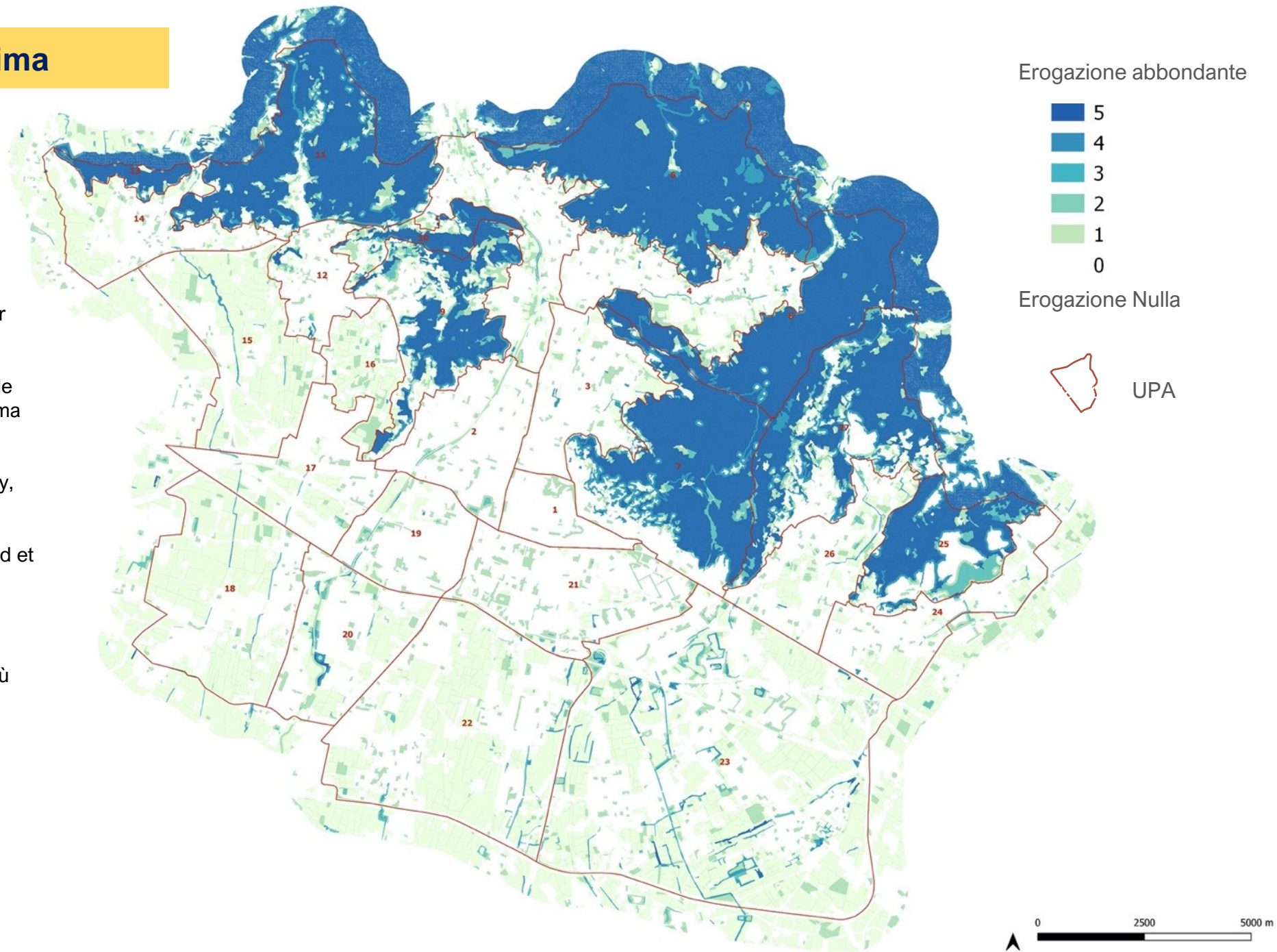
## Rappresentazione cartografica

Il SE di Regolazione del microclima, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di influenzare positivamente le condizioni termiche e di umidità del clima locale sia attraverso un effetto diretto (es. ombra generata dalle chiome degli alberi) sia per effetti dovuti ai processi biologici (es. evapotraspirazione).

Il SE “Regolazione del microclima” trova le seguenti diciture corrispondenti nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Regulation of temperature and humidity, including ventilation and transpiration

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Regolazione del microclima in maniera più efficace.



# Regolazione del microclima

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

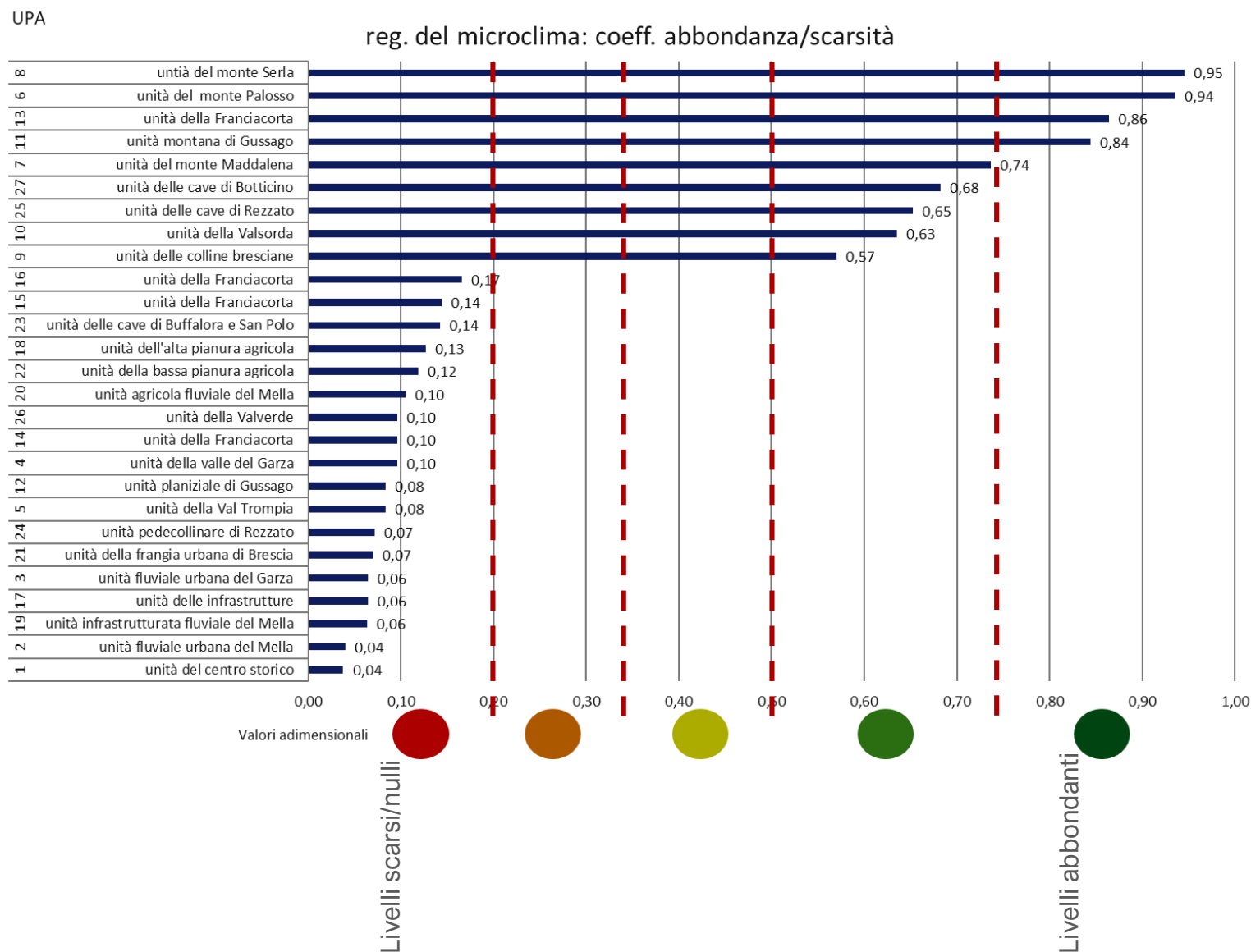
Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

