

Brownfields: come limitare il consumo di suolo rigenerando le aree urbane

di Daniele Di Trapani, Giovanni Vinti, Gaspare Viviani

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. Il quadro normativo internazionale e nazionale. – 3. Strategie di intervento. – 4. Il ruolo dei brownfields nella rigenerazione urbana. – 5. Casi di studio. – 6. Criticità e prospettive future. – 7. Conclusioni.

1. *Introduzione*

Il consumo di suolo è un fenomeno strettamente legato all'urbanizzazione; esso viene definito dal Parlamento e Consiglio dell'Unione Europea come un processo “che comporta un cambiamento di uso del suolo da aree naturali e seminaturali, tra cui boschi protetti, formazioni erbose naturali, torbiere, terreni agricoli e forestali, giardini e parchi, a insediamenti, ad esempio nell'ambito dello sviluppo urbano. [...] L'impermeabilizzazione del suolo espone gli insediamenti umani a picchi di inondazioni più alti e a effetti di isole di calore più intensi”¹.

Un altro fenomeno spesso connesso al primo è il degrado di suolo, inteso come quel processo di alterazione associato alla riduzione o perdita della produttività biologica ed economica, principalmente riconducibile all'azione dell'uomo². Tale degrado può essere valutato anche tramite altri fattori, quali la copertura del suolo, l'erosione idrica o il contenuto di carbonio organico. La desertificazione rappresenta lo stadio più estremo del degrado del suolo.

In tale contesto, il consumo netto di suolo è definito come la differenza tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, deimpermeabilizzazione, rinaturalizzazione o ad altre azioni in grado di ripristinare i servizi ecosistemici tipici dei suoli^{3,4}.

¹ Direttiva (UE) 2025/2360 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 novembre 2025 sul monitoraggio e la resilienza del suolo.

² SNPA (Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, in *Report ambientali SNPA*, n. 43, 2024.

³ Direttiva (UE) 2025/2360, cit.

⁴ ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), *Il consumo di suolo*, in www.isprambiente.gov.it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo.

A livello europeo (EU-28) il consumo netto di suolo nel sessennio 2012-2018 è risultato complessivamente pari a 2.656 km²; rispetto ai due sessenni precedenti, tale valore è diminuito, essendo stato pari a 5.510 km² nel periodo 2000-2006 e a 4.592 km² nel periodo 2006-2012⁵. Ciò evidenzia come la superficie complessiva di suolo consumato continui ad aumentare nel tempo, pur in presenza di una progressiva riduzione del tasso annuo (o su base sessennale) di consumo netto.

In Italia, il suolo consumato è aumentato drasticamente nel corso degli ultimi decenni, passando in termini cumulativi da circa il 2,7% della superficie nazionale (i.e. 8.100 km²) negli anni '50 dello scorso secolo, prima del boom edilizio, al 5,1% del 1989⁶, per salire ancora al 6,73% nel 2006 e arrivare al 7,16% (i.e. 21.578 km²) nel 2023⁷. Il consumo di suolo continua ad avanzare al ritmo di circa 20 ha/giorno, interessando annualmente una superficie pari a 72,54 km², valore ben al di sopra della media dell'ultimo decennio pari a 68,7 km². La superficie di suolo totale consumata a livello nazionale è quindi più che raddoppiata nel corso degli ultimi 70 anni, mentre nello stesso periodo la popolazione residente in Italia è passata da circa 48 milioni a circa 59 milioni^{8,9}, con addirittura una tendenza in leggero calo negli ultimi anni.

Le Regioni italiane con la più alta percentuale di consumo di suolo nell'anno 2023 sono risultate la Lombardia (12,19%), il Veneto (11,86%) e la Campania (10,57%); la Regione con la percentuale più bassa è stata la Valle d'Aosta (2,16%)¹⁰, dove la morfologia del territorio ha verosimilmente giocato un ruolo significativo.

