

# ALLEGATO 4A.

Indicatori per la stima delle  
vulnerabilità:

descrizioni, dati, applicazione e mappe

## INDICATORI SPAZIALI PER LA STIMA DELLA VULNERABILITÀ NELLE UPA

Alcuni aspetti di Vulnerabilità possono essere descritti con strumenti di misura del mosaico paesistico ambientale (indicatori spaziali). Questi possono essere utilizzati per studiare le configurazioni degli elementi del paesaggio e le loro dinamiche, contribuendo alla descrizione interpretativa del paesaggio con valori numerici, quindi valutabili e monitorabili.

**Gli indicatori spaziali** sono strumenti di facile applicazione, che colgono gli effetti sull'ambiente e il paesaggio, attraverso le variazioni di uso del suolo, i cui dati sono le variabili più facilmente gestibili dai pianificatori. I dati sono elaborati in modo tale da fornire indicatori significativi di Vulnerabilità (V) e Resilienza (R). Inoltre a scala vasta si pongono come "proxy" di variazioni qualitative delle diverse componenti ambientali e, dunque, di alcuni Servizi Ecosistemici.

Inoltre sono utilizzabili per monitoraggi speditivi. I monitoraggi sono in genere complessi e onerosi e dunque si svolgono raramente. Invece gli indicatori spaziali, lavorando con i dati di trasformazioni di suolo, sono:

- facilmente popolabili, dunque utilizzabili,
- strumenti sintetici che “raccolgono” quanto accaduto nel territorio integrando più variabili ambientali,
- significativi delle trasformazioni stesse.

Gli indicatori spaziali scelti sono strumenti di misura della struttura del mosaico paesaggistico.

Sono pochi, sintetici, ma significativi, in grado di approssimare quantitativamente alcuni aspetti emergenti di vulnerabilità e resilienza riscontrate nelle diverse parti del territorio comunale.

Permettono di descrivere quantitativamente alcuni aspetti associabili alle Vulnerabilità e Resilienze riscontrate, confrontando lo stato e le trasformazioni (dinamiche) del sistema.

Gli indicatori spaziali selezionati e di seguito descritti sono:

Indicatore	Descrizione sintetica
Biopotenzialità territoriale (Btc)	Capacità biologica espressa dagli spazi aperti in base al tipo di copertura del suolo e all'estensione dei singoli elementi rilevati. Stima l'efficacia ecologica complessiva delle funzioni degli ecosistemi (tra cui microclima, biodiversità, assorbimento di CO <sub>2</sub> ).
Dimensione delle tessere	Esprime l'estensione media (superficie) delle differenti tipologie di spazi aperti. Più ampi sono le patches più aumentano le potenzialità funzionali e si riducono gli effetti dei disturbi al contorno.
Disturbo ai margini causato dalle infrastrutture stradali	Individua gli areali di interferenza adiacenti alle infrastrutture stradali, in base al peso del traffico. Le porzioni di spazi aperti disturbati presentano una funzionalità ridotta rispetto alle potenzialità.
Indice di superficie drenante (Idren)	L'indice è il rapporto tra la superficie drenante e la superficie totale di ogni ambito e rappresenta la percentuale di suolo non impermeabilizzato all'interno di un dato ambito. Esprime, in termini percentuali, gli effetti dell'urbanizzazione sulla riduzione dei servizi ecosistemici erogati dal suolo libero.

I valori numerici sono valutabili e monitorabili, permettono di mettere a confronto:

- unità spaziali diverse, restituendo livelli propri di Vulnerabilità di ogni Unità, oppure
- soglie temporali diverse della medesima unità spaziale,

consentendo di definire obiettivi anche quantitativi di sostenibilità, limiti di trasformazione, nonché indicare gli orientamenti più adatti e monitorarne le variazioni.

Gli indicatori spaziali sono stati selezionati in relazione alla loro significatività nei confronti dei fattori di Vulnerabilità (V) territoriale.

## **Gli Indicatori spaziali selezionati**

Ogni indicatore, affinché sia valido ed efficace, deve presentare alcune proprietà importanti:

### ***Rappresentatività:***

- Deve avere una relazione funzionale ben definita e nota con il fenomeno che si vuole sintetizzare;
- Deve essere la risultante di un numero appropriato di variabili; occorre evitare di usarne troppo poche, così come di inserirne troppe; in entrambi i casi la qualità dell'indicatore ne soffrirebbe;
- Deve avere validità sufficientemente generalizzabile a molte situazioni analoghe, anche se non identiche.

### ***Misurabilità:***

- Facilmente disponibili;
- Adeguatamente documentati e di buona qualità;
- Adattabili ad intervalli regolari nel rispetto delle procedure disponibili.

### ***Accessibilità***

- Deve avere una soglia di rilevanza analitica accessibile con tecniche standard (i rilevamenti dei dati e i calcoli dell'indice non devono essere operazioni complicate ed anzi andrebbero codificate e protocollate);
- Deve poter essere costruito in tempi compatibili con le necessità e le esigenze dei decisori;
- Deve essere sottoposto a vagli critici e a miglioramenti per essere sempre più efficace.

### ***Standardizzabilità***

- Deve essere facilmente utilizzabile in ambienti diversi;
- Deve essere facilmente comprensibile al maggior numero di persone.

### ***Operatività***

- Deve essere facilmente e direttamente utilizzabile per quantificare casi di intervento, costi e benefici,
- Deve procurare indicazioni chiare e utili per organizzare le azioni.

### ***Rilevanza ed utilità:***

- Fornire una immagine realistica e rappresentativa dello stato dell'ambiente;

- Essere semplice, di facile interpretazione;
- Delineare l'andamento nel tempo (la conoscenza dell'evoluzione storica rende l'indicatore interessante e permette di fare previsioni);
- Essere adattabile ai cambiamenti dell'ambiente e delle attività;
- Essere rilevanti per analizzare i fenomeni analizzati a scala nazionale e per delineare tendenze di interesse globale.
- Essere confrontabili rispetto ad una soglia o ad un valore di riferimento, così che gli utilizzatori possano tastarne l'utilità ed attribuire un corretto significato ai valori ad esso associato (l'utilizzo diventa più comprensivo, facile ed interessante)

Le caratteristiche che deve avere un indicatore non si diversificano in maniera significativa tra i diversi studiosi di questo argomento; possono cambiare nella forma e nelle diciture in base alle strutture, alle organizzazioni, alle agenzie che lavorano per l'ambiente a diversa scala territoriale.

In funzione del contesto analizzato, dello scopo prefissato e quindi di quanto enunciato precedentemente, si è optato per l'utilizzo di indicatori spaziali di tipo quantitativo, particolarmente indicati all'impiego, in quanto:

- Sono sensibili alle trasformazioni di suolo e, pertanto, facilmente monitorabili;
- Sono sintetici, ossia riescono a descrivere fenomeni che integrano più variabili ambientali, infatti
- Sono correlabili alle variazioni qualitative delle diverse componenti che, nel loro insieme, costituiscono la parte ambientale del paesaggio;
- Sono applicabili a diversi ambiti territoriali, consentendo di confrontarli evidenziandone differenze e caratteri propri, nonché di individuare criteri specifici di governo dei territori caratterizzati da differenti condizioni di vulnerabilità/resilienza.

Nei successivi paragrafi si riporta una descrizione dei indicatori spaziali utilizzati nel presente elaborato.

Per ognuno dei suddetti indicatori spaziali, vengono riportati:

- Definizioni e Principi di riferimento,
- Modalità di calcolo e interpretazione dei risultati

## **BIOPOTENZIALITÀ TERRITORIALE [Btc]**

### ***Definizioni, Principi di riferimento***

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. E' 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 V. G. E., 2005).

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),
- può essere utilizzata per 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, sugli 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.
- Può essere utilizzata per stimare il deficit biologico indotto da una trasformazione o il grado di depauperamento delle risorse ambientali attraverso il confronto tra soglie temporali.

### ***Modalità di calcolo e interpretazione dei risultati***

***Unità di misura: [Mcal/m<sup>2</sup>/anno]***

#### ***Dati necessari***

Mappa dell'uso del suolo dell'area di studio, percentuale di suolo impermeabile delle tipologie insediative e dati unitari di Btc.

#### ***Procedimento***

Attribuzione ai vari usi del suolo del valore di Btc unitario.

Nella Valutazione ambientale e per il controllo delle trasformazioni, la Btc viene applicata alle diverse tipologie di elementi di uso del suolo. 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>1</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 Btc regionale stimata da Ingegnoli (2011) corrisponde a 1,45 MCal/m<sup>2</sup>/anno. Questo valore costituisce parametro di riferimento per la valutazione dei valori dell'indicatore: i valori più bassi si riferiscono a UPA che consumano più di quello che producono in termini ecosistemici, i valori più alti di 1,45 MCal/m<sup>2</sup>/anno, segnalano le UPA che hanno un ruolo regolatore all'interno del mosaico territoriale .

---

<sup>1</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 incrinare 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.

Infatti gli ambiti che mostrano una Biopotenzialità maggiore dei 1,45 Mcal/m<sup>2</sup> anno, contribuiscono agli equilibri ambientali della regione. Viceversa, quelli che mostrano valori più bassi, sono quelli più “energivori”, in cui le risorse naturali sono meno presenti, gli ecosistemi più frammentati o impoveriti, dunque, meno vitali: gli ambiti sono più dipendenti da input energetici esterni al sistema, dunque più vulnerabili ed abbassano la Btc regionale: si tratta degli ambiti nei quali è più utile operare interventi di miglioramento dell’Infrastruttura Verde e Blu.

La tabella che segue riporta i valori unitari attribuiti ad ogni tipologia di uso e coperture del suolo presenti nella mappa di base e relativa banca dati di riferimento per il presente studio; permette inoltre stime circa il limite del depauperamento/degrado delle risorse ambientali. Le attribuzioni sono state effettuate previa verifica del dato cartografico numerico con le foto satellitari Google Earth (anno 2022). Si precisa che le alberate stradali sono individuate come elemento a sé stante nella Tavola che rappresenta l’Infrastruttura verde e blu di stato, ma per il calcolo della Btc sono inserite nella voce “Parchi e giardini in ambito urbano”.

Usi e coperture del suolo	Btc prodotta da 1 mq annualmente (Mcal/mq/anno)
Edificio, Piscina	0,00
Marciapiede, Parcheggio, Ponti, Strada, Vialetto	0,10
Ferrovia, Idrografia	0,20
Campo sportivo, Viale di ingresso	0,30
Culture floro-vivaistiche protette, Culture orticole protette, Suolo nudo	0,40
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive, Prato	0,80
Aree verdi incolte, Seminativi semplici	1,00
Culture orticole a pieno campo, Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive	1,20
Seminativi arborati	1,50
Cespuglieti in aree di agricole abbandonate, Culture floro-vivaistiche a pieno campo, Orti familiari,	1,60
Vigneti	1,80
Frutteti e frutti minori	2,00
Oliveti, Parchi e giardini in ambito urbano, filari	2,50
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	3,00
Boschi di latifoglie a bassa densità	3,50
Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto	4,00
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	4,50
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo in conversione o in evoluzione naturale	5,00
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	5,50

La Btc può essere utilizzata **come indicatore** per confronto tra misure applicate ad ambiti diversi, o al medesimo ambito in soglie temporali diverse: in genere più è alto il valore di Btc media prodotto dagli elementi che compongono il mosaico ambientale, maggiore è la capacità di autoregolazione del sistema paesistico ambientale.

La Btc può essere impiegata per calcolare il **deficit biotico** (degrado) indotto da una trasformazione territoriale, quindi valida per impostare e verificare progetti di recupero ambientale e monitorarne l’efficacia.

Il degrado degli ecosistemi può essere interpretato come un processo di perdita/riduzione dell’integrità ecosistemica. Questa è direttamente legata alle funzionalità ecologiche degli ecosistemi naturali presenti

in un certo ambito, alla loro robustezza, resilienza, quindi capacità di adattamento e autorigenerazione di fronte ad eventi imprevisi e imprevedibili.

Nella pianificazione di area vasta, la Btc può essere utilizzata per valutare il **grado di equilibrio** di diverse aree studio e le loro **tendenze evolutive**: mettendo a confronto i valori di Btc di diverse soglie temporali, e/o quelli di diversi ambiti appartenenti ad un contesto paesaggistico più ampio, si possono evidenziare le diverse condizioni di equilibrio degli ambiti, le loro funzioni prevalenti all'interno del mosaico ambientale modalità di evoluzione o degrado del territorio in esame.

Gli ambiti con **valori di Btc media superiori alla media** del valore di Btc dell'ambito di scala superiore, hanno generalmente funzioni di regolazione dell'intero sistema: mediamente in questi ambiti è presente una buona conservazione/produzione di risorse o un utilizzo limitato per cui le risorse utilizzate sono in grado di rigenerarsi; in ogni caso la produzione di risorse è maggiore del consumo.

Gli ambiti con **valori inferiori** possono avere funzioni varie: se prevalentemente naturali hanno funzioni di diversificazione degli habitat (sono un esempio gli ambiti di alta quota), se prevalentemente antropiche hanno funzione prevalente di consumo di risorse.

Queste indicazioni permettono di effettuare bilanci per indirizzare uno "sviluppo sostenibile" almeno a livello di ambito territoriale.

La valutazione avviene confrontando i valori di Btc di un certo ambito riferibili a più soglie temporali, con la Btc media regionale e con quella degli altri ambiti presenti. Viene presa in considerazione la Btc media, la Btc degli habitat umani (Btc Hu) e quella degli habitat naturali (Btc Hn).

Nello studio degli ambiti territoriali si verificano con una certa frequenza le seguenti situazioni:

- Diminuzione del valore di Btc media: corrisponde ad una perdita di capacità di autoriequilibrio e cioè a un degrado dell'ambito, di cui è utile andare a ricercarne le cause. È necessario controllare se il degrado si è generato in ambiti antropizzati o in ambiti naturali, per poi indirizzare al meglio la pianificazione. A questo fine si controllano i valori delle Btc del solo Hu e del solo Hn ed il "peso" che Btc Hn ha nei confronti di Btc media. Questo controllo permette di capire dove sono le cause del degrado ambientale. La diminuzione di Btc media fornisce l'entità del degrado ed i riferimenti target per un eventuale recupero.
- Il mantenimento nel tempo del valore di Btc media: corrisponde in genere ad una meta-stabilità del sistema paesistico ambientale. Spesso si rilevano trasformazioni territoriali abbastanza ingenti, pur con un mantenimento del valore di Btc media. Ciò può significare che il sistema è stato in grado di incorporare le trasformazioni innescando autonomamente processi auto-regolativi.
- Aumento del valore di Btc media: corrisponde generalmente ad un aumento della capacità di autoriequilibrio dell'ambito. Questo può succedere per esempio in alcune aree abbandonate dall'uomo e in via di rinaturalizzazione spontanea o guidata: in questi casi generalmente si passa da un equilibrio mantenuto attraverso l'impiego di energia introdotta dall'uomo a un tipo di equilibrio basato sull'energia propria del sistema stesso e l'indice registra questo tipo di trasformazione.

In base ai valori dell'Indice di Biopotenzialità media ottenuti nei diversi ambiti territoriali (nel nostro caso le Sub UPA), vengono generalmente identificate le classi di vulnerabilità.