I risultati mostrano per questo SE una estrema polarizzazione dei risultati. Si nota l'importanza delle UPA collinari e prealpine nei livelli di Regolazione del microclima alla scala di intero ambito di Inquadramento, anche se ulteriormente migliorabile. Nelle UPA di pianura si riscontrano le situazioni di maggior criticità. Relativamente alle UPA urbanizzate (pianura UPA 1, 2, 3, 12, 19, 21 e fondovalle UPA 4, 5, 24, 26), le maggiori criticità sono connesse alla mancanza/scarsa dotazione di Infrastrutture verdi e blu urbane in grado di migliorare il confort termico delle città per la popolazione che ci vive e ci lavora.

Situazione analoga anche per gli ambiti della pianura coltivata, ma altamente interferiti da sistemi urbano tecnologici (UPA 17, 20, 23). In queste UPA la mancanza di ecosistemi diffusi sul territorio, che possono contribuire ad una Regolazione del microclima può rappresentare un aspetto di vulnerabilità non tanto legato alla popolazione (minore densità abitativa rispetto alle aree urbane), quanto piuttosto alla gestione delle colture: ad una aumento delle temperature medie, tende ad aumentare l'evapotraspirazione del suolo e delle piante, con conseguente maggiore richiesta e consumo idrico. Si ricorda che in queste UPA si è riscontrata anche una scarsità di ecosistemi in grado di regolare il ciclo dell'acqua (disponibilità di acqua nel suolo o in superficie).

Sulla base di queste considerazioni, il SE Regolazione del microclima risulta particolarmente importante per tutte le UPA di pianura e del fondovalle.



# Impollinazione

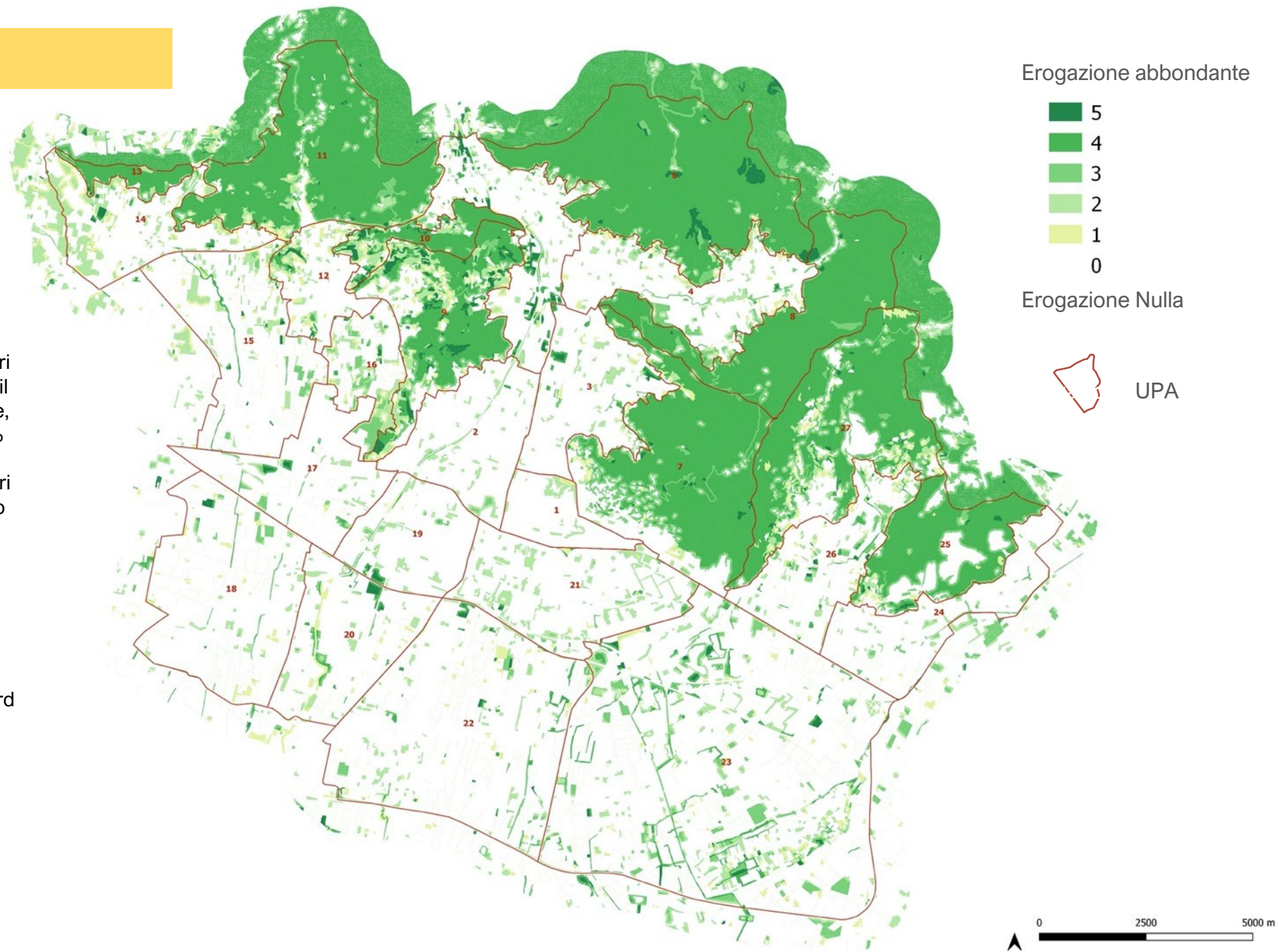
## Rappresentazione cartografica

L'Impollinazione, è un servizio ecosistemico fornito principalmente da insetti ma anche da alcuni uccelli e pipistrelli. Negli agro-ecosistemi, gli impollinatori sono essenziali per la produzione di frutteti, orticole e foraggi, nonché per la produzione di sementi per molte colture di radici e fibre. Impollinatori come api, uccelli e pipistrelli influenzano il 35% della produzione mondiale di colture, aumentando la produzione di circa il 75% delle principali colture alimentari a livello mondiale (fonte FAO.org). Gli impollinatori hanno bisogno di fiori per svolgere le loro funzioni.