Se da un lato si osserva un crescente fenomeno di consumo di suolo, dall'altro è frequente il riscontro di aree industriali abbandonate, ricadenti

⁵ European Environment Agency (EEA), *Land take and net land take*, 2019, in www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/land-take-statistics-dashboards?activeTab=570bee2d-1316-48cf-adde-4b640f92119b.

⁶ ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), *Il consumo di suolo in Italia. Edizione 2015*, in *Rapporto n. 218*, 2015.

⁷ SNPA (Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente), *Consumo di suolo. Dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, in *Report ambientali SNPA*, n. 43, 2024.

⁸ ISTAT, *L'evoluzione demografica in Italia dall'Unità a oggi*, (Edizione 2019), in www.istat.it/np-content/uploads/2019/01/evoluzione-demografica-1861-2018.

⁹ ISTAT, *Storia demografica dell'Italia dall'Unità a oggi*, Edizione 2023, in www.istat.it/np-content/uploads/2023/02/Storia_demografica_Italia_4.pdf.

¹⁰ SNPA (Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente), *Consumo di suolo. Dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, cit.

spesso all'interno dei perimetri urbani ad alto tasso di industrializzazione. Molte di queste aree permangono in stato di degrado o risultano inutilizzabili a causa di vincoli urbanistici e di restrizioni sull'uso del territorio legate allo stato di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee in esse riscontrato o semplicemente sospettato. Tali aree industriali dismesse, comunemente definite “brownfields”, secondo recenti stime, a scala mondiale superano i cinque milioni di siti potenzialmente contaminati, costituendo quindi un problema diffuso a livello internazionale¹¹.

Nello specifico, i brownfields si configurano come l'intersezione tra l'insieme dei siti contaminati (o potenzialmente contaminati) e quello delle aree dismesse, rappresentando ambiti territoriali in cui coesistono, da un lato, la presenza di forme di inquinamento ambientale e, dall'altro, un potenziale di rigenerazione urbana, come schematicamente mostrato in Figura 1¹². Essi si caratterizzano dunque per la simultanea necessità di interventi di bonifica e di riqualificazione e reintegrazione nel tessuto urbano.

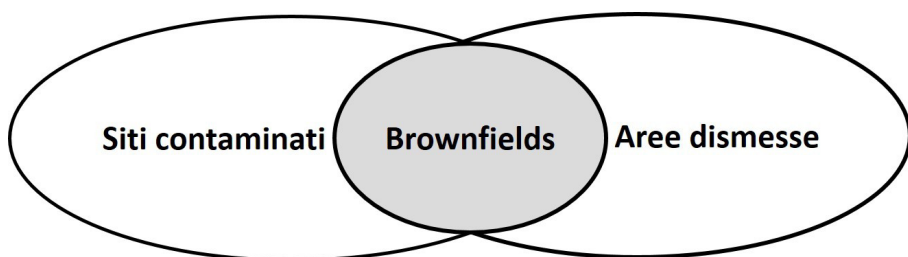


Figura 1 – Ambito di interesse dei brownfields

Va comunque evidenziato come in Italia non esista ancora una definizione giuridica vincolante di brownfield¹³. Ciò implica ad esempio forti difficoltà nell'avviare censimenti ufficiali sul numero di tali siti su scala nazionale o regionale.

¹¹ D. HOU, A. AL-TABBAA, D. O'CONNOR, ET AL., *Sustainable remediation and redevelopment of brownfield sites*, in *Nature Review's Earth and Environment*, n. 4, 2023, 271–286.

¹² APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), *Proposta di linee guida per il recupero ambientale e la valorizzazione economica dei brownfields*, Edizione 2006, in www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003600/3669-proposte-brownfield.pdf.

¹³ S. FOA, *Gli antipodi da conciliare: i brownfields e i beni comuni urbani*, in *Quaderni di «Filosofia»*, *Filosofia Urbana*, 2024, 189.