Per il comune di Brescia sono state individuate le seguenti 5 classi:

Livello di vulnerabilità	Classe BTC media (Mcal/mq/anno)
BASSA	$X \geq 3,50$
MEDIO BASSA	$2 \leq X < 3,50$
MEDIA	$1,25 \leq X < 2$
MEDIO ALTA	$0,81 \leq X < 1$
ALTA	$X < 0,80$

La Biopotenzialità territoriale è inoltre in grado di leggere le seguenti vulnerabilità/criticità ambientali:

- frammentazione di ecosistemi e aree naturali anche a causa della banalizzazione degli ecosistemi;
- degrado degli habitat e degli ecosistemi;
- l'isola di calore;
- scarsità di processi regolativi nei confronti di qualità dell'aria e delle acque.

### **DISTURBO AI MARGINI CAUSATO DALLE INFRASTRUTTURE STRADALI**

Ogni elemento introdotto sul territorio sottrae superficie fisica all'ambito interessato sia per l'ingombro dell'opera realizzata che per un areale che lo circonda in cui la sua influenza disturba lo svolgimento normale delle funzioni o la vitalità degli ecosistemi.

La rete infrastrutturale (strade e ferrovie) determina la frammentazione, l'isolamento e, il degrado delle componenti ambientali, nonché l'alterazione del paesaggio percepito.

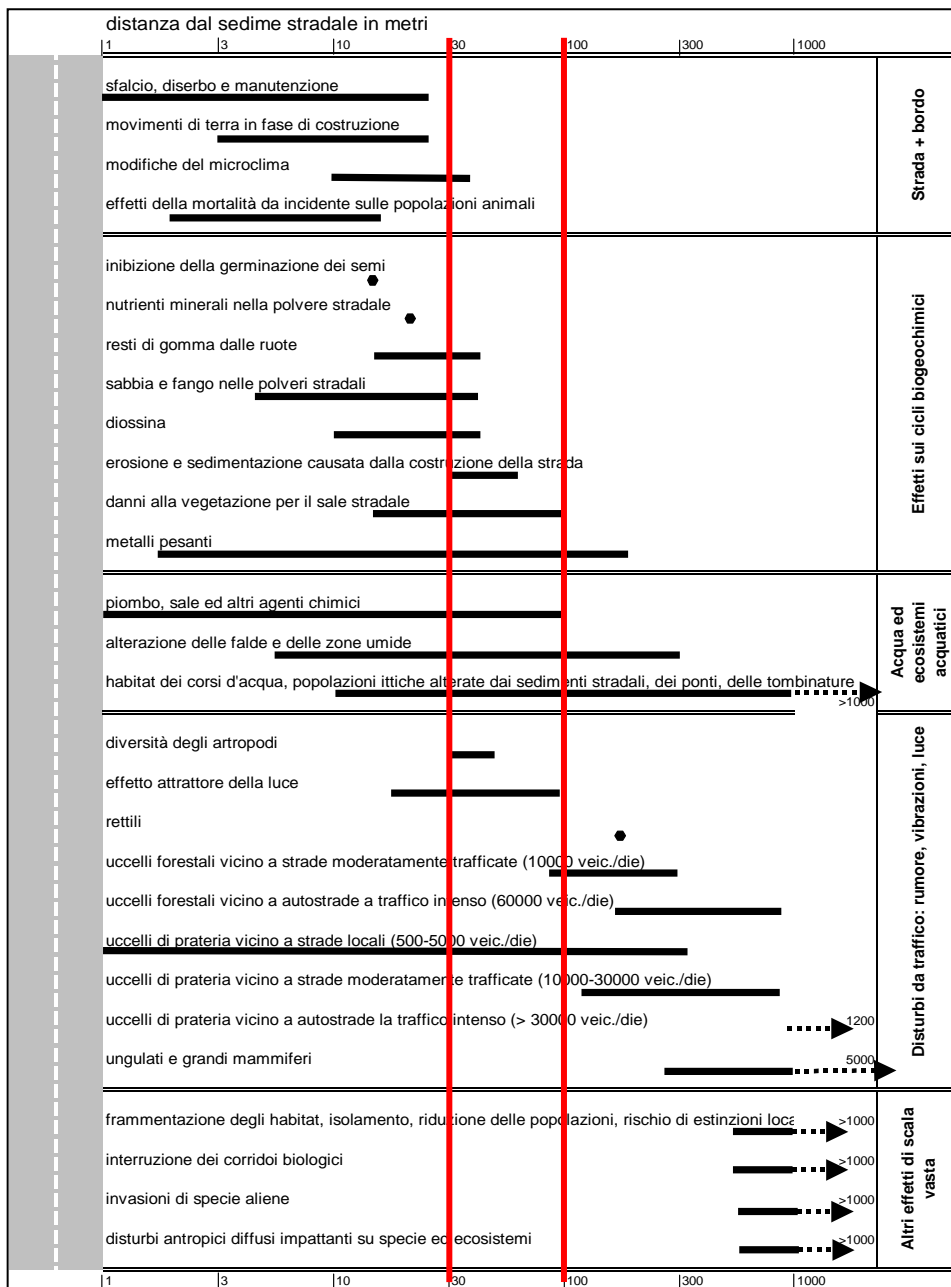
In particolare, il degrado delle componenti ambientali (disturbo) viene definito attraverso la definizione della superficie compresa entro i buffer tracciati a distanze definite dal ciglio stradale.

In riferimento alle infrastrutture lineari per la mobilità, la strada crea un disturbo che si estende inalterato dal sedime<sup>2</sup>.

L'immagine precedente riporta le distanze dal ciglio stradale, alle quali sono rilevabili alcuni tipi di impatti. Questi sono divisi per categorie, a seconda degli oggetti o delle componenti che vengono colpite. La linea verticale rossa in corrispondenza dei 30 metri di distanza dal ciglio stradale, indica la fascia colpita da quasi tutti gli impatti: per questo motivo, la fascia di 30 metri viene considerata come zona critica, con funzione prevalente di assorbimento delle emissioni e di diffusione degli effetti negativi delle strade

<sup>2</sup> Elaborazione da Forman, 2003. Richard T.T. Forman et al., *Road Ecology*, Island Press, Washington, Covelo, London, 2003





Un altro aspetto significativo sta nelle considerevoli distanze alle quali si estendono alcune tipologie d'impatto. Ad esempio gli impatti sulle comunità faunistiche dovuti alla frammentazione, possono avere ripercussioni a chilometri di distanza.

Le distanze considerate per costruire i buffer sono: 30 mt e 50 mt, entro tali distanze sono rilevabili i principali tipi di impatti legati alle modifiche al microclima, a residui di gomma, polveri, i principali inquinanti, agenti chimici e metalli pesanti, alterazione delle acque di falda, ...

- 50 metri sulle strade a maggior intensità di traffico (autostrade, tangenziali nord, statali, alcune strade;
- 30 metri strade provinciali e di accesso e scorrimento interne al tessuto urbano;
- 10 metri strade comunali urbane principali e di accesso ai quartieri.

Il disturbo ai margini è inoltre in grado di leggere le seguenti vulnerabilità/criticità ambientali:

- inquinamento dell'aria;
- impermeabilizzazione dei suoli;
- frammentazione e iperstrutturazione del territorio;
- incompatibilità reciproca tra elementi.

## **INDICE DI SUPERFICIE DRENANTE [Idren]**

### ***Definizioni, Principi di riferimento***

L'indice misura, in termini percentuali, gli effetti dell'urbanizzazione sulla riduzione dei servizi erogati dal suolo libero. L'indice Idren è il rapporto tra la superficie drenante e la superficie totale di ogni ambito e rappresenta la percentuale di suolo non impermeabilizzato all'interno di un dato ambito.

L'impermeabilizzazione del suolo è uno degli effetti dell'urbanizzazione che più incidono sull'aumento di vulnerabilità dei sistemi ambientali. Quanto alle acque meteoriche, l'impermeabilizzazione dei suoli tende a:

- intensificare i fenomeni alluvionali, riducendo le quantità d'acqua di infiltrazione e riducendo i tempi di corrivazione delle acque captate;
- riduce la ricarica delle falde e delle acque sotterranee;
- aumenta la necessità di realizzare reti di collettamento che, per essere efficienti, necessitano di un alto livello di complessità che spesso contrasta con la facilità d'uso, l'efficienza di funzionamento e i costi di gestione;
- trasforma l'acqua piovana da risorsa in refluo, in quanto la maggior parte delle acque sono convogliate nelle reti fognarie, sovraccaricandole e, con questo, riducendo l'efficienza depurativa e, dunque, inquinando i fiumi destinatari dei reflui depurati e degli sfiori;
- riduce la quantità d'acqua disponibile nel paesaggio, enfatizzando i problemi di siccità estiva e riducendo la quantità e qualità dei servizi ecosistemici che dipendono dall'acqua;
- riduce la quantità e qualità dei servizi ecosistemici e paesaggistici erogati dal suolo libero.

L'Indice di Superficie drenante può essere utilizzato per misurare gli effetti dell'urbanizzazione sulla permeabilità del suolo al fine di contribuire ad individuare i livelli di contenimento o riduzione della pressione antropica. La presenza di ampie superfici impermeabili è, pertanto, riconosciuta come un importante fattore di vulnerabilità.

### ***Modalità di calcolo e interpretazione dei risultati***

***Unità di misura: [%]***

***Dati necessari***

Mappa dell'uso del suolo dell'area di studio

***Procedimento***

Attribuzione ai vari usi e funzioni del coefficiente di permeabilità.

L'Idren è ottenuto a partire da una stima delle percentuali di superfici permeabili di ogni elemento iesimo per ogni classe di uso del suolo (Dusaf). Tale stima fornisce il coefficiente di superficie drenante per ogni

classe di uso del suolo ( $K_{dren}$ ). Questa viene utilizzata per la stima dell'indice  $I_{dren}$  dell'ambito considerato.

La formula utilizzata è la seguente  $I_{dren} = (A_{uso} * K_{dren}) / A_{UTdP}$ . Dove:

**$I_{dren}$**  = indice di superficie drenante

**$A_{uso}$**  = superficie totale di un elemento

**$K_{dren_i}$**  = coefficiente di sup. drenante dell'elemento  $i$ -esimo

**$A_{UTdP}$**  = area dell'ambito considerato

**$K_{dren_i}$**  viene attribuito di volta in volta a seconda dei dati di basi disponibili e della scala di lavoro. Nel nostro caso, lavorando con la cartografia DUSAF, agli elementi naturali e agricoli è stato generalmente attribuito il 100% di superficie permeabile ( $K_{dren} = 1$ ); per gli elementi del tessuto urbano-tecnologico è stata effettuata una verifica puntuale dell'incidenza delle superfici permeabili selezionando a campione alcune aree per ogni classe di uso del suolo del sistema Urbano-tecnologico.

La superficie drenante è ottenuta moltiplicando  $K_{dren}$  per la superficie di ogni tipologia di uso del suolo e l'indice è il rapporto tra la sommatoria delle superfici drenanti (Superficie drenante complessiva) e la superficie totale di ogni ambito.

La tabella riporta il valore di  $K_{dren}$  attribuito ad ogni classe di uso del suolo (in riferimento alle classi del Dusaf).

Usi e coperture del suolo	$K_{dren}$
Edificio, Piscina, Ponti, Strada, Vialetto	0,00
Marcia piede, Parcheggio	0,10
Ferrovia, Campo sportivo, Viale di ingresso, Colture floro-vivaistiche protette, Colture orticole protette	0,30
Suolo nudo, Parchi e giardini in ambito urbano	0,90
Prato	0,95
Idrografia, Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive, Aree verdi incolte, Seminativi semplici, Colture orticole a pieno campo, Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive, Seminativi arborati, Cespuglieti in aree di agricole abbandonate, Colture floro-vivaistiche a pieno campo, Orti familiari, Vigneti, Frutteti e frutti minori, Oliveti, Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree, Boschi di latifoglie a bassa densità, Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto, Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo, Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo in conversione o in evoluzione naturale, Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	1,00

In base ai valori dell'Indice di Superficie drenante ottenuti nei diversi ambiti spaziali, sono state identificate 5 classi di vulnerabilità riportate nella seguente tabella.

Livello di vulnerabilità	Classe $I_{dren}$ (%)
BASSA	$X \geq 85\%$
MEDIO BASSA	$70\% \leq X < 85\%$
MEDIA	$50\% \leq X < 70\%$
MEDIO ALTA	$35\% \leq X < 50\%$
ALTA	$X < 35\%$

L'Indice di superficie drenante è inoltre in grado di leggere le seguenti vulnerabilità/criticità ambientali prioritarie:

- consumo e impermeabilizzazione del suolo
- rischio idraulico elevato e di scadente qualità delle acque
- inquinamento (sfiori) e contaminazione delle acque (caffaro)
- destrutturazione del reticolo idrografico
- l'isola di calore
- qualità dell'aria

# APPLICAZIONE DEGLI INDICATORI PER IL PVB DI BRESCIA

## Biopotenzialità territoriale (Btc) e dimensione delle patches

### Finalità:

Stimare la capacità biologica complessiva degli spazi aperti in base al tipo di copertura del suolo e all'estensione dei singoli elementi rilevati attraverso un indice ecologico basato sulla produzione potenziale di biomassa delle diverse unità ambientali, espressa in MCal/m<sup>2</sup>/anno.

### Dati utilizzati

- mappatura degli usi e copertura del suolo nel territorio comune di Brescia, secondo le modalità descritte in Allegato 2,
- mappatura degli spazi aperti presenti nel territorio comune di Brescia, sempre secondo le modalità descritte in Allegato 2,
- coefficienti parametrici di Btc (Ingegnoli V., Giglio E., 2005),
- Sub Unità Paesistico Ambientali (shapefile elaborato dal GdL PVB),
- Foto satellitari Google Maps (anno 2022) e Street View.

### Tipo di elaborazione

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo;
- 2) Assegnazione del coefficiente parametrico di Btc (Btc prodotta da 1 mq) ad ogni tipologia usi e copertura del suolo;
- 3) Calcolo della produzione annua di MCalorie per ogni tipologia ambientale;
- 4) Calcolo della produzione annua di Btc per l'intera superficie comunale;
- 5) Calcolo della produzione annua di Btc per ogni Sub UPA.