Il SE "Impollinazione" trova le seguenti diciture corrispondenti nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Pollination

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi in grado di supportare il servizio di Impollinazione in maniera più efficace.



# Impollinazione

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

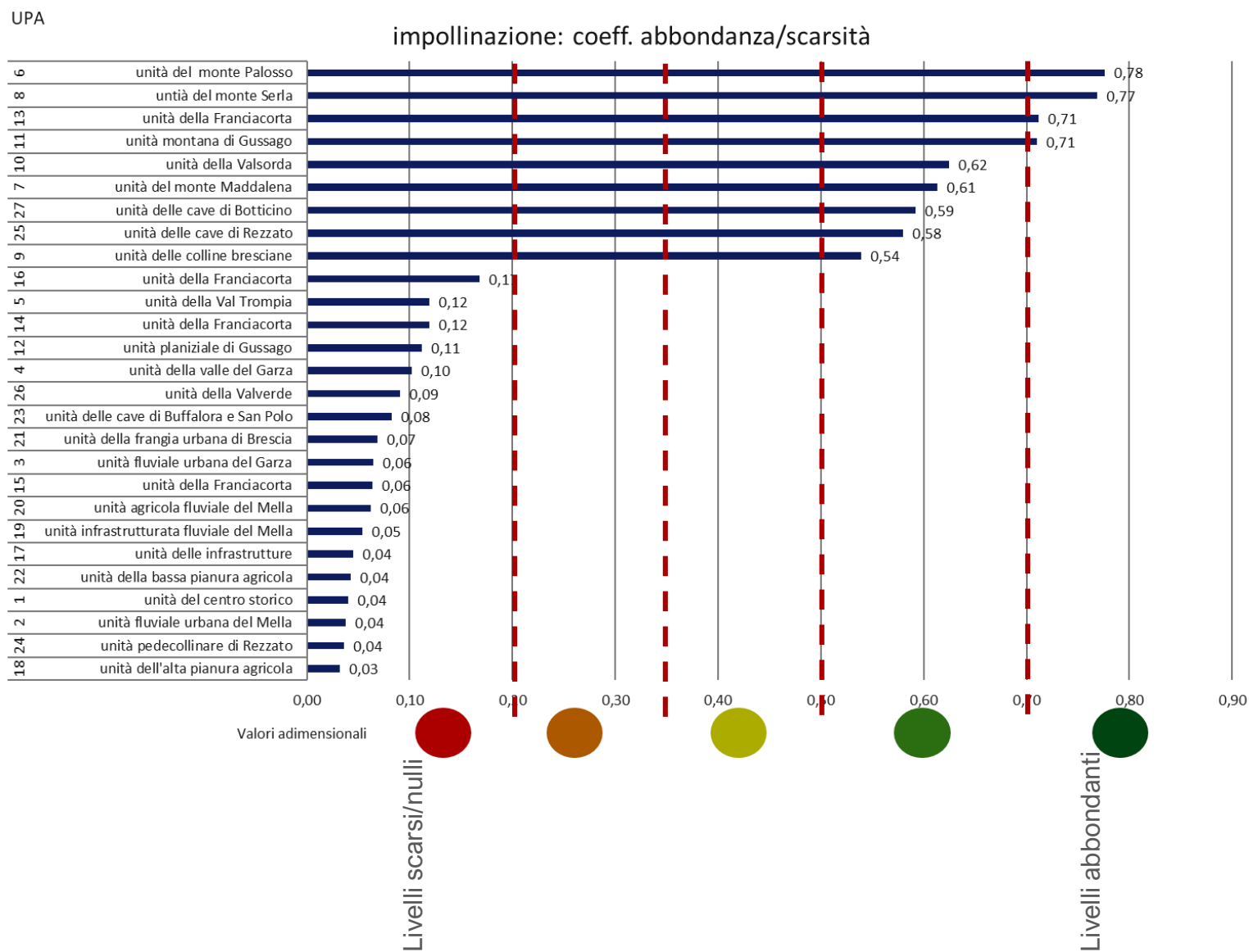
Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

## Commento dei risultati

Come precedentemente descritto, il SE Impollinazione è inteso come un beneficio per l'uomo in quanto contribuisce al mantenimento delle colture e delle produzioni agricole.

Per questo motivo il SE di Impollinazione dovrebbe essere più importante nelle UPA in cui si fa agricoltura e in particolare in quelli nei quali risulta scarso.

Se, infatti, non si riscontrano particolari criticità per quanto riguarda gli ambiti collinari/prealpine, molto più critici risultano tutti quelli di pianura, che presenta una dominante connotazione antropica, sia essa agricola che urbano tecnologica e al contempo una pressoché totale assenza di ecosistemi in grado di supportare il SE di Impollinazione.