Allo stesso tempo, il Working Group CLARINET ha elaborato la seguente definizione di brownfields, riconosciuta a livello europeo¹⁴: “siti che sono stati influenzati dagli usi precedenti dell’area e dei terreni circostanti; che sono abbandonati o sottoutilizzati; che presentano problemi di contaminazione reali o percepiti; che si trovano prevalentemente in aree urbane già sviluppate; e che richiedono interventi per essere riportati a un uso benefico”. Analoga definizione veniva data da APAT, come “i siti inquinati compresi in ambito urbano o di immediata periferia, già dotati delle opere di urbanizzazione e prossimi alle infrastrutture per la mobilità ed il trasporto”¹⁵.

Una corretta gestione dei brownfields può quindi rappresentare una potenziale risorsa strategica. Infatti, queste aree offrono ampie possibilità di rigenerazione urbana, perché, se bonificate e riconvertite, possono creare nuovi servizi, spazi verdi e opportunità economiche, riducendo fortemente la necessità di occupare suolo vergine.

Infatti, se, come già citato, il consumo di suolo in Italia nel solo 2023 è stato pari a 72,54 km², interventi mirati di ripristino hanno consentito il recupero di 8,15 km² nello stesso anno, portando a un consumo netto di suolo di 64,39 km², evidenziando così il ruolo non trascurabile di tale tipologia di interventi nel contrasto al consumo e al degrado di suolo¹⁶.

Nel caso dei centri urbani di potenzialità media e grande, la bonifica delle aree contaminate dismesse può assumere dimensioni rilevanti, comportando persino il recupero di superfici di ampiezza superiore a quella dei centri storici; a titolo di esempio, è stato stimato che il rapporto tra le superfici riconvertibili e quelle dei centri storici possono raggiungere i seguenti valori per alcuni centri urbani¹⁷: 2,08 (Milano), 0,87 (Saronno), 0,80 (Vicenza), 0,769 (Genova).

Una particolare categoria di brownfields ricade all’interno dei c.d. Siti di Interesse Nazionale (SIN), individuati per la prima volta con la Legge 426/1998 e via via aggiornati nel tempo mediante successivi

¹⁴ CLARINET, *Contaminated land rehabilitation network for environmental technologies Brownfields and Redevelopment of Urban Areas*, in *Federal Environment Agency*, Austria, 2002.

¹⁵ APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici), *Proposta di linee guida per il recupero ambientale e la valorizzazione economica dei brownfields*, cit.

¹⁶ SNPA (Sistema nazionale a rete per la protezione dell’ambiente), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, cit.

¹⁷ APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici), *Proposta di linee guida per il recupero ambientale e la valorizzazione economica dei brownfields*, cit.

interventi normativi, che ne hanno comportato il progressivo aumento fino a un numero massimo di 58, ridottosi ad oggi a 42 solamente grazie all'esclusione di alcuni siti la cui competenza è stata trasferita alle Regioni¹⁸. La loro superficie complessiva costituisce oggi il 6 per mille circa del territorio nazionale, di cui circa 170.000 ha a terra e 78.000 ha a mare. La maggioranza di tali siti riguarda aree industriali, solitamente eterogenee ("multisiti"), cioè comprendenti differenti insediamenti originari, spesso dismessi e prevalentemente localizzati in ambiti urbani o sub-urbani; i principali settori industriali che in essa avevano o tutt'ora hanno sede sono quelli chimici, petrolchimici, siderurgici e metalmeccanici. Le superfici interessate per ciascun sito superano per più della metà dei siti 100 ha. Tra i maggiori, vanno citati i poli industriali di Taranto e Brindisi, Porto Marghera (Venezia), l'ex ACNA di Cengio (Savona)¹⁹. Ai SIN vanno aggiunti i c.d. Siti di Interesse Regionale, che, seppure di minore importanza dal punto di vista ambientale rispetto ai SIN, sono di gran lunga più numerosi; l'ultimo rapporto di ISPRA identifica ben 36.814 siti al momento oggetto di procedimento di bonifica in Italia, di cui 17.340 con procedimento in corso e 19.474 con procedimento concluso. La loro superficie totale complessiva non è nota, in quanto per i procedimenti in fase di notifica o conclusi con notifica non è richiesta la specifica della superficie. Tuttavia, nei casi in cui essa sia disponibile, si rileva che la superficie amministrativa interessata (pari alla somma delle particelle catastali che risultano coinvolte anche solo parzialmente dall'evento potenzialmente in grado di contaminare il sito), relativa solo al 52% dei procedimenti (in corso e conclusi) è pari a 43.398 ha²⁰. Come accennato, molti dei siti qui citati sono interessati dalla presenza di brownfields, ricadendo in ambito urbano o periurbano ed essendo oggetto di abbandono; manca tuttavia un censimento aggiornato di tali siti, sia come numerosità che come superficie interessata; è utile tuttavia ricordare che nel 2006 APAT stimava il numero dei brownfields pari a circa l'8,5% dei siti di interesse regionale che, a