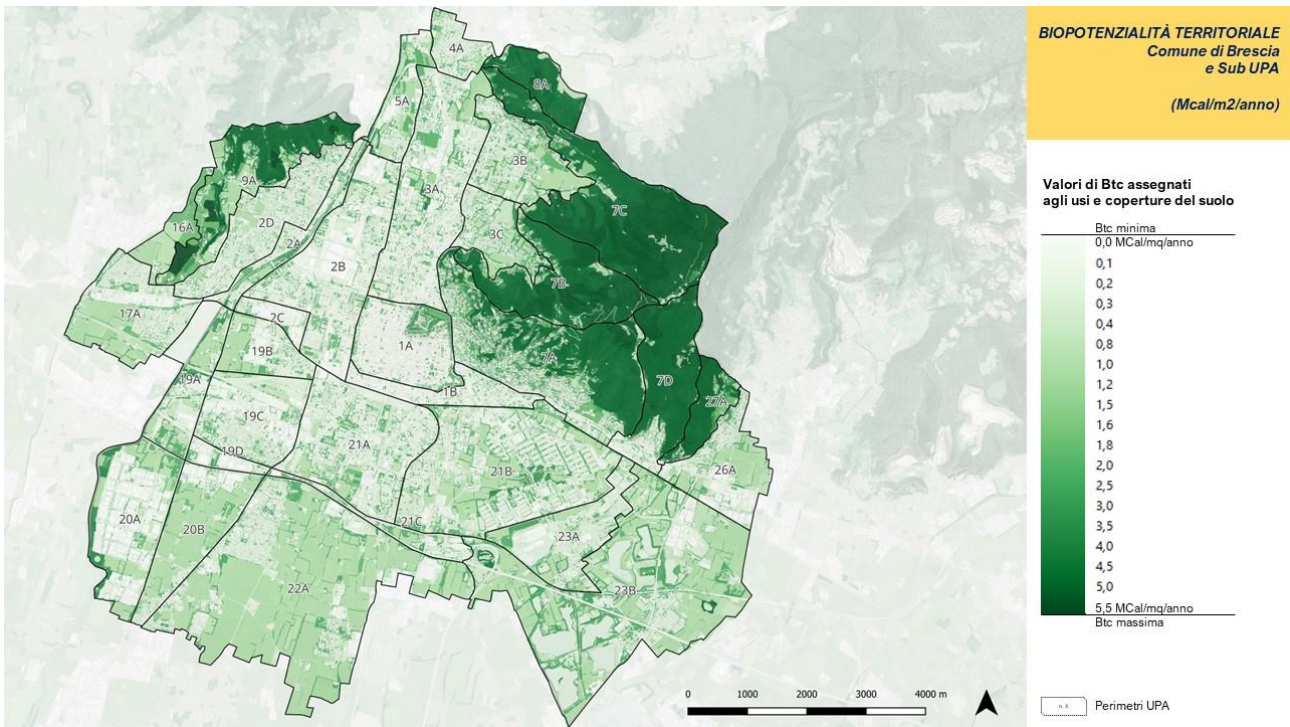
### Applicazione e commento

Di seguito si riporta la tabella che riepiloga Usi e copertura del suolo: tipologie, tessere, superfici e MegaCalorie prodotte.

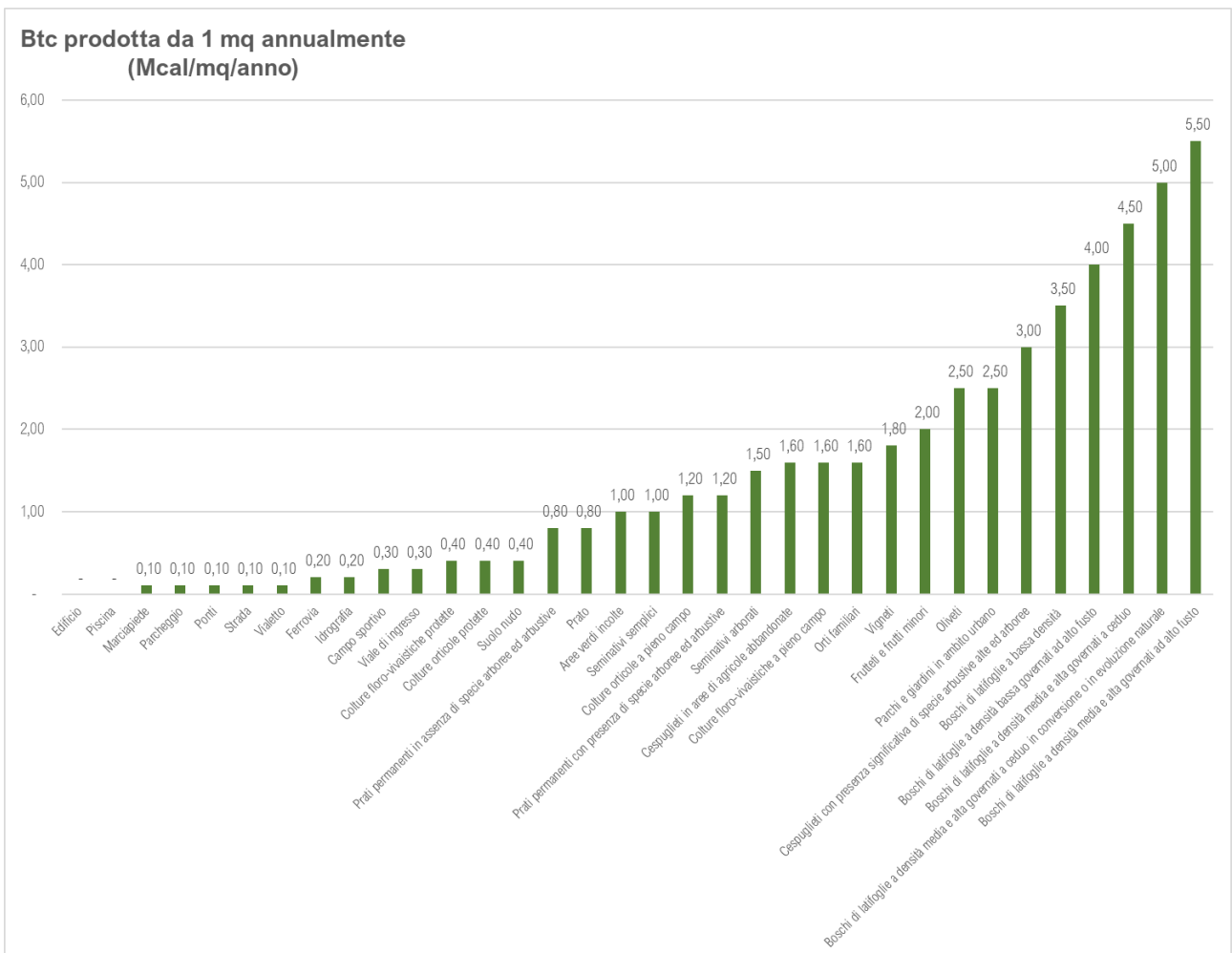
Usi e coperture del suolo	N° tessere	Sup. Complessiva (mq)	Btc prodotta da 1 mq annualmente (Mcal/mq/anno)	Mcal/anno Complessive
Edificio	74.564,00	11.994.555,75	-	-
Piscina	1.522,00	47.820,13	-	-
Marciapiede	5.092,00	1.843.623,15	0,10	184.362,31
Parcheeggio	5.313,00	3.303.807,87	0,10	330.380,79
Ponti	132,00	194.953,44	0,10	19.495,34
Strada	42,00	5.838.591,79	0,10	583.859,18
Vialetto	14.145,00	3.375.479,21	0,10	337.547,92
Ferrovia	8,00	509.275,82	0,20	101.855,16
Idrografia	142,00	1.330.549,89	0,20	266.109,98
Campo sportivo	185,00	528.619,07	0,30	158.585,72
Viale di ingresso	18.988,00	5.185.604,03	0,30	1.555.681,21
Colture floro-vivaistiche protette	2,00	507,95	0,40	203,18
Colture orticole protette	7,00	10.722,97	0,40	4.289,19
Suolo nudo	3.138,00	3.019.702,32	0,40	1.207.880,93
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	82,00	994.699,75	0,80	795.759,80
Prato	39.429,00	11.065.457,99	0,80	8.852.366,39
Aree verdi incolte	4,00	38.361,91	1,00	38.361,91
Seminativi semplici	422,00	13.594.894,62	1,00	13.594.894,62
Colture orticole a pieno campo	30,00	365.845,75	1,20	439.014,90
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive	19,00	33.706,31	1,20	40.447,57
Seminativi arborati	27,00	122.594,47	1,50	183.891,70
Cespuglieti in aree di agricole abbandonate	13,00	28.693,68	1,60	45.909,89
Colture floro-vivaistiche a pieno campo	9,00	14.626,25	1,60	23.402,00
Orti familiari	7,00	8.467,33	1,60	13.547,73
Vigneti	73,00	752.969,90	1,80	1.355.345,81
Frutteti e frutti minori	56,00	306.600,00	2,00	613.200,00
Oliveti	14,00	75.821,37	2,50	189.553,42
Parchi e giardini in ambito urbano	16.973,00	9.627.815,28	2,50	24.069.538,19
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	6,00	6.429,72	3,00	19.289,15
Boschi di latifoglie a bassa densità	845,00	2.169.573,64	3,50	7.593.507,75
Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto	108,00	305.064,18	4,00	1.220.256,72
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	246,00	9.140.961,04	4,50	41.134.324,66
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo in conversione o in evoluzione naturale	41,00	4.835.690,82	5,00	24.178.454,11
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	7,00	297.889,47	5,50	1.638.392,09
<b>TOTALE</b>	<b>181.691,00</b>	<b>90.969.976,85</b>		<b>130.789.709,31</b>

La Btc viene applicata alle diverse tipologie di usi e coperture del suolo. Il valore unitario di Btc moltiplicato per la superficie occupata complessivamente da ogni tipologia fornisce il valore totale di Mcal annue (Mcal/anno) prodotte da quell'uso-copertura del suolo: generalmente i valori più alti sono assegnati alle coperture che includono alta presenza di elementi vegetazionali maturi.

La mappa di seguito riportata mostra la distribuzione all'interno del territorio comunale degli usi e coperture del suolo: la gradazione di verde è in relazione alla propria capacità di produzione di Btc.



Il grafico che segue riporta i valori unitari attribuiti ad ogni tipologia di copertura del suolo, rappresentati nella mappa precedente.



La sommatoria delle MCal complessivamente prodotte da tutte le coperture presenti (130.810.958,28 MCal), divisa per l'estensione totale degli usi-coperture del suolo (90.536.832,95 mq<sup>3</sup>), fornisce la Btc media comunale pari a 1,44 MCal/mq/anno, risultato praticamente identico a quello della Btc regionale calcolato da Ingegnoli nel 2011. Questo valore può definire il riferimento per valutare i valori e gli andamenti delle Sub UPA e interventi/trasformazioni positive o negative rispetto alla Btc media che le diverse porzioni di territorio riescono a fornire.

Il valore di Btc media comunale si pone in posizione intermedia tra il valore di Btc dei Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive e il valore di Btc dei Seminativi arborati. Il valore 1,44 è superiore al valore di Btc dei prati (0,8) che è considerato il minimo accettabile in quanto riferibile al tipo di ecosistema naturale più semplice tra quelli presenti nel territorio comunale.

Il valore 1,44 è valido, soprattutto considerando il fatto che il territorio comunale è in gran parte inettessato dall'urbanizzazione. Ciò è dovuto grazie alla presenza dei giardini privati, delle fasce di cintura e delle ampie superficie boscate (ca 1.700 ha) che coronano la città. Queste ultime hanno il "peso" maggiore, nonostante coprano meno del 20% della superficie territoriale (cfr anche dato della tabella seguente "Btc media boschi" e Mcalorie annue prodotte pari a 2,5 volte le Mcalorie prodotte dal, pur significativo, verde urbano).

La Btc potrebbe avere valori più alti, inserendo Brescia tra i territori più rigenerativi della regione, ma risente della frammentazione (frammenti piccoli di aree verdi riferibili al verde urbano), e della scarsa funzionalità dei boschi: più della metà dei boschi sono infatti cedui. Il dato positivo è fornito da circa il ¼ della superficie boschiva formato da boschi cedui in conversione verso la fustaia.

Seguono i dati per l'intero territorio comunale

BOSCHI	
Sup. complessiva boschi (mq)	16.749.179,15
% Sup. boschi	18,41%
MCalorie annue prodotte complessivamente dai boschi	75.764.935,33
Btc media boschi (MCal/mq/anno)	4,52
PRATI + PARCHI E GIARDINI IN AMBITO URBANO	
Sup. complessiva (prati + parchi e giardini in ambito urbano) (mq)	20.693.273,26
% Sup. (prati + parchi e giardini in ambito urbano)	22,75%
MCalorie annue prodotte complessivamente dai (prati + parchi e giardini in ambito urbano)	32.921.904,58
Btc media (prati + parchi e giardini in ambito urbano) (MCal/mq/anno)	0,36

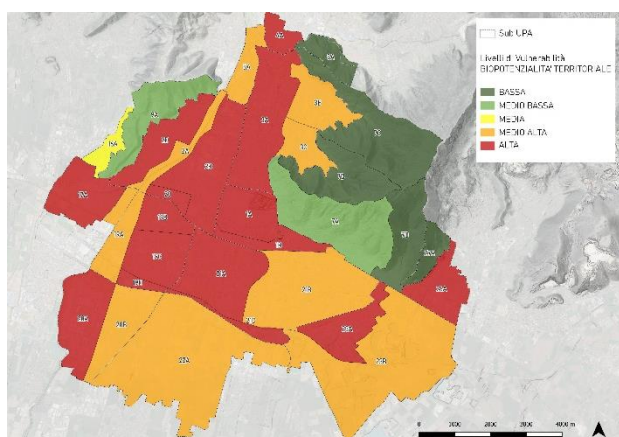
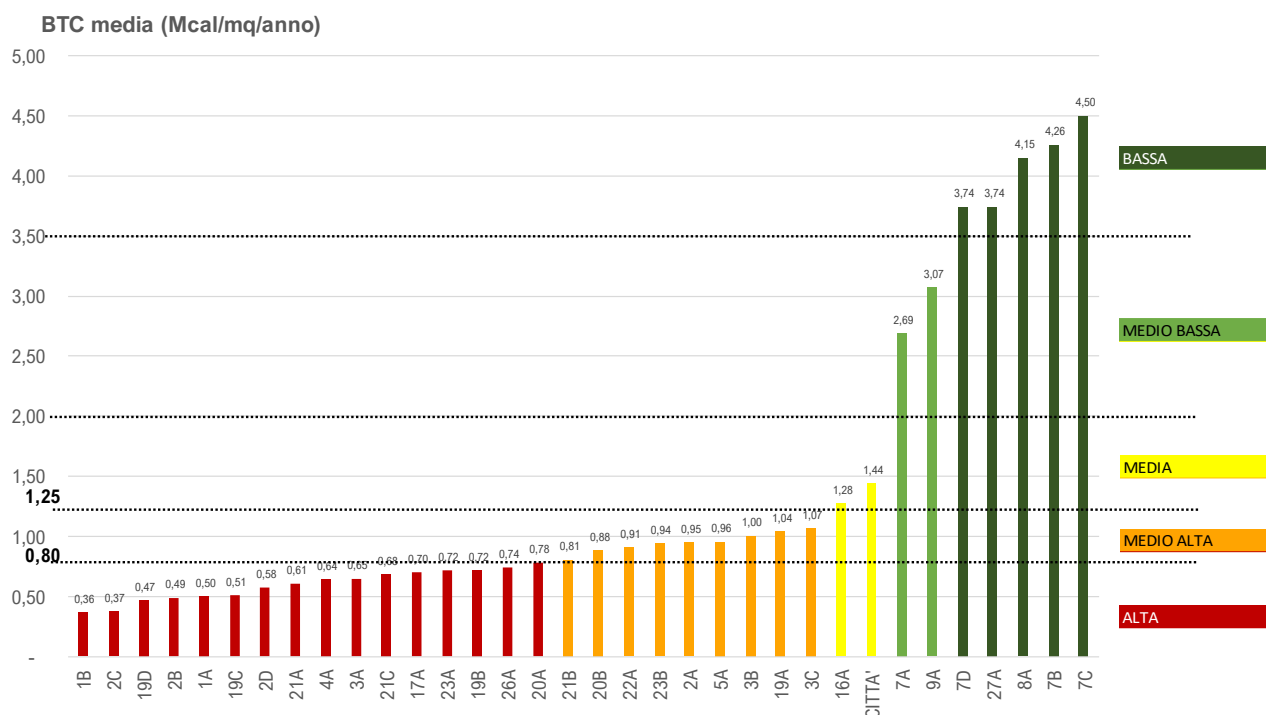
I dati medi variano nelle Sub UPA, come indicato nella tabella che segue. Il valore di 1,44 Mcal costituisce la soglia che evidenzia le Sub UPA "energivore" con valori inferiori a 1,44, da quelle che producono risorse e sostengono il metabolismo urbano e, in generale, l'equilibrio della città.