# Supporto

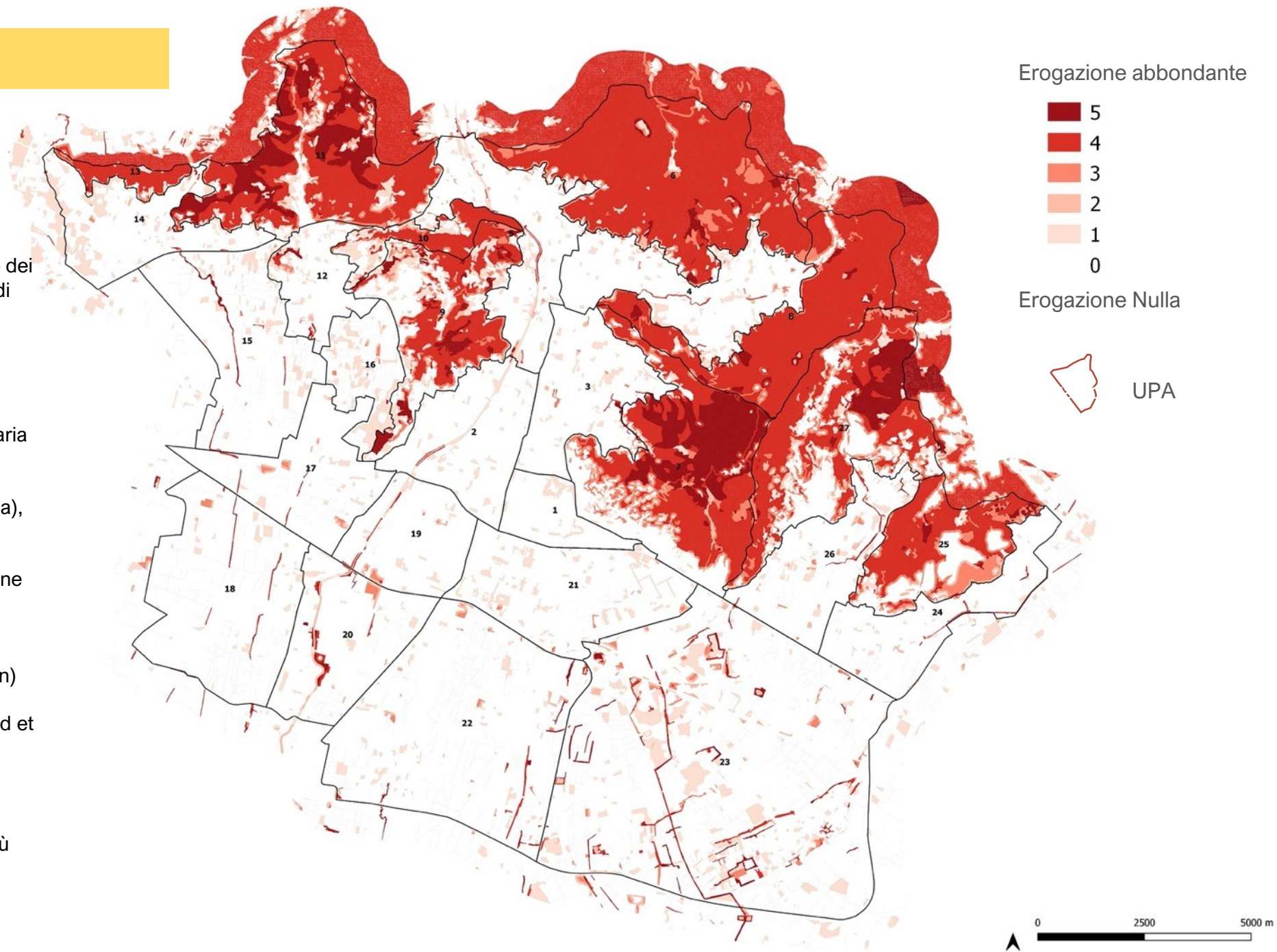
## Rappresentazione cartografica

Il SE Supporto sintetizza le funzioni della vegetazione al fine dell'equilibrio degli ecosistemi e fornisce una prima approssimazione dello stock complessivo dei Servizi Ecosistemici, in particolare quelli di Regolazione.

Il SE Supporto qui analizzato è costruito utilizzando un indicatore che si basa sul metabolismo dell'ecosistema vegetale (quantità di biomassa vegetale prodotta attraverso la fotosintesi, produttività primaria lorda e respirazione della vegetazione di un'unità ecosistemica rapportati al valore massimo teorico di quel tipo di ecosistema). Si tratta di una grandezza che Il SE "Supporto" trova le seguenti diciture corrispondenti nel sistema di classificazione CICES V.5.1:

- Maintaining nursery populations and habitats (Including gene pool protection)

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Regolazione del microclima in maniera più efficace.



# Supporto

## Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

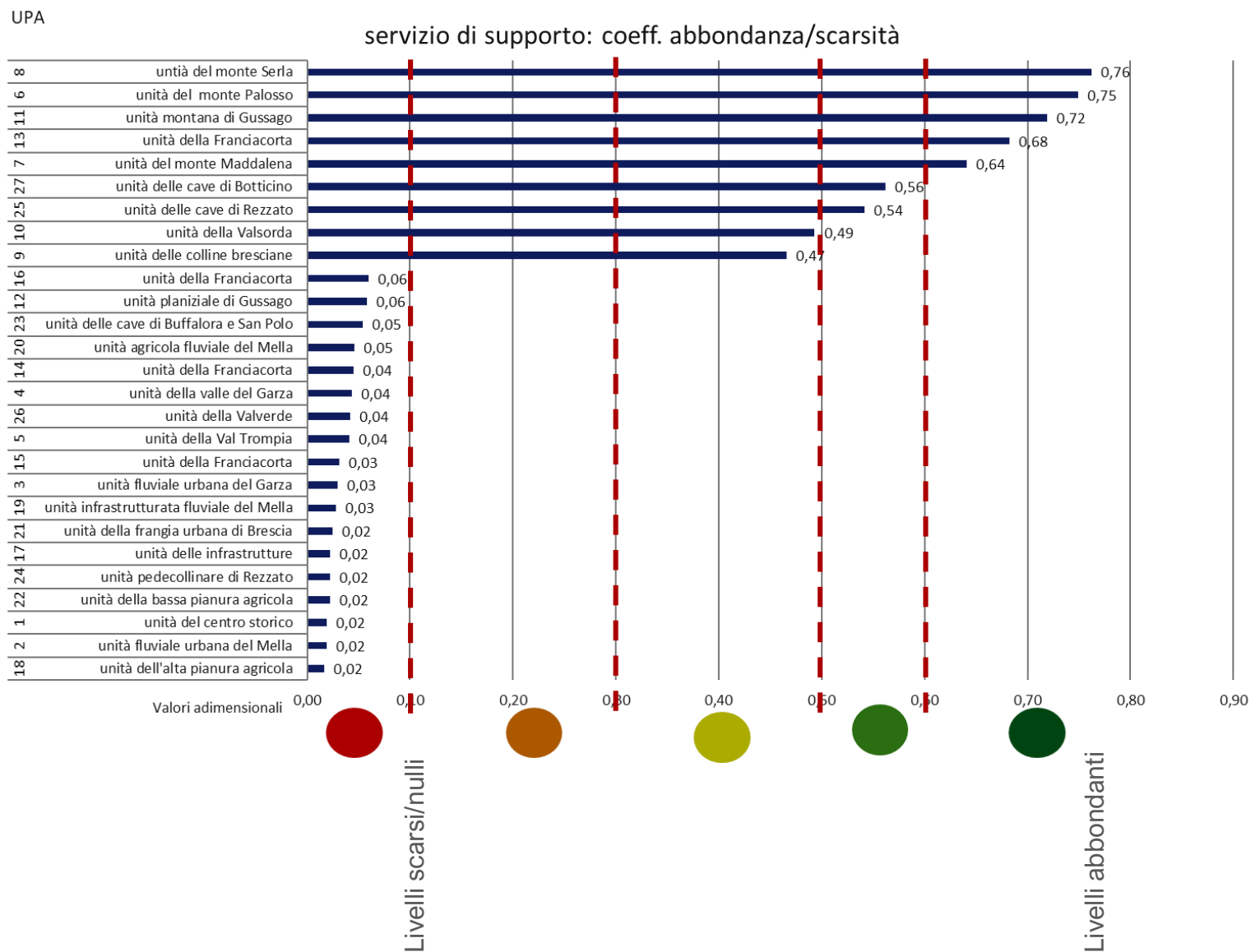
## Commento dei risultati

L'andamento dei dati di abbondanza/scarsità del SE Prodotti delle foreste ricalca quanto rilevato da tutti i SE di regolazione analizzati.

Si nota un andamento generale che vede l'estrema polarizzazione di risultati: le scarsità concentrate nelle UPA planiziale dove maggiori sono le pressioni antropiche di diverso tipo, situazioni migliori nelle UPA collinari e prealpine. Si rileva l'assenza di situazioni intermedie.

Questa distribuzione dei valori è tipica dei paesaggi nei quali vi è un alto contrasto e concentrazione di ecosistemi un'unità specifiche. Ciò peraltro rileva l'importante ruolo regolatore e di mitigazione delle pressioni urbane, giocato dalle UPA collinari e prealpine.

Si segnala la situazione di particolare criticità per le UPA fluviali del Mella e del Garza.