¹⁸ MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, *SIN*, in *bonifichesiticontaminati*. mite.gov.it/sin.

¹⁹ ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), *Siti di Interesse Nazionale (SIN)* in www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/siti-di-interesse-nazionale-sin.

²⁰ F. ARANEO, A. ARELLI, ET AL., *Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: terzo rapporto sui dati regionali*, in ISPRA, Rapporto n. 409, 2025.

quella data, però ancora ammontavano a soli 12.214, quindi appena un terzo di quelli attuali²¹.

Nei capitoli successivi verranno approfondite dal punto di vista normativo e tecnico le tematiche qui brevemente richiamate, discutendo strategie, criticità e prospettive future.

2. *Il quadro normativo europeo e nazionale*

A livello europeo, non esiste ancora una legge univoca sull'uso e sul consumo di suolo, sebbene differenti sono i riferimenti già oggi disponibili su tale tematica. Un primo importante riferimento è rappresentato dai 7° e 8° Programma d'Azione Ambientale (Environment Action Programme, EAP), che fissano, a livello di Unione Europea (UE), obiettivi e condizioni abilitanti per la politica ambientale comunitaria.

In particolare, il 7° EAP²², entrato in vigore nel novembre 2013 e con validità fino al 31 dicembre 2020, ha rilevato che ogni anno oltre 1.000 km² di nuovi terreni dell'UE sono destinati a usi edilizi, industriali, di trasporto o ricreativi. Inoltre, più del 25% del territorio è soggetto a erosione del suolo dovuta all'acqua. La contaminazione del suolo rappresenta un'ulteriore criticità rilevata dall'UE: in proposito, è stato stimato che oltre mezzo milioni di siti sono contaminati; essi, finché non verranno perimetrati e sottoposti a un'adeguata valutazione, continueranno a comportare rischi potenzialmente gravi per l'ambiente, la salute e l'economia. Da sottolineare che, per la prima volta in un EAP, è stato fissato l'obiettivo di consumo netto di suolo pari a zero entro il 2050 ("no net land take by 2050"). È stata inoltre rilevata la necessità che entro il 2020 i terreni siano gestiti in maniera sostenibile, il suolo sia adeguatamente protetto e sia avviata la bonifica dei siti contaminati. A tal proposito, viene sottolineato che sarà necessario intensificare gli sforzi per ridurre l'erosione e aumentare la sostanza organica, bonificare i siti contaminati e rafforzare il contesto normativo sulla protezione del suolo. Dal 2021 al maggio 2022, in attesa dell'entrata in vigore del successivo EAP, la sua visione è stata

²¹ APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), *Proposta di linee guida per il recupero ambientale e la valorizzazione economica dei brownfields*, cit.