<sup>3</sup> \* dato sup. territoriale Comune di Brescia elaborato dallo shapefile



	Area Comune (mq)*	MCal area Comune (mq)	BTC media Comune (MCal/mq/anno)	Livello di vulnerabilità
	* dato elaborato dallo shapefile			
Brescia	90,556,832,95	130,361,402,00	1,44	MEDIA
Nome Sub-UPA	Area totale Sub-UPA (mq)	MCal area Sub-UPA (mq)	BTC media Sub-UPA (MCal/mq/anno)	Livello di vulnerabilità
Sub UPA 1B – Ingresso al centro storico	1,119,454,52	407,430,00	0,36	ALTA
Sub UPA 2C – Piana alluvionale del Mella: aree industriali del SIN Caffaro, Porta Milano	461,951,95	172,351,00	0,37	ALTA
Sub UPA 19D – Piana alluvionale del Mella: grandi contenitori commerciali, autostrada A4	445,328,20	207,995,00	0,47	ALTA
Sub UPA 2B – Piana alluvionale del Mella: da Porta Milano a San Bartolomeo	4,118,517,29	2,013,336,00	0,49	ALTA
Sub UPA 1A – Città storica	2,216,598,74	1,106,675,00	0,50	ALTA
Sub UPA 19C – Piana alluvionale del Mella: industrie e infrastrutture, Chiesanuova	2,377,452,58	1,218,638,00	0,51	ALTA
Sub UPA 2D – Piana pedecollinare: Urigo Mella, Abba, Sant'Anna	2,430,504,02	1,404,473,00	0,58	ALTA
Sub UPA 21A – Bassa pianura urbana: Don Bosco, Lamarmora	4,005,881,45	2,431,137,00	0,61	ALTA
Sub UPA 4A – Pedemontana della valle del Garza: Prealpino	786,879,53	505,392,00	0,64	ALTA
Sub UPA 3A – Piana alluvionale urbanizzata del Garza	4,503,634,40	2,911,415,00	0,65	ALTA
Sub UPA 21C – Bassa pianura interclusa dalle infrastrutture	757,472,63	517,519,00	0,68	ALTA
Sub UPA 17A – Pianura periurbana frammentata: La Famiglia, Badia, Violino	2,580,857,16	1,814,638,00	0,70	ALTA
Sub UPA 23A – Bassa pianura: frangia urbana, San Polo	2,207,775,10	1,580,885,00	0,72	ALTA
Sub UPA 19B – Piana alluvionale del Mella: aree urbane e agricole nel SIN Caffaro, Porta Milano	1,224,886,22	877,759,00	0,72	ALTA
Sub UPA 26A – Piana intervalliva del torrente Rino: Caionvico, Sant'Eufemia	1,999,309,34	1,484,509,00	0,74	ALTA
Sub UPA 20A – Fluviale del Mella industrializzata: Chiesa Nuova, Girelli	3,076,384,42	2,407,047,00	0,78	ALTA
Sub UPA 21B – Bassa pianura frangia urbana: San Polo, Case Beretta	6,121,658,67	4,948,085,00	0,81	MEDIO ALTA
Sub UPA 20B – Piana alluvionale del Mella: transizione tra urbano e aree agricole, Noce, Fornaci	2,406,100,49	2,120,281,00	0,88	MEDIO ALTA
Sub UPA 22A – Bassa pianura agricola: Sereno, Verzano, Folzano	9,876,637,79	8,966,584,00	0,91	MEDIO ALTA
Sub UPA 23B – Bassa pianura: infrastrutture e cave di San Polo	9,129,177,55	8,589,272,00	0,94	MEDIO ALTA
Sub UPA 2A – Fluviale del Mella nel tessuto urbanizzato: Chiusure	1,056,426,47	1,004,892,00	0,95	MEDIO ALTA
Sub UPA 5A – Pedemontana di accesso alla Val Trompia	1,240,102,01	1,187,328,00	0,96	MEDIO ALTA
Sub UPA 3B – Pedemontana periurbana: Valle di Mompiano	2,063,438,50	2,072,134,00	1,00	MEDIO ALTA
Sub UPA 19A – Fluviale del Mella e delle infrastrutture: casello Brescia Ovest	1,392,105,41	1,448,438,00	1,04	MEDIO ALTA
Sub UPA 3C – Pedemontana periurbana: Valbottesa, San Rocchino	1,326,628,53	1,416,025,00	1,07	MEDIO ALTA
Sub UPA 16A – Pianura della Badia	702,343,40	895,994,00	1,28	MEDIA
Sub UPA 7A – Monte Maddalena: Versante dei ronchi	5,263,119,56	14,141,409,00	2,69	MEDIO BASSA
Sub UPA 9A – Collina di Sant'Anna	2,926,961,02	8,991,305,00	3,07	MEDIO BASSA
Sub UPA 7D – Monte Maddalena: Val Carobbio	2,630,647,44	9,847,177,00	3,74	BASSA
Sub UPA 27A – Monte Maddalena: Caionvico	922,827,94	3,455,292,00	3,74	BASSA
Sub UPA 8A – Colle San Giuseppe	1,038,017,47	4,307,284,00	4,15	BASSA
Sub UPA 7B – Monte Maddalena: Valbottesa	3,047,950,28	12,971,397,00	4,26	BASSA
Sub UPA 7C – Monte Maddalena: San Giuseppe e Valle di Mompiano	5,099,802,86	22,937,306,00	4,50	BASSA

L'istogramma che segue mostra le stime quantitative e l'andamento dei valori di Btc media nelle UPA e i relativi livelli di vulnerabilità. L'asta gialla della città, definisce la soglia di cui sopra



I risultati mostrano una estrema polarizzazione dei risultati.

Le UPA collinari sono le aree di maggior nelle quali si stima la maggior produzione di Btc, grazie alla concentrazione degli ecosistemi forestali. E' necessario sottolineare che il livello di produzione di Btc è fortemente connesso alla modalità di gestione dei boschi, che allo stato attuale sono prevalentemente cedui.

In questo senso una gestione multifunzionale dei boschi di versante, orientata alla selvicoltura

naturalistica, potrebbe contribuire a migliorare anche la capacità di produzione di Btc. Ciò risulta tanto più importante in contesti caratterizzati dalla presenza di dissesti 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 vulnerabilità: il patrimonio vegetazionale presente, ancorché cospicuo non risulta in grado di bilanciare la pressione insediativa.

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. In una situazione di forte polarizzazione emerge, a maggior ragione l'importanza delle aree collinari per bilanciare tutte le UPA comunali.

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 in 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.

Si specifica che ogni UPA detiene le proprie caratteristiche e peculiarità. Dunque, la scarsità di Btc può non rappresentare un aspetto di rilevanza/importanza per una data UPA, mentre può esserlo per altre. Tuttavia, in riferimento ai temi e alle sfide affrontate con il presente PVB tali scarsità risultano di attenzione e risposta con le azioni del Piano stesso.

Infine il livello di Btc media comunale (1,44 MCal/mq/anno) può essere assunto come livello medio di riferimento per individuare quali UPA sono energivore (valori inferiori alla Btc media comunale) sbilanciate in quanto possiedono un metabolismo urbano che per funzionare necessita di maggiore energia di quante ne producano e quali sono regolatrici (valori superiori alla Btc media comunale) in quanto contribuiscono a mantenere il livello di capacità biologica media del territorio comunale e che possono costituire la fonte di riequilibrio del metabolismo urbano. In funzione dei valori della Btc media è quindi possibile suddividere le UPA in due gruppi:

- UPA "energivore/dissipatrici", in cui la Btc media rimane al di sotto della media della CV: questi areali tendono a consumare più di quanto producono in termini di energia potenziale e di servizi ecosistemici regolatori;
- UPA "regolatrici", che contribuiscono al mantenimento degli equilibri ecosistemici generali. Le UPA regolatrici corrispondono alle parti di territorio comunale in cui è stoccata la maggior parte del capitale naturale critico necessario a fornire i servizi ecosistemici di tipo regolativo all'intero territorio comunale.

### **Approfondimento specifico relativo alla Biopotenzialità dei soli spazi aperti**

#### **Tipo di elaborazione**

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo con assegnazione del coefficiente parametrico di Btc
- 2) Estrazione dei poligoni relativi ai soli spazi aperti;
- 3) Calcolo della produzione annua di MCalorie per ogni tipologia di spazio aperto;
- 4) Calcolo della produzione annua di MCalorie complessivamente prodotta da tutti gli spazi aperti per l'intera superficie comunale;
- 5) Calcolo della produzione annua di MCalorie prodotta dagli spazi aperti di ogni Sub UPA.

#### **Applicazione e commento**

L'immagine seguente rappresenta, attraverso la gradazione di colori, la quantità di produzione annua di Biopotenzialità, in termini di MCalorie, fornita da ogni spazio aperto rilevato dal dato.

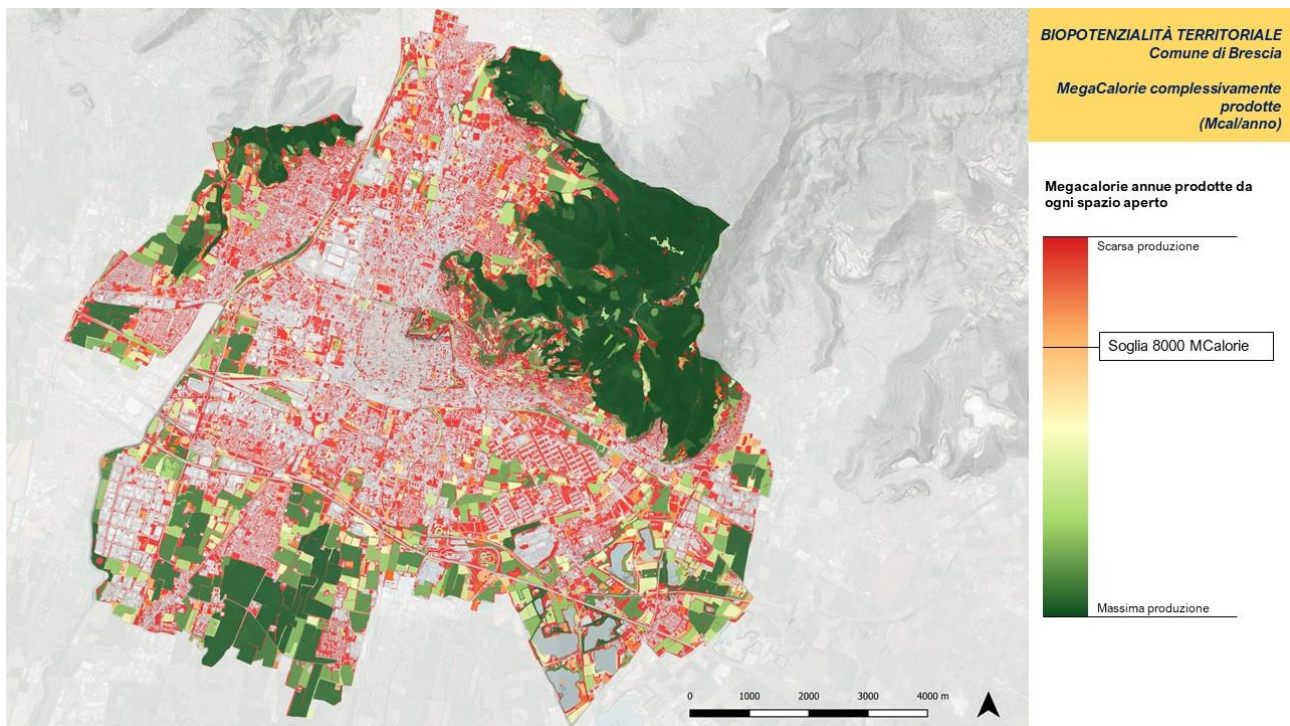


Figura 1

La capacità di produrre Btc dipende anche dall'estensione delle unità ambientali: le aree troppo piccole, infatti, sono fortemente penalizzate nella funzionalità del verde che ospitano.

Le aree che assumono colorazione rossa sono quelle che forniscono il contributo più scarso in termini di MCalorie (< 8000 MCal). Tale valore è preso come riferimento in corrisponde alla Btc prodotta annualmente da un prato ampio 1 ha, peraltro la copertura a prato è quella che attualmente interessa la maggioranza degli spazi aperti del comune.

L'abbondanza di aree rosse e arancioni, che costituiscono gli spazi aperti di scarsa prestazione, dipende da tale calcolo. Si precisa inoltre che la colorazione verde scuro nelle aree del PLIS delle Colline deriva prevalentemente dalla sua estensione e continuità più che dalla componente ecosistemica che lo caratterizza.

Tale area, infatti, benché abbia un coefficiente parametrico pari a 1 MCal/mq/anno, corrispondente alla tipologia seminativo, raggiunge una buona produzione potenziale in virtù dell'ampiezza degli spazi che compongono il parco.

**Dalle analisi effettuate emerge che le tessere che contribuiscono maggiormente alla capacità biologica del territorio comunale corrispondono alle aree interne al PLIS delle Colline, sia lato Maddalena che Colle Sant'Anna interessate da copertura boschiva e vegetazione arborea densa, e al Parco storico del Castello, interessate da vegetazione arborea densa e matura. Si tratta di aree nelle quali la densità arborea e la maturità degli individui presenti determinano il valore e le potenzialità delle unità ambientali. Emergono anche le aree agricole tra Villaggio Sereno e Folzano,**

Rispetto al lavoro svolto si sono determinate le dimensioni minime degli spazi aperti utili alla produzione di almeno 8000 MCalorie annue. *Tali dimensioni possono porsi come riferimento per gli indirizzi progettuali per il verde urbano di Brescia.*

<b>Coperture</b>	<b>Dimensione minime prestazionali (mq)</b>
Vegetazione boschiva	2.000
Vegetazione arborea densa	2.000,00
Prato arborato	4.000,00
Orti	5.000,00
Incolti/prati naturali	6.500,00
Seminativo	8.000,00
Prato urbano	10.000,00

Le analisi di tipo quantitativo effettuate sulle tipologie ambientali attraverso la Btc sono associate ad una valutazione dell'effetto della frammentazione dovuta alle infrastrutture.

### **Disturbo ai margini causato dalle infrastrutture stradali**

#### **Finalità:**

Individuare gli spazi aperti interferiti dagli areali di disturbo delle infrastrutture stradali e quelli non interferiti, ovvero quelle parti di spazi aperti non disturbate nello svolgimento normale delle funzioni ecosistemiche.

#### **Dati utilizzati**

- mappatura degli usi e copertura del suolo nel territorio comune di Brescia, secondo le modalità descritte in Allegato 2,
- mappatura delle aree stradali presenti nel territorio comune di Brescia,
- Foto satellitari Google Maps (anno 2022) e Street View.