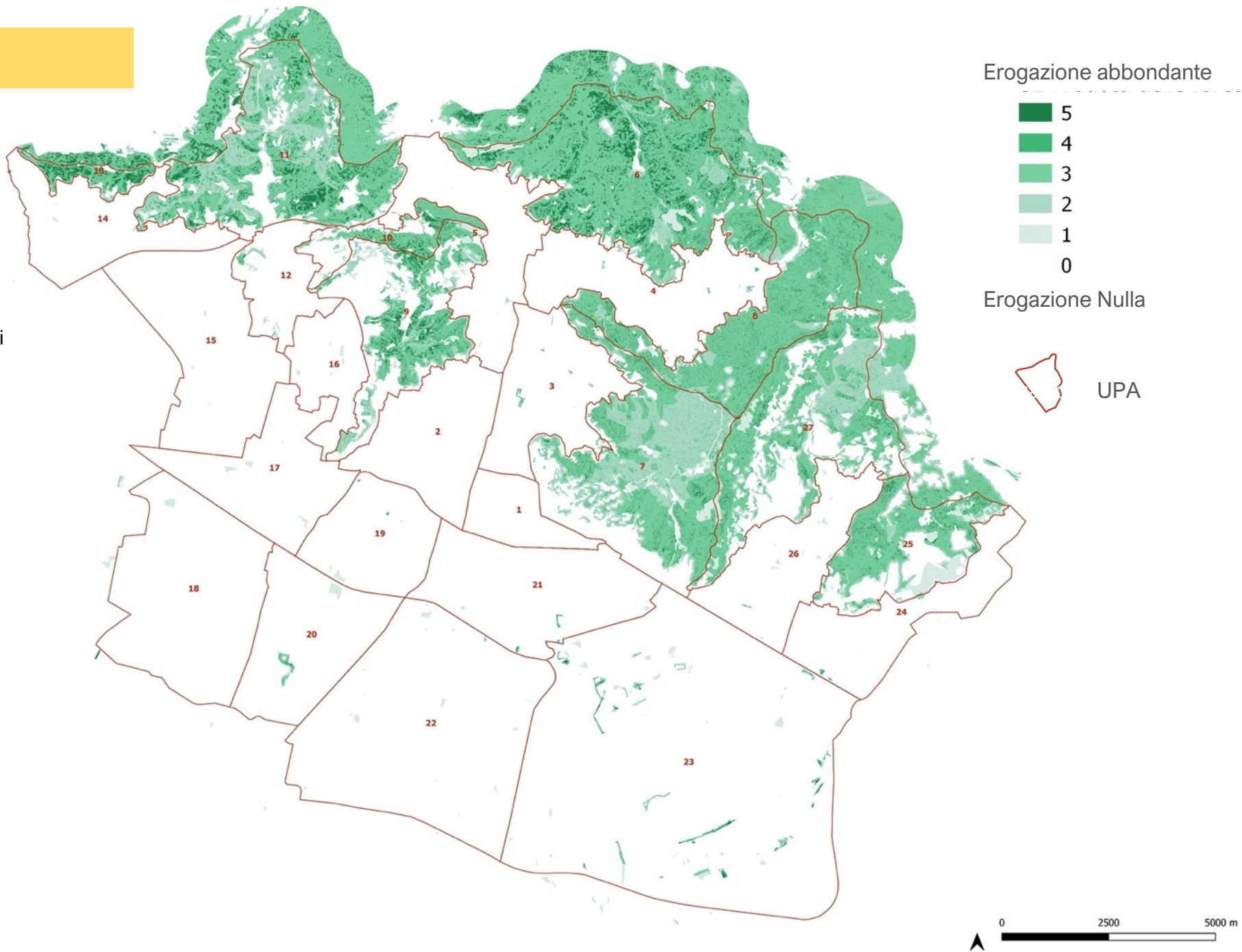
# Prodotti delle foreste

## Rappresentazione cartografica

Il SE Prodotti delle foreste, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di produrre legname utilizzabile per vari scopi (costruzione, energia), e, in misura molto minore, altri prodotti dei boschi, quali funghi, frutti selvatici. In questo studio, abbiamo considerato gli ecosistemi forestali in grado di produrre legname, dunque sono considerate solo le superfici forestali gestite. Infatti, allo stato attuale, nei boschi non governati e in abbandono non viene prelevato legname. Con “Prodotti delle foreste” si include all’interno di questa specifica categoria le seguenti tipologie di SE così come classificate nel sistema CICES V.5.1:

- Fibers and other materials from wild plants for direct use or processing (excluding genetic materials)
- Wild plants (terrestrial and aquatic, including fungi, algae) used as a source of energy

Dall’applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio Prodotti delle foreste in maniera più efficace.





## Prodotti delle foreste

### Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

### Commento dei risultati

L'andamento dei dati di abbondanza/scarsità del SE Prodotti delle foreste ricalca quanto rilevato da tutti i SE di regolazione analizzati, e il medesimo del SE supporto.

I risultati mostrano per questo SE una estrema polarizzazione dei risultati.

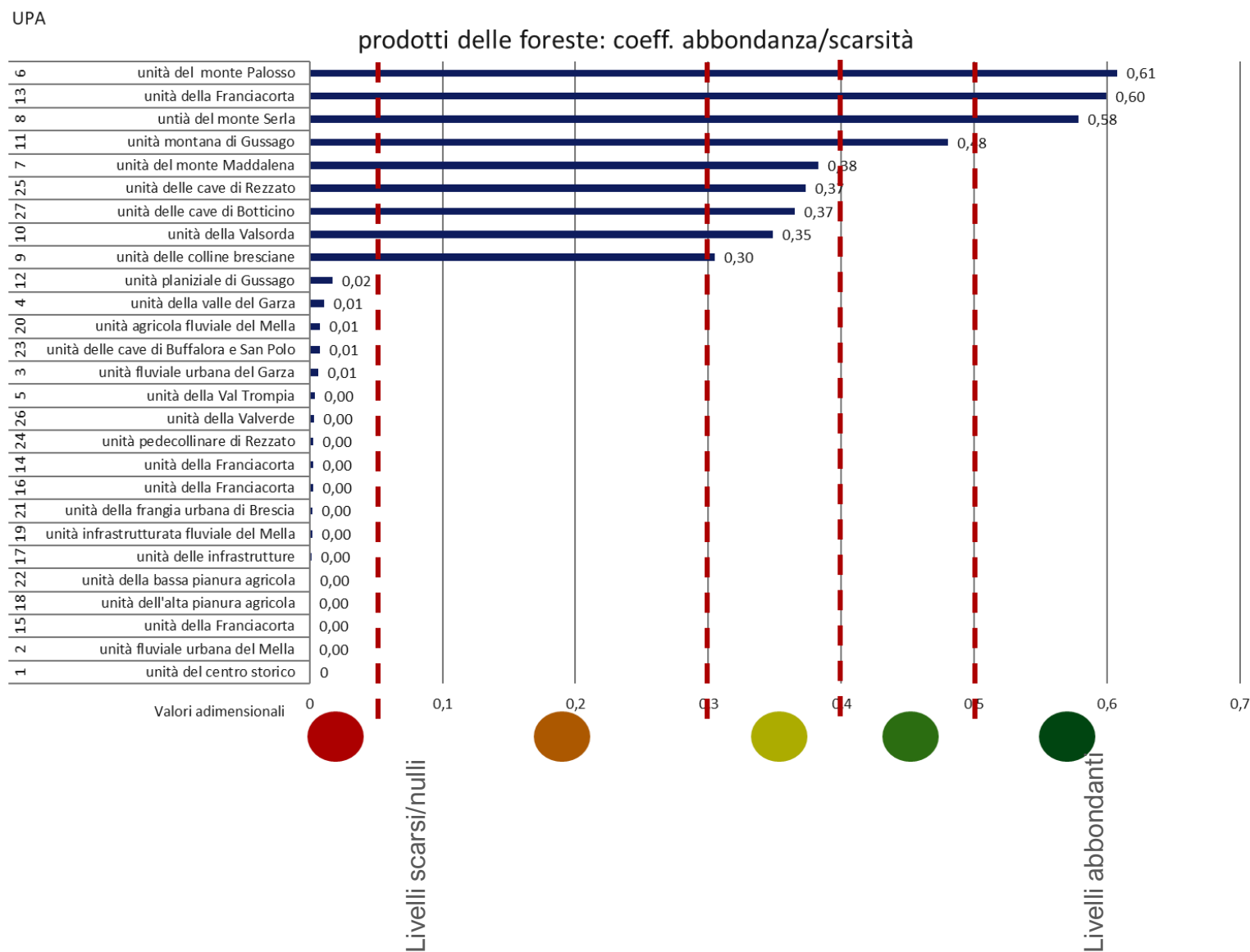
Le UPA collinari e prealpine sono le aree di maggior concentrazione degli ecosistemi forestali pertanto, anche il SE correlato è ivi localizzato. E' necessario sottolineare che il livello di erogazione del SE Prodotti delle foreste, è fortemente connesso alla modalità di gestione dei boschi.