²² Decisione UE n. 1386/2013/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta».

portata avanti da altre iniziative UE (quali ad esempio il Green Deal e alcune Direttive già emanate).

Il 2 maggio 2022 è entrato in vigore l'8° EAP²³, valido fino al 31 dicembre 2030. In esso, fra i sei obiettivi tematici prioritari riportati all'articolo 2 sono citati quello di inquinamento zero di aria, acqua e suolo entro il 2030, nonché la lotta contro la desertificazione e il degrado del suolo. In particolare, l'articolo 3 sottolinea la necessità di contrastare il degrado del suolo e garantirne la protezione e l'uso sostenibile, anche attraverso un'apposita proposta legislativa sulla salute dei suoli da emanare entro il 2023.

Va inoltre evidenziato che prima ancora dell'8° EAP, la Commissione europea, con la Comunicazione del 17 novembre 2021²⁴, aveva annunciato l'intenzione di adottare una vera e propria Soil Health Law, con i seguenti punti chiave:

- definizione di criteri e indicatori di salute del suolo;
- creazione di un registro europeo dei siti potenzialmente contaminati;
- introduzione di misure minime comuni di monitoraggio e resilienza del suolo.

Tale Comunicazione rappresenta il documento originario che ha dato seguito alla successiva elaborazione della Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sul monitoraggio del suolo e la resilienza, pubblicata il 26 novembre 2025²⁵. Gli obiettivi della Direttiva consistono nell'istituire un quadro armonizzato per il monitoraggio della salute del suolo in tutti gli Stati membri, con l'obiettivo di ottenere suoli "in buona salute" entro il 2050 e mantenere le loro funzioni ecosistemiche (acqua, biodiversità, mitigazione cambiamenti climatici, risorse agricole), riducendo i livelli di contaminazione del suolo a valori non più considerati nocivi per la salute umana e l'ambiente. All'articolo 3, comma 5, la "salute del suolo" è definita come l'insieme delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche che ne determinano la capacità di funzionare come un sistema vivente essenziale e di fornire servizi ecosistemici. Altri elementi chiave riguardano inoltre (articolo 10 e allegati) l'individuazione di Obiettivi UE non vincolanti, per

²³ Decisione (UE) 2022/591 del Parlamento europeo e del Consiglio del 6 aprile 2022 relativa a un programma generale di azione dell'Unione per l'ambiente fino al 2030.

²⁴ Commissione Europea, Comunicazione su "*Strategia dell'UE per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima*", in eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699 COM/2021/699 final, 2021.

²⁵ Direttiva (UE) 2025/2360, cit.

orientare politiche, parametri guida e valori-soglia nazionali vincolanti, che attivino interventi di bonifica quando questi risultino superati. Inoltre, l'Articolo 11 fornisce un quadro operativo per tradurre in azioni concrete i principi generali di tutela e rigenerazione del suolo, bilanciando un approccio armonizzato a livello europeo con la flessibilità necessaria a adattarsi alle condizioni pedoclimatiche e socio-economiche di ciascun Paese. Nell'articolo 17 viene inoltre previsto che, entro 4 anni dall'entrata in vigore della Direttiva, gli Stati Membri istituiscano un registro nazionale contenente l'elenco sia dei siti potenzialmente contaminati, sia di quelli effettivamente contaminati.

Un ulteriore importante riferimento normativo europeo che, pur non direttamente rivolto alla tematica del consumo dei suoli, tuttavia ne influenzerà certamente indirizzi e strategie, si può ritrovare nel recente "Regolamento per il ripristino della natura" ("Nature Restoration Regulation")²⁶. Il nuovo Regolamento ha come obiettivi la messa in atto di misure destinate a ripristinare almeno il 20% delle zone terrestri e marine degradate dell'UE entro il 2030 e tutti gli ecosistemi che necessitano di ripristino entro il 2050. Nell'ambito di tali interventi viene data priorità ai siti Natura 2000, con un ripristino degli habitat considerati in cattive condizioni, elencati nel Regolamento, per almeno il 30% entro il 2030, il 60% entro il 2040 e il 90% entro il 2050. Ulteriori interventi di rilievo previsti sono il ripristino delle torbiere e la piantumazione di almeno 3 miliardi di alberi supplementari entro il 2030 a livello europeo, nonché la rimozione delle barriere artificiali alla connettività delle acque superficiali, al fine di consentire la conversione di almeno 25.000 km di fiumi in fiumi a scorrimento libero entro il 2030.