#### **Tipo di elaborazione**

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo;
- 2) Estrazione dei poligoni relativi sole aree stradali;
- 3) Ripulitura dei poligoni delle aree stradali al fine di individuare la rete principale e di accesso alla città sulla quale indagare il disturbo generato verso i contesti attigui. La selezione è stata effettuata eliminando la rete di circolazione locale (di quartiere). L'operazione è stata effettuata verificando puntualmente i poligoni rappresentati nel database utilizzando le foto satellitari Google Maps e Street View. Lo shapefile contiene anche le aree autostradali, comprensive delle pertinenze.
- 4) Costruzione degli areali di disturbo dal bordo della carreggiata. Gli areali sono individuati attraverso il disegno di buffer delle seguenti dimensioni:
  - buffer di 50 metri sulle strade a maggior intensità di traffico (autostrade, tangenziali nord, statali, alcune strade;
  - buffer di 30 metri strade provinciali e di accesso e scorrimento interne al tessuto urbano;



- buffer di 10 metri strade comunali urbane principali e di accesso ai quartieri.

### Applicazione e commento

La restituzione di tali elaborazioni è la seguente mappa, mentre la tabella che segue riporta le quantità misurate.

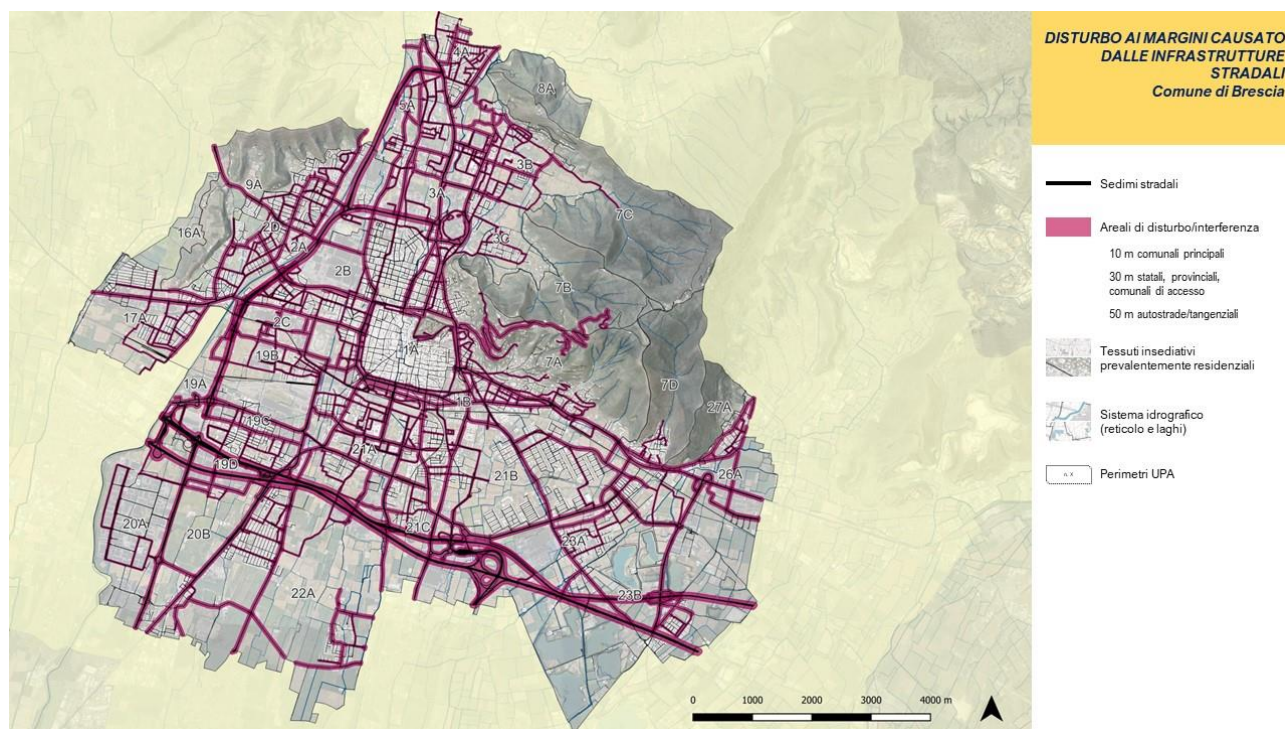


Figura 2

	Estensione (mq)	Estensione (ha)	Incidenza (%)
Sedimi stradali	6.033.545,23	603,35	7%
Sedimi stradali per cui sono stati costruiti i buffer	3.832.716,30	383,27	4%
Aree di disturbo/interferenza	18.172.496,47	1.817,25	20%
<b>TOTALE</b>	<b>22.005.212,77</b>	<b>2.200,52</b>	<b>24%</b>
Superficie comunale	90.556.832,95	9.055,68	

I dati restituiscono il peso complessivo, a livello comunale, delle aree occupate dalle infrastrutture (sedimi e raccordi stradali), ca il 7% della superficie comunale.

All'interno del dato complessivo sono stati individuati i sedimi e raccordi stradali delle principali infrastrutture, sia in termini di intensità di traffico che in relazione al calibro della strada stessa. Solo per queste infrastrutture sono stati costruiti gli areali di disturbo che generano interferenza sul 20% della superficie comunale.

Gli areali di disturbo più estesi (buffer di 50 metri) sono concentrati nella parte sud del comune, in corrispondenza del nodo infrastrutturale costituito dall'autostrada A4, A21 e il sistema la SP11/SS45bis. Tali areali sono altresì presenti lungo la tangenziale Ovest e il sistema di accesso all'area Nord del territorio comunale e alla Valtrompia.

La parte Sud e Ovest del comune e le aree contermini a queste infrastrutture risultano essere interessate da sia da tessuto urbano con caratterizzazione industriale e tecnologica più marcata, ma anche da aree agricole.

## **Approfondimento specifico relativo alla Relazione tra funzionalità degli spazi aperti e disturbi delle infrastrutture**

### **Tipo di elaborazione**

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo con assegnazione del coefficiente parametrico di Btc;
- 2) Estrazione dei poligoni relativi ai soli spazi aperti;
- 3) Calcolo della produzione annua di MCalorie per ogni tipologia di spazio aperto e complessiva;
- 4) Sovrapposizione del layer dei buffer di disturbo delle infrastrutture;
- 5) Estrazione dei poligoni relativi ai soli spazi aperti non interferiti;
- 6) Calcolo della produzione annua di MCalorie per ogni tipologia di spazio aperto non interferito e complessiva.

### **Applicazione e commento**

Si è proceduto quindi a verificare l'incidenza di tali areali rispetto al sistema degli spazi aperti. Le interferenze generate dalle infrastrutture disturbano lo svolgimento normale delle funzioni o la vitalità degli ecosistemi, pertanto i buffer sono stati sovrapposti agli spazi aperti riportati nell'immagine della Biopotenzialità (Figura 1) in modo tale da capire la quota parte di verde urbano realmente efficace dal punto di vista delle funzioni erogate dal verde.

Di seguito si riporta una tabella con la sintesi dei risultati. Mentre nell'allegato 2 si riporta la tabella con l'elaborazione complessiva.

		N° tessere	Sup. Complessiva (mq)	Δ Sup. Complessive (A-B) (mq)	Δ Sup. Complessive (A-B) (%)	Dimensione media Tessere (mq)	Mcal/anno Complessive	% Mcal
TOTALE SPAZI APERTI	<b>A</b>	61.558,00	56.817.096,69			922,98	127.251.831,69	97%
TOTALE SPAZI APERTI NON INTERFERITI	<b>B</b>	48.202,00	48.857.410,24	7.959.686,45	14%	1.013,60	114.825.968,14	88%
<b>TOTALE COMUNALE</b>		<b>181.691,00</b>	<b>90.969.976,85</b>				<b>130.789.709,31</b>	<b>100%</b>

Gli areali di disturbo delle infrastrutture stradali interferiscono complessivamente per ca. il 14% dell'estensione totale degli spazi verdi pubblici. Gli areali non disturbati, quindi, si estendono per ca 4.900 ha, contro i ca 5.700 ha della totalità degli spazi verdi pubblici.

Le immagini che seguono rappresentano il valore degli spazi verdi secondo l'indice di Biopotenzialità in rapporto alle dimensioni delle aree.

**Immagine A** le classi di produzione annua di MCalorie definite sulla base delle quantità prodotte da ogni patch. Alla classificazione sono sovrapposti gli areali di disturbo delle infrastrutture.

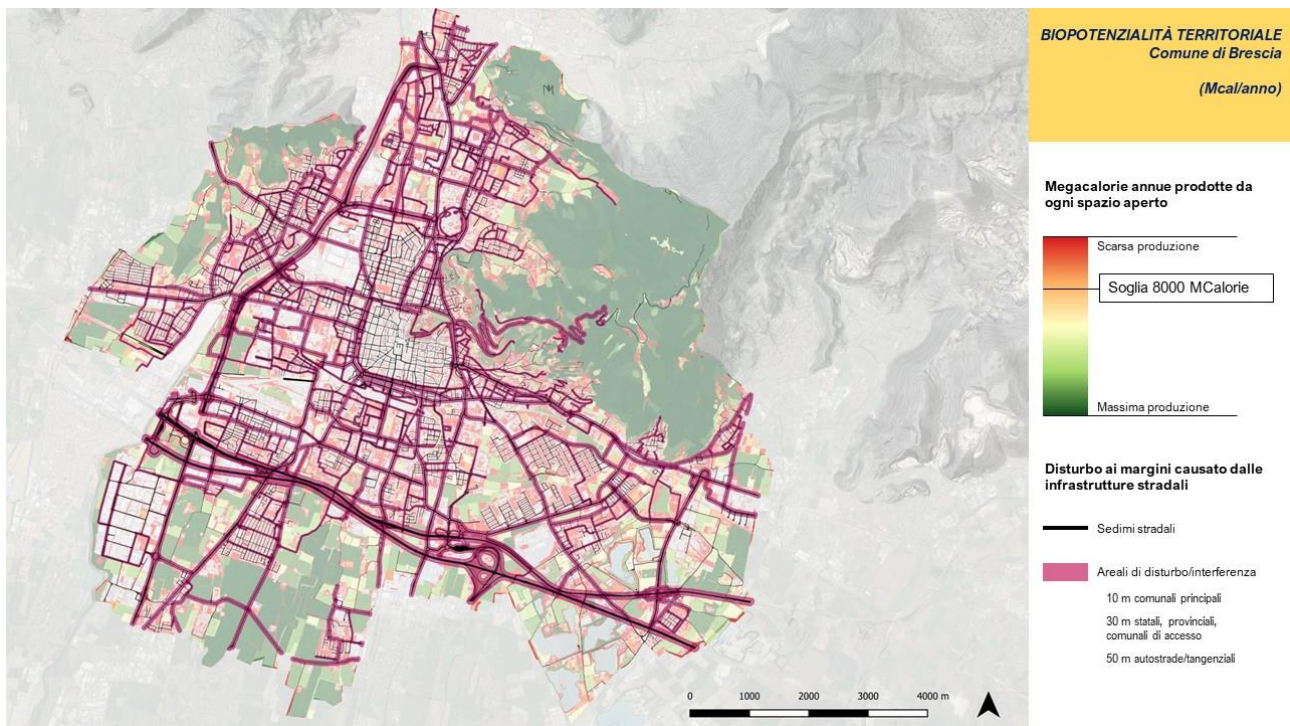


Figura 3

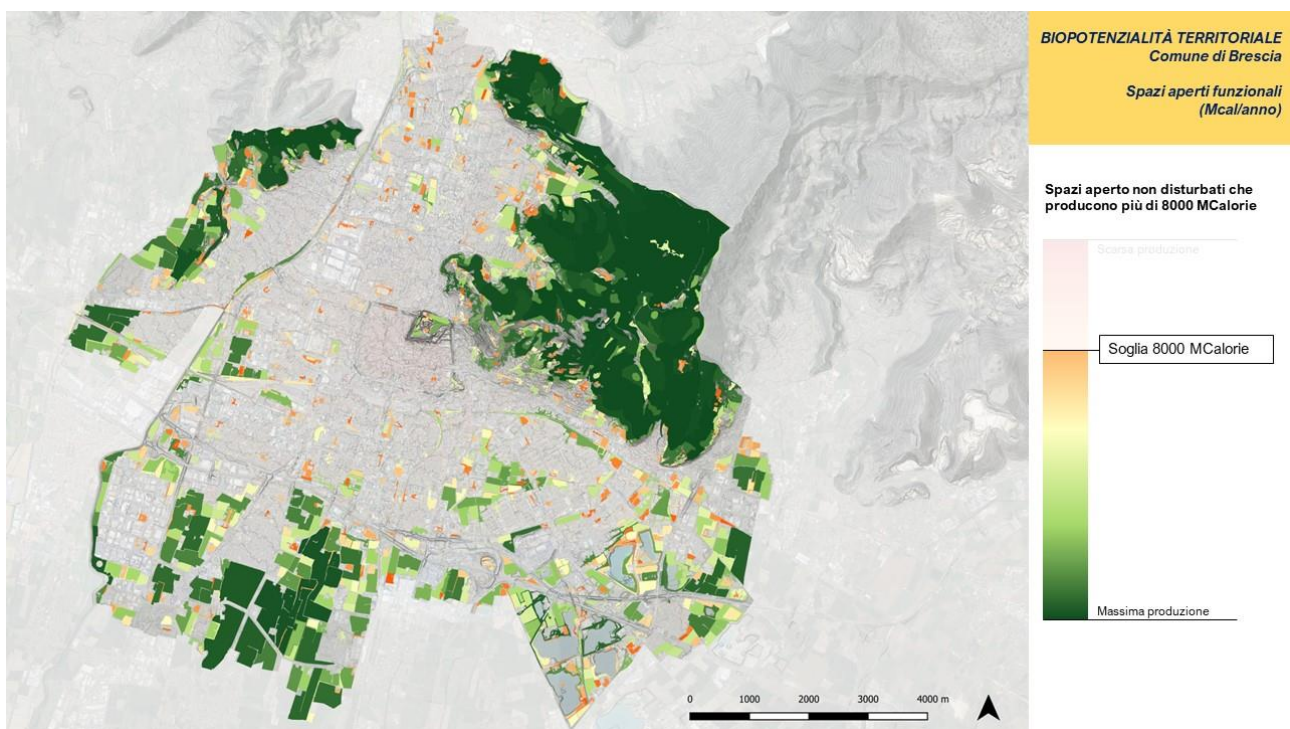


Figura 4: sono rappresentati i soli spazi verdi che presentano funzionalità valide, in quanto si sono sottratti gli spazi che non raggiungono le dimensioni minimi prestazionali e quelli interferiti dai buffer delle infrastrutture.

L'immagine rappresenta la sintesi dell'elaborazione descritta nei paragrafi precedenti, dalla quale si evince che le aree verdi di dimensioni ridotte e frammentate (colore arancio e giallo) forniscono basse prestazioni ecologiche in quanto frammenti piccoli e disturbati. Inoltre dall'immagine mancano i frammenti più piccoli che non riescono a fornire benefici soddisfacenti.