In questo senso una gestione multifunzionale dei boschi di versante, orientata alla selvicoltura naturalistica, potrebbe contribuire a migliorare anche la capacità di erogazione di altri SE come quelli di Controllo dell'erosione, specie in contesti caratterizzati dalla presenza di dissesti diffusi e dalla necessità di bilanciare pressioni poste in territori contermini.

Tali concentrazioni mostrano inoltre un potenziale significativo dal punto di vista della gestione di questi territori e della possibilità di attivare economie locali connesse alla filiera del legno.

Nelle UPA di pianura (tutte le UPA di pianura indifferentemente dal livello di urbanizzazione) si riscontrano le situazioni di maggior criticità date dall'assenza di boschi e foreste.

A maggior ragione i SE Prodotti delle foreste, risulta essere particolarmente importante per tutte le UPA dell'ambito di inquadramento.



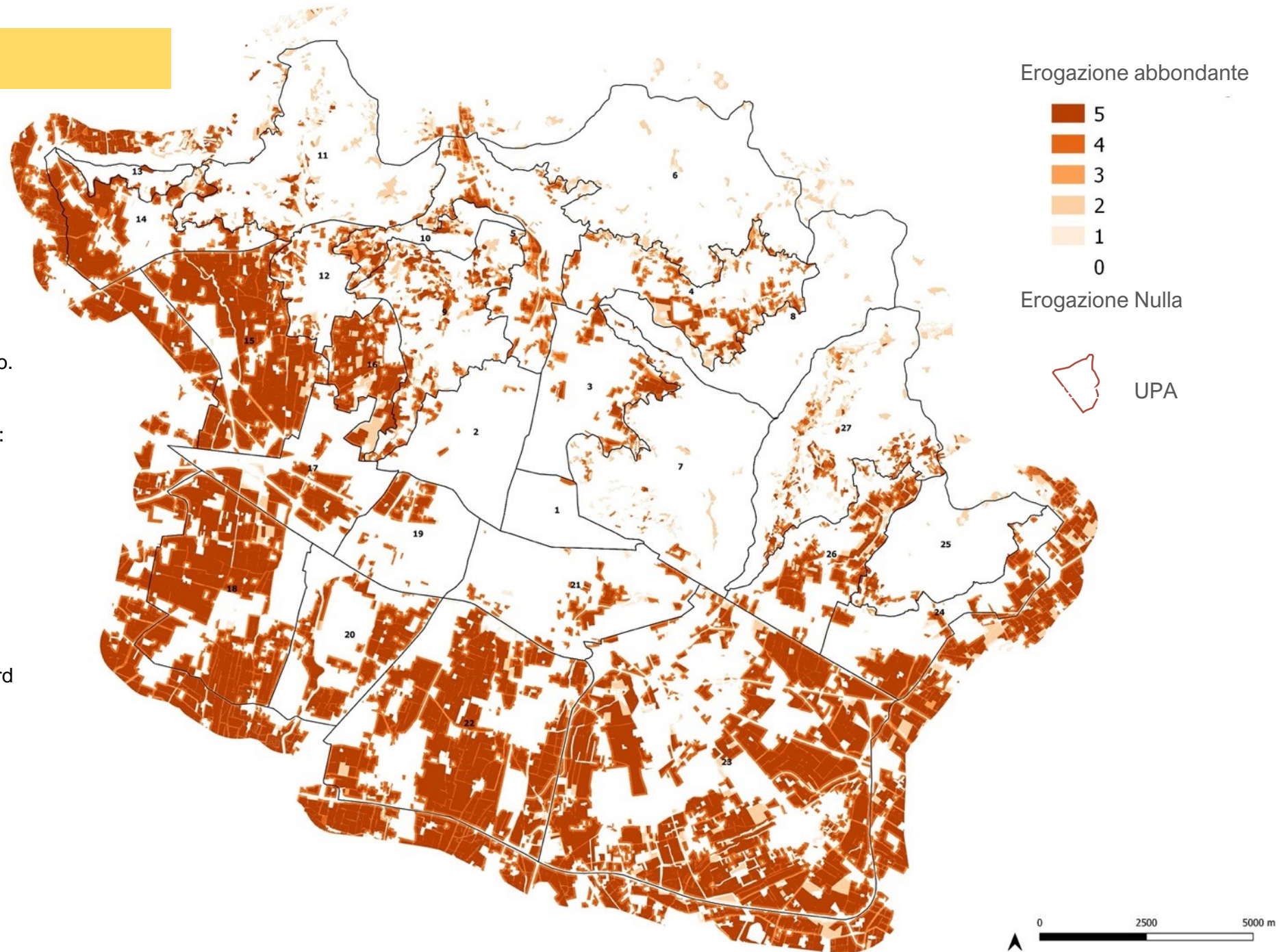
# Prodotti dell'agricoltura

## Rappresentazione cartografica

Il SE Prodotti dell'agricoltura, si riferisce alla capacità degli ecosistemi di fornire materie prime, quali piante per uso alimentare o altro (ad esempio per la produzione di foraggio, medicinali, bioenergie, ecc.). In questo senso l'agroecosistema rappresenta l'attore principale in grado di erogare tale servizio. Con "Prodotti dell'agricoltura" si includono le seguenti tipologie di SE così come classificate dal sistema Cices V.5.1:

- Cultivated terrestrial plants (including fungi, algae) grown for nutritional purposes
- Fibres and other materials from cultivated plants, fungi, algae and bacteria for direct use or processing (excluding genetic materials)

Dall'applicazione della matrice di Burkhard et al. 2014 modificata, è stata ottenuta la seguente mappa. I colori più scuri evidenziano gli ecosistemi che potenzialmente erogano il servizio di Prodotti dell'agricoltura in maniera più efficace.



## Prodotti dell'agricoltura

### Stima dell'abbondanza e scarsità del SE

Di seguito sono riportate in formato grafico, le stime quantitative in termini di abbondanza e scarsità nelle UPA e le relative soglie.

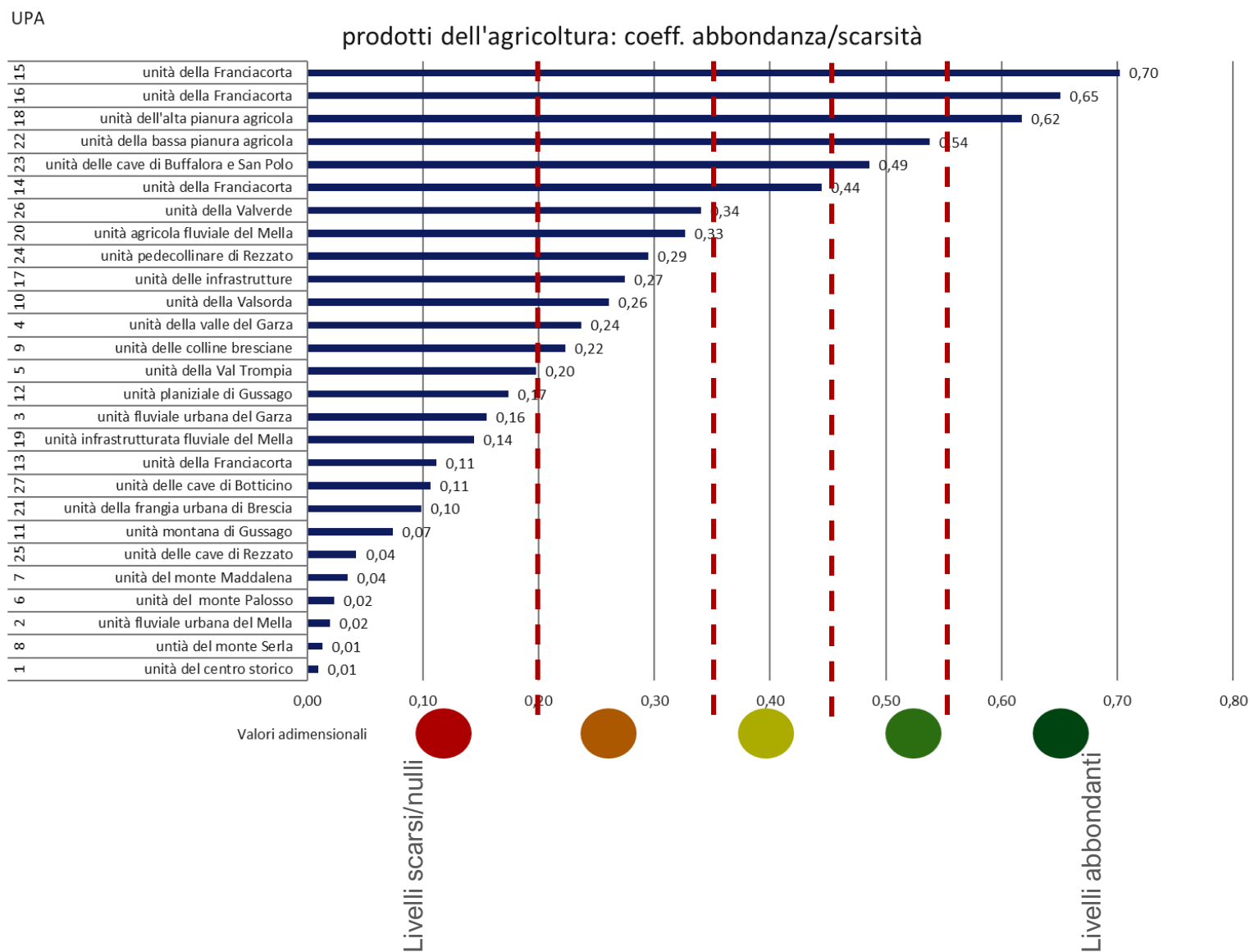
### Commento dei risultati

Per quanto riguarda il territorio della Cintura Metropolitana di Brescia, le UPA che supportano il SE Prodotti dell'agricoltura sono localizzati nella pianura (UPA 18, 20, 22, 23) e nelle UPA pedecollinari della Franciacorta (UPA 12, 14, 16). Si tratta unità dove il presidio agricolo risulta essere ancora un aspetto fondante e strutturante questi paesaggi, ancorché la presenza di pressioni insediative e infrastrutturali che frammenta in modo significativo le aree agricole.

Per questo motivo all'interno di queste UPA il SE Prodotti dell'agricoltura, anche se non scarso, risulta essere particolarmente importante per la sopravvivenza e funzionalità socio ecologica di questi paesaggi.

Le UPA urbanizzate sono anche in questo caso povere di questo SE, se non per la presenza di piccoli frammenti agricoli sparsi, interclusi tra le aree urbanizzate e/o i versanti boscati, sconnesse tra loro con funzionalità produttiva fortemente compromessa. Le aree agricole delle UPA 17, 19, 20, 21 oltre che limitata estensione e produzione di questo SE, risultano fortemente interferite da insediamenti ed infrastrutture.

Pressoché assente l'erogazione di questo SE nelle UPA collinari/prealpine dove si registra l'assenza di agro-ecosistemi.



# ABBONDANZE E SCARSITÀ: QUADRO FINALE CONCLUSIONI

## Dai SE Scarsi ai SE prioritari nelle UPA

La tabella a fianco riporta una quadro sintetico dei risultati ottenuti dallo studio dei SE nelle UPA.

Le analisi svolte hanno permesso di individuare i SE scarsi.

Si nota un andamento generale che vede l'estrema polarizzazione di risultati: le scarsità concentrate nelle UPA pianiziale dove maggiori sono le pressioni antropiche di diverso tipo, situazioni migliori nelle UPA collinari e prealpine.

Si rileva l'assenza di situazioni intermedie. Questa distribuzione dei valori è tipica dei paesaggi nei quali vi è un alto contrasto e concentrazione di ecosistemi un unità specifiche. Ciò peraltro rileva l'importante ruolo regolatore e di mitigazione delle pressioni urbane, giocato dalle UPA collinari e prealpine. Sei segnala la situazione di particolare criticità per le UPA fluviali del Mella e del Garza.

A partire da questi risultati e:

- dalle elaborazioni descritte negli altri allegati;
- dall'analisi dei fenomeni e processi di Vulnerabilità e Resilienza (Allegato 6)

verranno individuati i SE prioritari, ossia quelli che orientano la definizione del Programma d'Azione del Piano Strategico per il Parco di Cintura Metropolitana.