Inoltre, il confronto tra le immagini rappresenta gli effetti del disturbo: si evidenzia l'importanza dei parchi che, nonostante le interferenze, mantengono delle potenzialità notevoli, nonché la già citata carenza di aree verdi nella zona centrale del comune, ed altresì l'isolamento delle aree verdi nei tessuti insediati al di fuori del centro storico, che si pongono come frammenti di vita in un mare urbano.

Tali considerazioni sono riprese nel PDV al fine di delineare la strategia comunale per il sistema del verde.

## **Indice di Superficie Drenante [Idren]**

### **Finalità:**

Misurare il rapporto tra la superficie drenante e la superficie totale di ogni ambito e rappresenta la percentuale di suolo non impermeabilizzato all'interno di un dato ambito. Idren può essere utilizzato per stimare gli effetti dell'urbanizzazione sul ciclo idrologico e i Servizi ecosistemici dell'acqua.

### **Dati utilizzati**

- mappatura degli usi e copertura del suolo nel territorio comune di Brescia, secondo le modalità descritte in Allegato 2
- coefficienti  $K_{dren}$ ,
- Sub Unità Paesistico Ambientali (shapefile elaborato dal GdL PVB),
- Foto satellitari Google Maps (anno 2022) e Street View.

### **Tipo di elaborazione**

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo;
- 2) Assegnazione del coefficiente parametrico di Btc (Btc prodotta da 1 mq) ad ogni tipologia usi e copertura del suolo;
- 3) Calcolo dell'Idren per l'intera superficie comunale;
- 4) Calcolo dell'Idren per ogni Sub UPA.

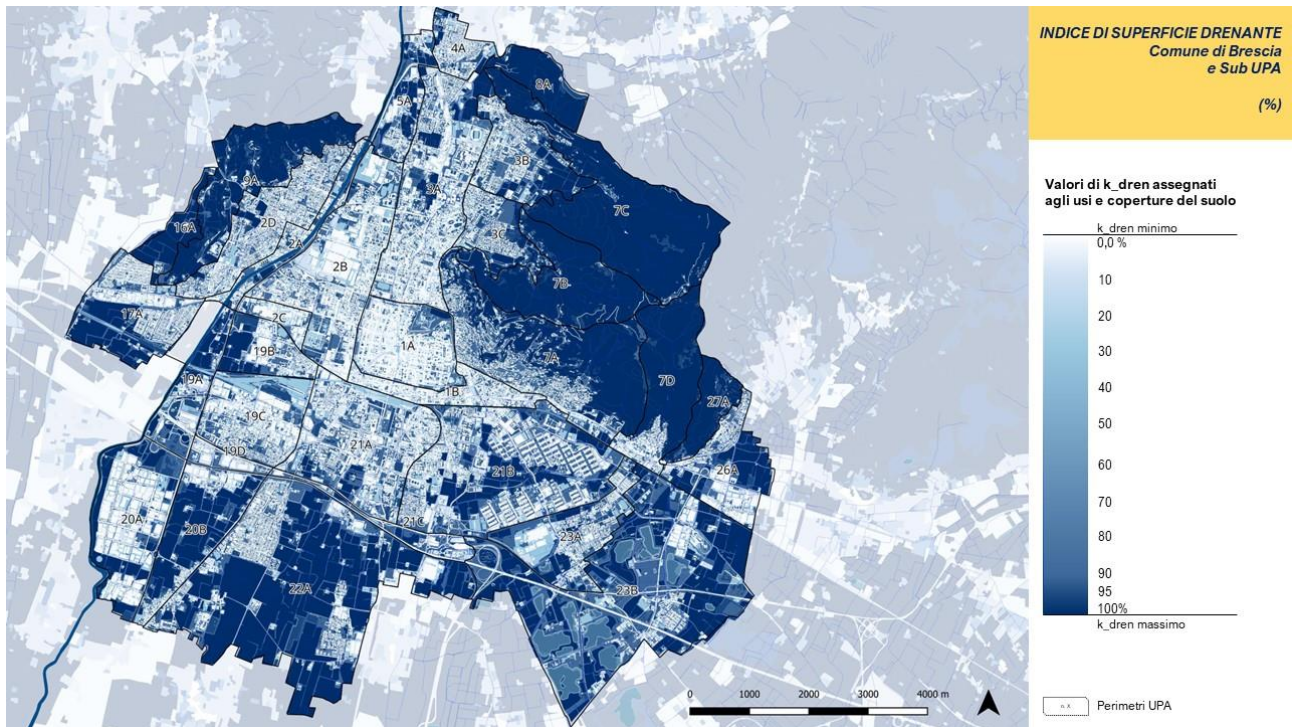
### **Applicazione e commento**

Di seguito si riporta la tabella che riepiloga Usi e copertura del suolo: tipologie, tessere, superfici e  $K_{dren}$  proprio.

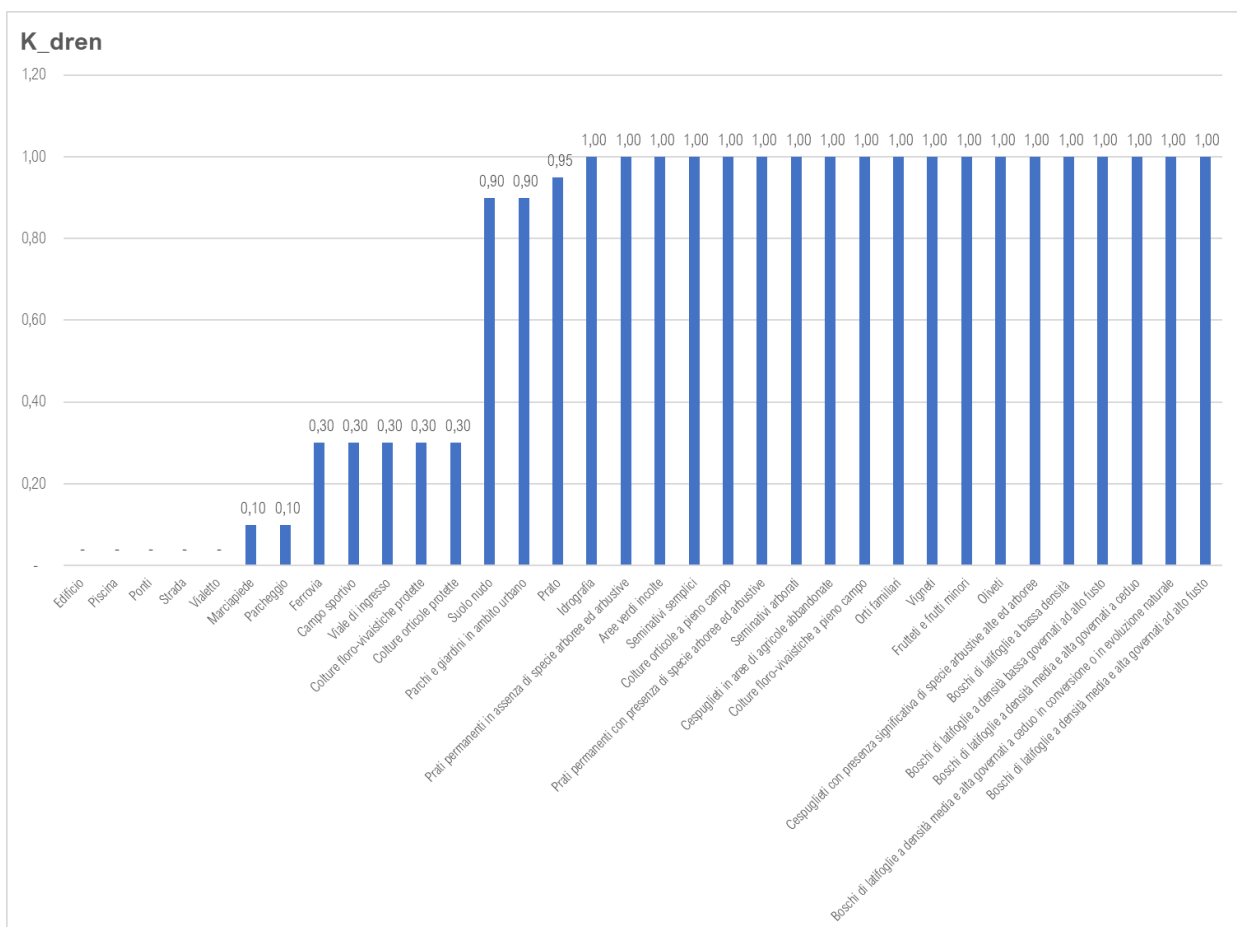
Usi e coperture del suolo	N° tessere	Sup. Complessiva (mq)	K_dren	Sup. Drenante (mq)
Edificio	74.564,00	11.994.555,75	-	-
Piscina	1.522,00	47.820,13	-	-
Ponti	132,00	194.953,44	-	-
Strada	42,00	5.838.591,79	-	-
Vialetto	14.145,00	3.375.479,21	-	-
Marciapiede	5.092,00	1.843.623,15	0,10	184.362,31
Parcheeggio	5.313,00	3.303.807,87	0,10	330.380,79
Ferrovia	8,00	509.275,82	0,30	152.782,75
Campo sportivo	185,00	528.619,07	0,30	158.585,72
Viale di ingresso	18.988,00	5.185.604,03	0,30	1.555.681,21
Colture floro-vivaistiche protette	2,00	507,95	0,30	152,38
Colture orticole protette	7,00	10.722,97	0,30	3.216,89
Suolo nudo	3.138,00	3.019.702,32	0,90	2.717.732,09
Parchi e giardini in ambito urbano	16.973,00	9.627.815,28	0,90	8.665.033,75
Prato	39.429,00	11.065.457,99	0,95	10.512.185,09
Idrografia	142,00	1.330.549,89	1,00	1.330.549,89
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	82,00	994.699,75	1,00	994.699,75
Aree verdi incolte	4,00	38.361,91	1,00	38.361,91
Seminativi semplici	422,00	13.594.894,62	1,00	13.594.894,62
Colture orticole a pieno campo	30,00	365.845,75	1,00	365.845,75
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive	19,00	33.706,31	1,00	33.706,31
Seminativi arborati	27,00	122.594,47	1,00	122.594,47
Cespuglieti in aree di agricole abbandonate	13,00	28.693,68	1,00	28.693,68
Colture floro-vivaistiche a pieno campo	9,00	14.626,25	1,00	14.626,25
Orti familiari	7,00	8.467,33	1,00	8.467,33
Vigneti	73,00	752.969,90	1,00	752.969,90
Frutteti e frutti minori	56,00	306.600,00	1,00	306.600,00
Oliveti	14,00	75.821,37	1,00	75.821,37
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	6,00	6.429,72	1,00	6.429,72
Boschi di latifoglie a bassa densità	845,00	2.169.573,64	1,00	2.169.573,64
Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto	108,00	305.064,18	1,00	305.064,18
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	246,00	9.140.961,04	1,00	9.140.961,04
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo in conversione o in evo	41,00	4.835.690,82	1,00	4.835.690,82
Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	7,00	297.889,47	1,00	297.889,47
<b>TOTALE</b>	<b>181.691,00</b>	<b>90.969.976,85</b>		<b>58.703.553,06</b>
<b>Idren</b>				<b>65%</b>

Il coefficiente K\_dren viene applicato alle diverse tipologie di usi e coperture del suolo. Il coefficiente K\_dren moltiplicato per la superficie occupata complessivamente da ogni tipologia fornisce il valore totale di Superficie drenante (mq): generalmente i valori più alti sono assegnati alle coperture che includono presenza di suolo vivo che permette drenaggio e infiltrazione delle acque superficiali.

La mappa di seguito riportata mostra la distribuzione all'interno del territorio comunale degli usi e coperture del suolo: la gradazione di blu è in relazione al proprio coefficiente K\_dren.



Il grafico che segue riporta i valori del coefficiente  $K_{dren}$  attribuiti ad ogni tipologia di copertura del suolo, rappresentati nella mappa precedente.



Il valore registrato dall'indicatore corrisponde a 65%. Tale valore colloca il territorio del comune di Brescia a cavallo tra la classe di vulnerabilità alta (Idren < 65%) e quella medio alta (65% <= Idren < 75%).

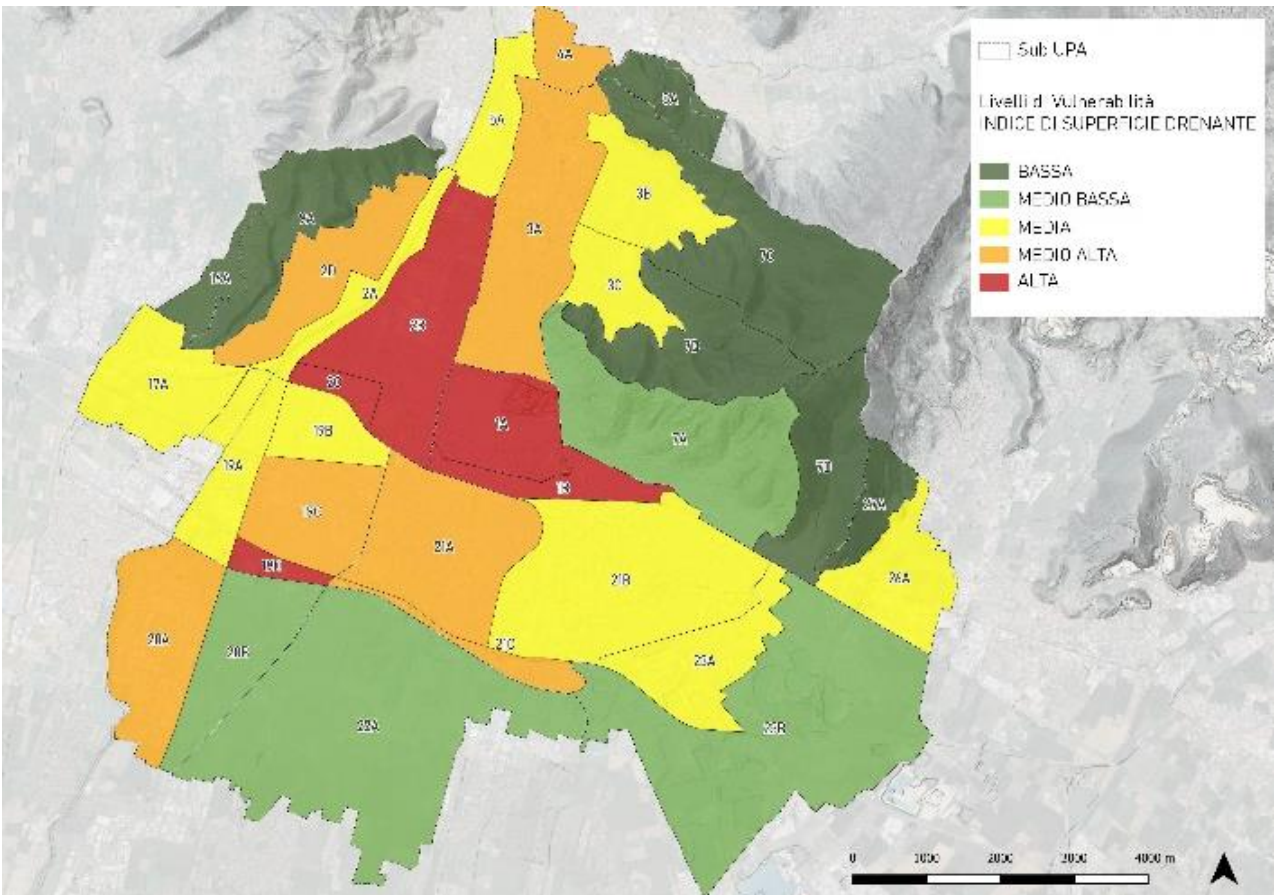
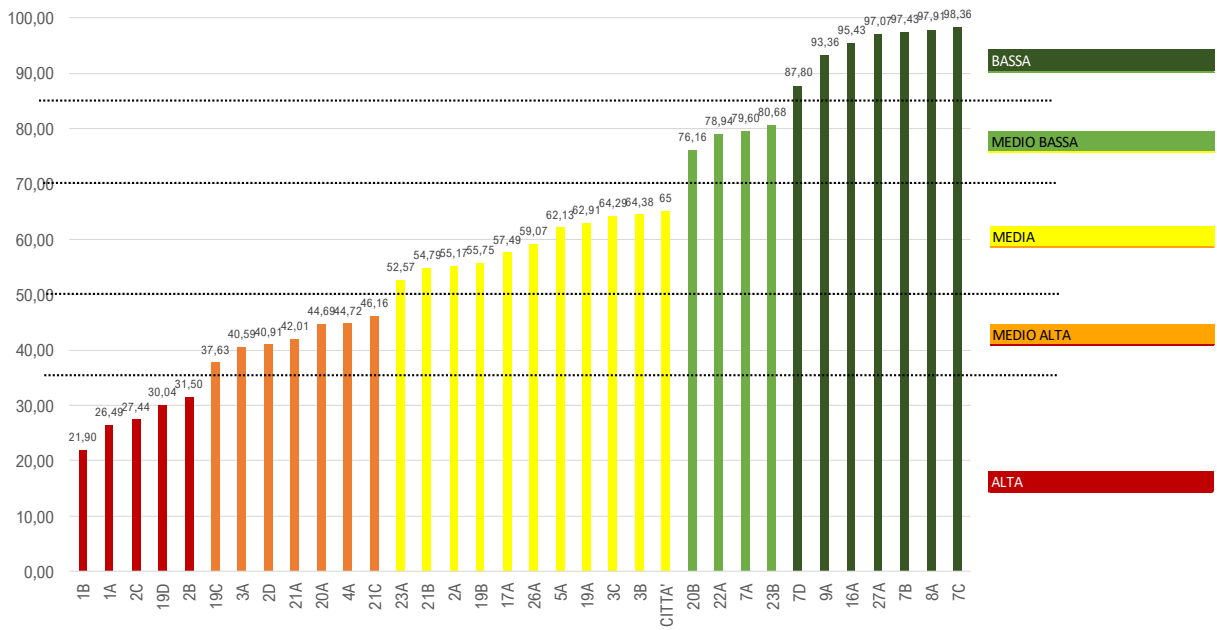
I dati medi comunali, variano nelle Sub UPA:

	Area Comune (mq)*	Sup. Drenante Comune (mq)	Idren Comune (%)	Livello di vulnerabilità
	* dato elaborato dallo shapefile			
Brescia	90,556,832,95	58,932,872,87	65,00	MEDIA
Nome Sub-UPA	Area totale Sub-UPA (mq)	Sup. Drenante Sub-UPA (mq)	Idren Sub-UPA (%)	Livello di vulnerabilità
Sub UPA 1B – Ingresso al centro storico	1,119,454,52	245,183,92	21,90	ALTA
Sub UPA 1A – Città storica	2,216,598,74	587,236,33	26,49	ALTA
Sub UPA 2C – Piana alluvionale del Mella: aree industriali del SIN Caffaro, Porta Milano	461,951,95	126,772,21	27,44	ALTA
Sub UPA 19D – Piana alluvionale del Mella: grandi contenitori commerciali, autostrada A4	445,328,20	133,782,67	30,04	ALTA
Sub UPA 2B – Piana alluvionale del Mella: da Porta Milano a San Bartolomeo	4,118,517,29	1,297,147,38	31,50	ALTA
Sub UPA 19C – Piana alluvionale del Mella: industrie e infrastrutture, Chiesanuova	2,377,452,58	894,667,07	37,63	MEDIO ALTA
Sub UPA 3A – Piana alluvionale urbanizzata del Garza	4,503,634,40	1,828,237,11	40,59	MEDIO ALTA
Sub UPA 2D – Piana pedecollinare: Urigo Mella, Abba, Sant'Anna	2,430,504,02	994,295,56	40,91	MEDIO ALTA
Sub UPA 21A – Bassa pianura urbana: Don Bosco, Lamarmora	4,005,881,45	1,682,839,79	42,01	MEDIO ALTA
Sub UPA 20A – Fluviale del Mella industrializzata: Chiesa Nuova, Girelli	3,076,384,42	1,374,730,71	44,69	MEDIO ALTA
Sub UPA 4A – Pedemontana della valle del Garza: Prealpino	786,879,53	351,882,46	44,72	MEDIO ALTA
Sub UPA 21C – Bassa pianura interclusa dalle infrastrutture	757,472,63	349,670,26	46,16	MEDIO ALTA
Sub UPA 23A – Bassa pianura: frangia urbana, San Polo	2,207,775,10	1,160,536,32	52,57	MEDIA
Sub UPA 21B – Bassa pianura frangia urbana: San Polo, Case Beretta	6,121,658,67	3,354,092,42	54,79	MEDIA
Sub UPA 2A – Fluviale del Mella nel tessuto urbanizzato: Chiusure	1,056,426,47	582,852,92	55,17	MEDIA
Sub UPA 19B – Piana alluvionale del Mella: aree urbane e agricole nel SIN Caffaro, Porta Milano	1,224,886,22	682,866,77	55,75	MEDIA
Sub UPA 17A – Pianura periurbana frammentata: La Famiglia, Badia, Violino	2,580,857,16	1,483,839,59	57,49	MEDIA
Sub UPA 26A – Piana intervalliva del torrente Rino: Caionvico, Sant'Eufemia	1,999,309,34	1,180,930,51	59,07	MEDIA
Sub UPA 5A – Pedemontana di accesso alla Val Trompia	1,240,102,01	770,437,71	62,13	MEDIA
Sub UPA 19A – Fluviale del Mella e delle infrastrutture: casello Brescia Ovest	1,392,105,41	875,710,56	62,91	MEDIA
Sub UPA 3C – Pedemontana periurbana: Valbottesa, San Rocchino	1,326,628,53	852,858,09	64,29	MEDIA
Sub UPA 3B – Pedemontana periurbana: Valle di Mompiano	2,063,438,50	1,328,358,94	64,38	MEDIA
Sub UPA 20B – Piana alluvionale del Mella: transizione tra urbano e aree agricole, Noce, Fornaci	2,406,100,49	1,832,392,35	76,16	MEDIO BASSA
Sub UPA 22A – Bassa pianura agricola: Sereno, Verziano, Folzano	9,876,637,79	7,796,806,01	78,94	MEDIO BASSA
Sub UPA 7A – Monte Maddalena: Versante dei ronchi	5,263,119,56	4,189,226,88	79,60	MEDIO BASSA
Sub UPA 23B – Bassa pianura: infrastrutture e cave di San Polo	9,129,177,55	7,365,294,00	80,68	MEDIO BASSA
Sub UPA 7D – Monte Maddalena: Val Carobbio	2,630,647,44	2,309,739,78	87,80	BASSA
Sub UPA 9A – Collina di Sant'Anna	2,926,961,02	2,732,598,62	93,36	BASSA
Sub UPA 16A – Pianura della Badia	702,343,40	670,268,29	95,43	BASSA
Sub UPA 27A – Monte Maddalena: Caionvico	922,827,94	895,808,54	97,07	BASSA
Sub UPA 7B – Monte Maddalena: Valbottesa	3,047,950,28	2,969,509,73	97,43	BASSA
Sub UPA 8A – Colle San Giuseppe	1,038,017,47	1,016,366,00	97,91	BASSA
Sub UPA 7C – Monte Maddalena: San Giuseppe e Valle di Mompiano	5,099,802,86	5,015,933,38	98,36	BASSA

L'istogramma che segue mostra le stime quantitative e l'andamento dei valori di Idren nelle UPA e i relativi livelli di vulnerabilità. I livelli di vulnerabilità sono inoltre utilizzati per la costruzione della mappa successiva che restituisce la "geografia" delle vulnerabilità nelle Sb UPA.

Le vulnerabilità maggiori si trovano:

**Indice di Superficie Drenante (Idren - %)**



Gran parte delle superfici impermeabilizzate si concentrano:



- nell'agglomerato urbano centrale (sub UPA rosse e sub UPA 1b, 2B e 2C e arancioni) e nella Sub UPA 19C che appartiene alla fascia delle infrastrutture. In queste aree la capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, a fronte di ingenti potenziali deflussi superficiali, è limitata a poche aree. Ciò innalza il livello di vulnerabilità di tali UPA agli eventi meteorici estremi.
- nelle Sub UPA che includono le conurbazioni sviluppatesi lungo le vie di accesso/uscita alla città in direzione Est-Ovest, lungo il fascio infrastrutturale dell'A4 e lungo la tangenziale Ovest verso l'accesso alla Valtrompia. Anche qui si concentrano gli effetti degli eventi meteorici estremi, con rischi di alluvioni urbane. Sono richieste azioni diffuse per la mitigazione del rischio locale.
- Si segnala inoltre la situazione di particolare criticità per le UPA fluviali del Mella e del Garza, che presentano i medesimi livelli di vulnerabilità alta delle Sub UPA dell'agglomerato centrale.

Si specifica che:

Idren rileva vulnerabilità media per le UPA di pianura che presentano ancora spazi aperti, sia agricoli che connessi al sistema del PLIS delle Cave: la presenza estesa di spazi aperti, per lo più agricoli, corrisponde ad un'ampia possibilità di drenare le acque e/o permettere il deflusso superficiale delle acque in relativa sicurezza.

Idren non rileva invece particolari criticità per le Sub UPA di collina, tranne che per:

- la Sub UPA della Maddalena che individua il versante de Ronchi (7A), in questa Sub UPA la vulnerabilità è medio-bassa,
- la Sub UPA del Botticino che individua l'abitato di Caionvico: in questa Sub UPA la vulnerabilità è alta,
- le Sub UPA pedecollinari presso Mompiano.

Nelle Sub UPA citate, lo sprawl insediativo (urbanizzazione diffusa) riduce le possibilità di drenaggio dei suoli oltre a rendere dispendiosa la realizzazione e gestione delle reti di smaltimento.

Circa le Sub UPA collinari, vale tuttavia accendere l'attenzione sul fatto che le capacità di drenaggio, ancorché buone, possono essere svantaggiate da caratteristiche locali legate all'acclività dei versanti, alla capacità di infiltrazione dei suoli, dalla tipologia di sottobosco (lettiera).

### **Approfondimento specifico relativo alla Relazione tra Idren e le aree a rischio alluvionale derivate dal PGRA utile alla formazione del PVB**

#### **Dati utilizzati**

- Sub Unità Paesistico Ambientali e livello di vulnerabilità per Idren (shapefile elaborato dal GdL PVB),
- mappatura degli usi e copertura del suolo nel territorio comune di Brescia campiti sulla base del proprio coefficiente  $K_{dren}$ ,
- Aree allagabili tratte dalle mappe della pericolosità del PGRA vigente<sup>4</sup> (shapefile tratto dal Geoportale Regionale, Banca dati "Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - PGRA vigente<sup>5</sup>").

<sup>4</sup> Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE. Uno dei principali contenuti consiste nella mappatura delle aree allagabili, classificate in base alla pericolosità e al rischio.

<sup>5</sup>

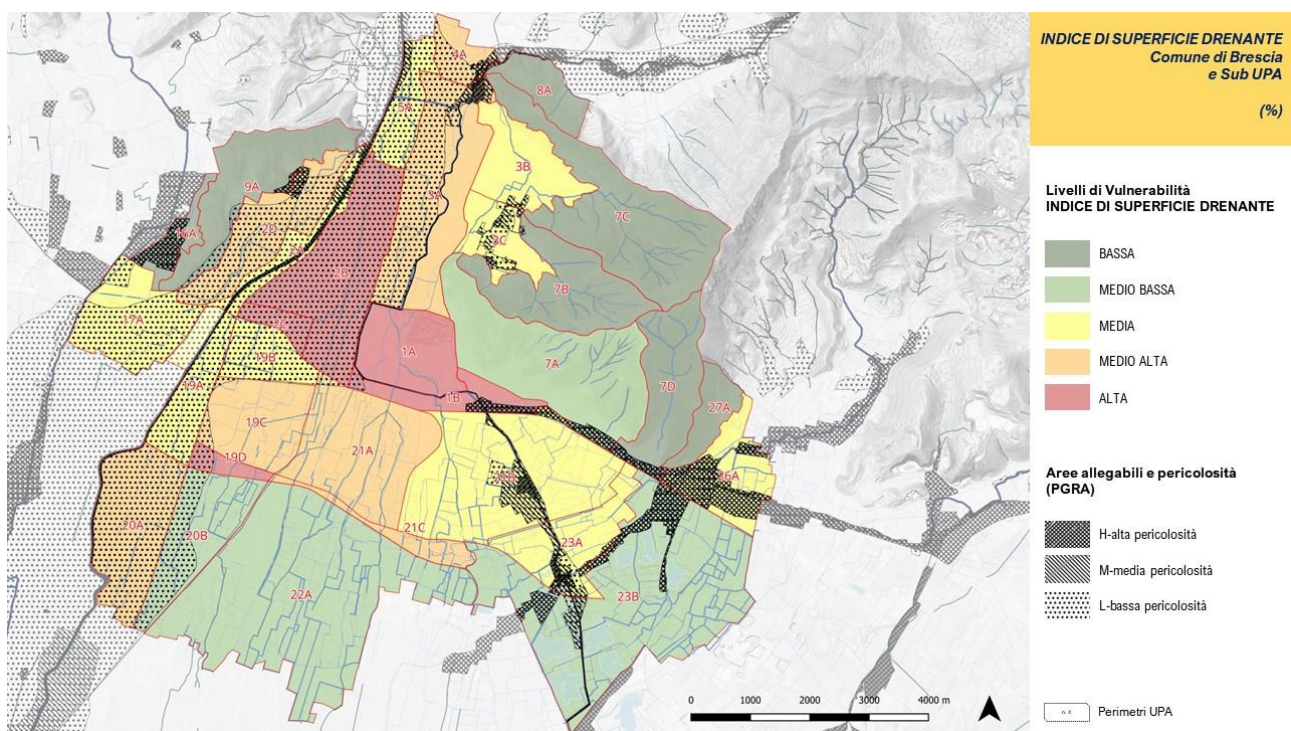
[https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p\\_p\\_id=detailSheetMetadata\\_WAR\\_gptmetadataportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&detailSheetMetadata\\_WAR\\_gptmetadataportlet\\_identifier=lombar%3A9913a827-9889-4160-a50b-d483fdc5e719&jsfBridgeRedirect=true](https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet_identifier=lombar%3A9913a827-9889-4160-a50b-d483fdc5e719&jsfBridgeRedirect=true)

### Tipo di elaborazione

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo con assegnazione del coefficiente  $K_{dren}$ ;
- 2) Acquisizione del dato relativo alle Sub UPA e relative classi di vulnerabilità per  $I_{dren}$
- 3) Sovrapposizione del layer relativi alle aree allagabili in funzione del differente grado di pericolosità (H-alta, M-media, L-bassa)

### Applicazione e commento

La mappa che segue mostra la localizzazione delle aree allagabili individuate dal PGRA (Piano Generale del Rischio Alluvioni). Nella mappa le Sub UPA sono classificate in base al livello di vulnerabilità secondo l'indicatore  $I_{dren}$ . A queste sono sovrapposte le aree allagabili a differenti gradi di pericolosità.



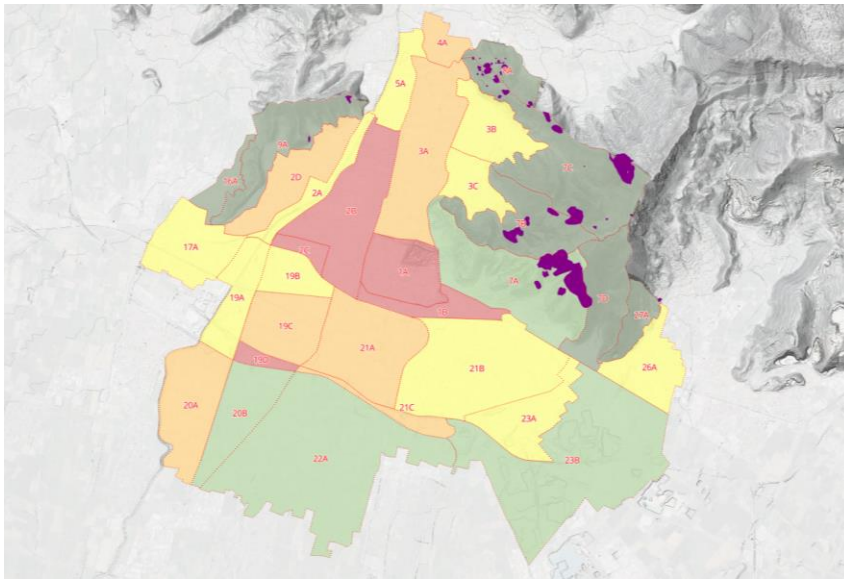
Si nota che le aree allagabili interessano prevalentemente le Sub UPA caratterizzate dai livelli di vulnerabilità alti e medio alti secondo  $I_{dren}$ .

Le aree a pericolosità maggiore sono connesse al reticolo idrico principale (fiume Mella, torrente Garza, naviglio Grande Bresciano, torrente e scaricatore Rio Musia, Roggia Naviglio Cerca, Roggia Vescovada).

Le aree più estese sono poste lungo il corso del naviglio Grande Bresciano, che corre prevalentemente tombato, in particolare alla confluenza del torrente e scaricatore Rio Musia.

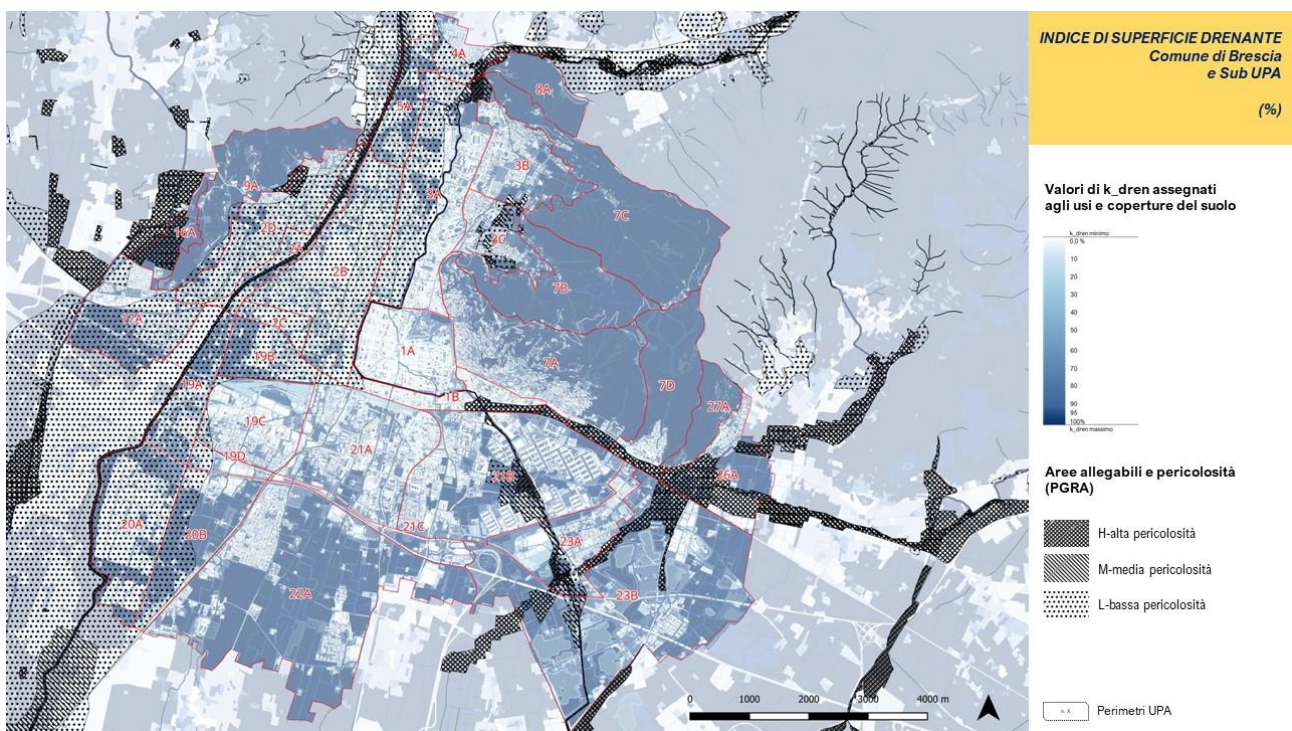
Peraltro, le aree allagabili intorno al naviglio, oltre ad essere collegate alla presenza del reticolo, sono posizionate ai piedi dei versanti collinari, potenzialmente soggette al run off proveniente dai versanti: ciò risulta tanto più rischioso laddove alcune aree collinari sono state soggette ad incendio, quindi con copertura più rada e sottobosco in formazione (cfr immagine seguente).





Le aree soggette ad incendio tra il 1997 e il 2021 sono rappresentate in viola nell'immagine a fianco e si trovano esattamente a monte della fascia allagabile del naviglio.

L'immagine che segue riporta gli usi e coperture del suolo categorizzati in base al coefficiente  $K_{dren}$  (bianco  $K_{dren}=0$ , blu scuro  $K_{dren}=100\%$ ) e le aree allagabili con differenti gradi di pericolosità.



La sovrapposizione tra le vulnerabilità e le pericolosità permette di evidenziare le aree a rischio maggiore, date dalla compresenza dei due fattori, ma anche di rendersi conto del doppio ruolo delle vulnerabilità: aumentare il rischio, ma anche essere parte importante dell'aumento della pericolosità.

Il punto di maggior rilievo corrisponde alle aree di pericolosità di allagamento del naviglio Grande Bresciano nel tratto che corre parallelo a Viale della Bornata/Viale Sant'Eufemia. Lì gli usi e coperture del suolo possiedono bassa o assente capacità di drenaggio (valori bassi di  $K_{dren}$ ).



Si rilevano invece le Sub UPA del Mella che risultano interessate da livelli di pericolosità bassa e al contempo presentano usi e coperture del suolo con bassi valori di  $K_{dren}$ .

*In conclusione, le Sub UPA che appaiono più vulnerabili sono la n. 1B e 7A, 7D, 27A, 26A per le parti pedecollinari.*

### **Approfondimento specifico relativo alla Relazione tra Idren e caratteristiche di drenaggio dei suoli**

#### **Dati utilizzati**

- mappatura degli usi e copertura del suolo nel territorio comune di Brescia campiti sulla base del proprio coefficiente  $K_{dren}$ ,
- Sub Unità Paesistico Ambientali e livello di vulnerabilità per Idren (shapefile elaborato dal GdL PVB),
- Mosaico della fattibilità geologica <sup>6</sup> (shapefile tratto dal Geoportale Regionale, Banca dati “Fattibilità geologica<sup>7</sup>”).

#### **Tipo di elaborazione**

- 1) Acquisizione del dato relativo alla mappatura degli usi e copertura del suolo con assegnazione del coefficiente  $K_{dren}$ ;
- 2) Acquisizione del dato relativo alle Sub UPA e relative classi di vulnerabilità per Idren
- 3) Sovrapposizione del layer relativi al mosaico della fattibilità geologica caratterizzato in funzione del differente grado di limitazione (Classi 3/4 – consistenti e gravi limitazioni, Classe 2 – modeste limitazioni, Classe 1 – nessuna limitazione)

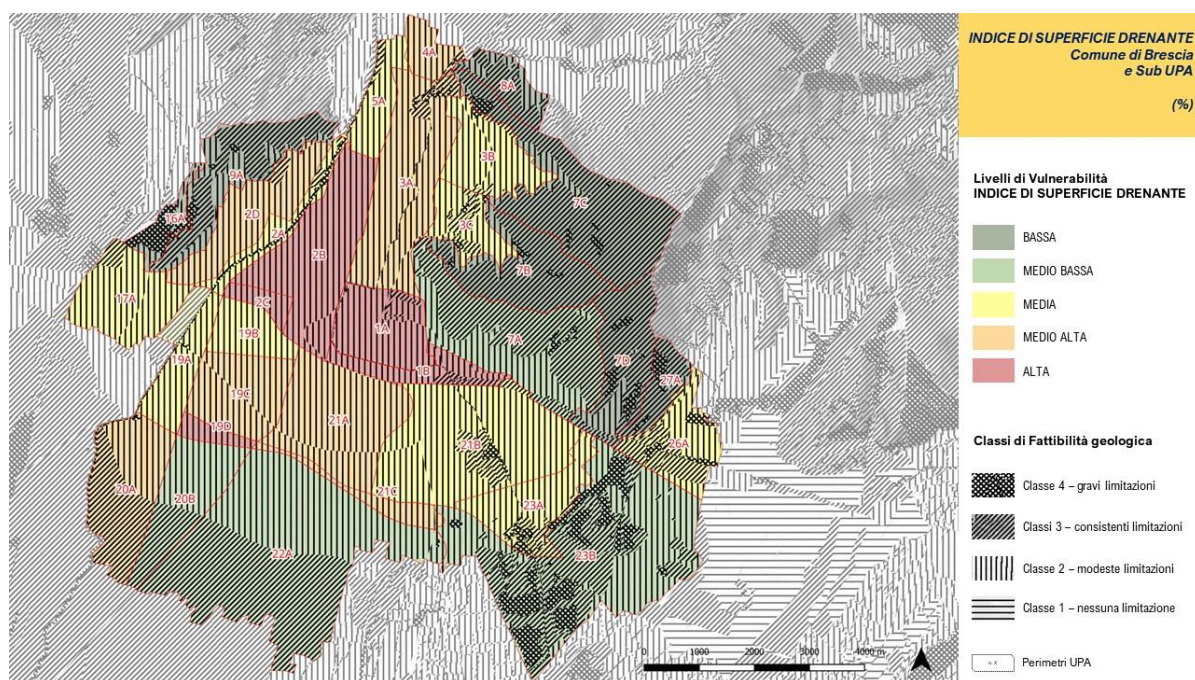
La mappa che segue mostra le Sub UPA classificate in base al livello di vulnerabilità per l'indicatore Idren, con la sovrapposizione del mosaico della fattibilità geologica caratterizzato in funzione del differente grado di limitazione.

---

<sup>6</sup> Collezione e mosaico delle carte della fattibilità geologica prodotte dai Comuni nell'ambito della componente geologica dei PGT. La carta della fattibilità geologica classifica il territorio comunale in 4 classi sulla base dei fattori di pericolosità geologica, idrogeologica, idraulica e sismica presenti che limitano o condizionano le trasformazioni edilizie. La classe 1 è riservata alle aree che non presentano particolari limitazioni geologiche all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso; la classe 2 alle aree con modeste limitazioni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine; la classe 3 alle aree che presentano consistenti limitazioni alle trasformazioni d'uso del suolo per superare le quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. La classe 4 è riservata alle aree ove l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo ed entro la quale deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Le classi sono di norma suddivise in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei per fattore di pericolosità (idrogeologica, idraulica, sismica, geotecnica) o vulnerabilità presente.

<sup>7</sup>

[https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p\\_p\\_id=detailSheetMetadata\\_WAR\\_gptmetadataportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&detailSheetMetadata\\_WAR\\_gptmetadataportlet\\_identifier=r\\_lombar%3A9f3daa68-02ab-451c-9de0-7ab8581c976c&jsfBridgeRedirect=true](https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet_identifier=r_lombar%3A9f3daa68-02ab-451c-9de0-7ab8581c976c&jsfBridgeRedirect=true)



Il Territorio comunale di Brescia ricade prevalentemente nella classe di fattibilità geologica 2.

Sono presenti ampie aree in classe 3 e alcune aree in classe 4. Le aree in classe 3 sono localizzate: o nelle aree di pianura a sud della città e nell'area del PLIS delle Cave, oppure sulle sommità e versanti delle colline. Le aree in classe 4 sono presenti in localizzazioni specifiche lungo i corsi d'acqua, in corrispondenza dei bacini di cava e alcuni punti dei versanti collinari.

Alcune limitazioni sono poste dalle caratteristiche dei suoli o vincoli presenti quali:

- vincoli geo-meccanici e idrogeologici, dovuti a classi di fattibilità geologica elevate, alla presenza di versanti, fontanili, pozzi, riporti storici e fasce di raccordo, aree con forti escursioni o vulnerabilità della falda, aree di compatibilità idraulica o a bassa soggiacenza;
- vincoli connessi alla contaminazione di suoli (SIN Area Caffaro);
- altri vincoli, quali vincoli cimiteriali e archeologici e fasce di rispetto cimiteriali, infrastrutturali, idrologici.
- limitazioni legate alla capacità di drenaggio/presenza di acqua nel suolo: aree con forti escursioni o vulnerabilità della falda, aree di compatibilità idraulica o a bassa soggiacenza.

Dalla lettura della mappa, è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- le Sub UPA fluviali del Mella e del Garza presentano numerose limitazioni per la presenza di acqua nel sottosuolo legata alla presenza del sistema fluviale;
- le Sub UPA del Mella presentano limitazioni dovute alla contaminazione di suoli e acque sotterranee derivanti dal SIN Caffaro);
- anche le Sub UPA della pianura agricola presentano alcune limitazioni della capacità di drenaggio delle acque in quanto le caratteristiche dei suoli, formati da sabbie e argille aventi granulometrie più fini, hanno minore proprietà di drenaggio delle acque, rispetto ai suoli più ghiaiosi che interessano l'area urbana. A ciò si somma la superficialità della falda e, quindi un maggior imbibimento dei suoli, che rende difficoltosa la possibilità di infiltrazione,

- le Sub UPA urbane e quelle poste all'imbocco della Valtrompia, sono quelle che possiedono le caratteristiche più idonee al drenaggio delle acque, tuttavia le ampie superfici impermeabilizzate ne limitano le possibilità. In queste Sub UPA esistono tuttavia ampie superfici libere che costituiscono una opportunità di risposta a tali vulnerabilità.

Queste determinano condizioni di fattibilità locale per le NBS, in particolare per i SuDS.