Si specifica che ogni UPA detiene le proprie caratteristiche e peculiarità. Dunque, la scarsità associata ad uno specifico SE talvolta può non rappresentare un aspetto di rilevanza/importanza per una data UPA, mentre può esserlo per altre. Ad esempio, il SE di Controllo dell'erosione, può essere considerato "poco importante" nelle UPA di pianura, in quanto i processi erosivi sono meno significativi, mentre assume un significato maggiore nelle UPA collinari.

	UPA	REGOLAZIONE CO2	REGOLAZIONE CICLO ACQUA	PROTEZIONE EVENTI ESTREMI	CONTROLLO EROSIONE	PURIFICAZIONE DELL'ACQUA	MICROCLIMA	IMPOLLINAZIONE	PRODOTTI AGRICOLTURA	PRODOTTI DELLE FORESTE	SERVIZIO DI SUPPORTO
1	unità del centro storico	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso
2	unità fluviale urbana del Mella	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso
21	unità della frangia urbana di Brescia	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso
19	unità fluviale del Mella caratterizzata da infrastrutture	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso
3	unità fluviale urbana del Garza	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso
17	unità delle infrastrutture	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
24	unità pedecollinare di Rezzato	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
4	unità della valle del Garza	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
26	unità della Valverde	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
20	unità agricola fluviale del Mella	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
5	unità della Val Trompia	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso < 0,2	scarso	scarso
12	unità pianiziale di Gussago	scarso	Scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso < 0,2	scarso
14	unità della Franciacorta	scarso	scarso < 0,2	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso	basso	scarso	scarso
22	unità della bassa pianura agricola	scarso	basso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso		scarso	scarso
18	unità dell'alta pianura agricola	scarso	basso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso		scarso	scarso
15	unità della Franciacorta	scarso < 0,2 <sup>1</sup>	basso	scarso	scarso	scarso	scarso	scarso		scarso	scarso
23	unità delle cave di Buffalora e San Polo	scarso	basso	scarso < 0,2	scarso	scarso	scarso	scarso	Basso < 0,5	scarso	scarso
16	unità della Franciacorta	scarso	basso	scarso	Scarso < 0,2	Scarso < 0,2	Scarso < 0,2	Scarso < 0,2		scarso	scarso < 0,2
9	unità delle colline bresciane		basso	basso	basso	basso			basso	basso	basso
10	unità della Valsorda		basso	basso	basso	basso			basso	basso	Basso < 0,5
25	unità delle cave di Rezzato		basso	basso	basso	basso			scarso	basso	
27	unità delle cave di Botticino		basso	basso	basso	basso			scarso	basso	
7	unità del monte Maddalena		Basso < 0,5 <sup>2</sup>	basso	basso	Basso < 0,5			scarso	basso	
11	unità montana di Gussago			Basso < 0,5	Basso < 0,5				scarso	Basso < 0,5	
13	unità della Franciacorta								scarso		
6	unità del monte Palosso								scarso		
8	unità del monte Serla								scarso		

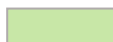


Livello di erogazione da scarso ad assente (ORIENTA LA INDIVIDUAZIONE DEI SE PRIORITARI)

Livello di erogazione basso

1) UPA con valore più prossimo al limite 0,2 per il SE indagato

2) UPA con valore più prossimo al limite 0,5 per il SE indagato



Livello di erogazione buono (SE ABBONDANTE)

## BIBLIOGRAFIA

Burkhard, B., et al., (2014). *Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification*. Landscape Online, 34(1): 36-37

Comitato Capitale Naturale, (2019). *Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*. Roma: Comitato Capitale Naturale.

de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L., (2010). *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making*. Ecological Complexity 7, 260–272.

Ferrari, M. & Geneletti, Davide, (2014). *Mapping and assessing multiple ecosystem services in an alpine region: A study in Trentino, Italy*. Annali di Botanica. 4. 65-71.

Gaglioppa, P. e Marino, D., (a cura di), (2016). *Life MGN, Manuale per la valutazione dei Servizi Ecosistemici e l'implementazione dei PES nelle aree agroforestali - Applicazione del modello di governance "Making Good Natura" nei siti natura 2000 (e non solo)" - CURSA, Roma.*

Haines-Young, R. e Potschin, M., (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Available from: [www.cices.eu](http://www.cices.eu)

Ingegnoli, V., (1993), *Fondamenti di Ecologia del paesaggio*. Milano, CittàStudi.

Ingegnoli, V., (2002), *Landscape Ecology: A Widening Foundation*. Berlin, New York., Springer- Verlag.

Ingegnoli, V., Giglio E., (2005), *Ecologia del Paesaggio: manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente*. Sistemi editoriali SE, Napoli.

Kandziora, M., Burkhard, B. & F. Müller, (2013). *Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution*. Ecosystem Services 4, 47-59.

Kaiser, G., Burkhard, B., Römer, H., Sangkaew, S., Graterol, R., Haitook, T., Sterr, H. & D. SakunaSchwartz, (2013). *Mapping tsunami impacts on land cover and related ecosystem service supply in Phang Nga, Thailand*. Natural Hazards and Earth System Sciences 13, 3095-3111.

Maes, J., Paracchini, M.L., Zulian, G., (2011). *A European Assessment of the Provision of Ecosystem Services: Towards an Atlas of Ecosystem Services*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2788/63557, p. 81.

Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystem and Human Well being: A framework for Assessment*. Island Press, Washington, Covelo, London.

Morri, E. e Santolini, R., (2013). *Valutare i servizi ecosistemici: un'opportunità per limitare i disturbi al Paesaggio*. In: C. Battisti, M. Conigliano, G. Poeta, C. Teofili (Eds), Biodiversità, disturbi, minacce. Udine: Forum Editrice. pp. 178-182.

Nedkov, S. & B. Burkhard, (2012). *Flood regulating ecosystem services - Mapping supply and demand*, in the Etropole municipality, Bulgaria. Ecological Indicators 21: 67-79.

Santolini, R., Morri, E., D'Ambrogi, S., (2016). *Connectivity and ecosystem services in the Alps*. In: Alpine Nature 2030: Creating [ecological] connectivity for generations to come. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB) Public Relations Division, 11055 Berlin, Germany. Pp 107-114.

Santolini, R. e Morri, E., (2017). *Criteri ecologici per l'introduzione di sistemi di valutazione e remunerazione dei Servizi Ecosistemici (SE) nella progettazione e pianificazione*. In: La dimensione europea del consumo di suolo e le politiche nazionali, CRCS Rapporto 2017. Roma: INU ed. pp149-154.

Santolini R., Morri E., Panza G., Pasini G., (in stampa). *Linee guida per un approccio ecosistemico alla pianificazione: Mappatura e Valutazione dei Servizi Ecosistemici*. Regione Emilia Romagna, pp21.

Scolozzi, R., Morri, E., Santolini, R., (2012). *Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes*. Ecological Indicators 21, 134–144.

TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*.

Vihervaara, P.; Kumpula, T.; Ruokolainen, A.; Tanskanen, A. & B. Burkhard, (2012). *Using detailed biotope data for Ecosystem service assessment in Natural protection areas*. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 8 (1-2). 169-185.