In ambito nazionale italiano, la disciplina in materia è tutt'oggi frammentaria: non esiste infatti una legge nazionale unica sul consumo di suolo, risultando il quadro normativo italiano su ambiente e pianificazione urbanistica oggetto di vari provvedimenti, alcuni risalenti anche alla seconda metà del secolo scorso. Fra quelli relativamente più recenti a cui poter fare riferimento, giova citare il D.Lgs. 152/2006 (Titolo V)²⁷, che disciplina la bonifica dei siti contaminati secondo il

²⁶ Regolamento (UE) 2024/1991 sul ripristino della natura e che modifica il regolamento (UE) 2022/869.

²⁷ Decreto Legislativo n. 152 del 2006, Titolo V, Norme in materia Ambientale.

principio del “chi inquina paga”, il D.L. 32/2019 (cosiddetto “Sblocca Cantieri”)²⁸, che contiene norme urgenti per la promozione della rigenerazione urbana, riducendo il consumo di suolo e incoraggiando la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, e ancora il D.Lgs. 36/2023 (c.d. “Codice degli Appalti”)²⁹, che include tra i criteri preferenziali nella progettazione la scelta di soluzioni che evitino l’uso di nuovo suolo agricolo.

Va però evidenziato un vuoto normativo non trascurabile, che sarebbe opportuno colmare. Infatti, come anticipato, ad oggi in Italia non esiste una definizione giuridica vincolante relativa ai brownfields, nonostante gli stessi vengano citati in documenti tecnici di agenzie ambientali nazionali e negli ultimi anni siano stati organizzati numerosi eventi tecnici e formativi sull’argomento^{30,31}.

Anche il PNRR, Missione 2 (“Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica”)³², dedica linee di intervento alla protezione del suolo, prevedendo specifiche strategie di limitazione, mitigazione e compensazione del consumo di suolo. Ad esempio, si auspica di limitare nuove impermeabilizzazioni attraverso restrizioni normative e politiche fiscali (tasse sul consumo di suolo), promuovere il riuso di aree urbanizzate e abbandonate e compensare il consumo residuo mediante misure di ripristino (quali ad esempio interventi di costituzione di nuovi spazi verdi o di riforestazione).

Alcune Regioni (p.e. la Sicilia con la L.R. 19/2020)³³ hanno cominciato ad adottare proprie leggi che includono limiti al consumo del suolo, ma, come detto, manca ancora un provvedimento nazionale unitario.

²⁸ Decreto Legge n. 32 del 18 aprile 2019.

²⁹ Decreto Legislativo n. 36 del 31 marzo 2023.

³⁰ L. GIA, *Edilizia sostenibile: in Italia si consuma ancora troppo suolo*, in *La Repubblica*, 2025.

³¹ STANTEC, “*Remediation guidelines for sustainable site valorization*” e “*Analisi del contesto attuale della gestione rifiuti in Italia*” sviluppate nell’ambito del Partenariato Esteso RETURN, in *Remtech Expo di Ferrara*, 2025.

³² Governo Italiano, *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR): Missione 2 – Rivoluzione verde e transizione ecologica*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2021.

³³ Regione Siciliana. Legge n. 19 del 13 agosto 2020, “*Norme per il governo del territorio*”.

3. *Strategie di intervento*

Come prima citato, gli interventi di bonifica e riqualificazione dei brownfields hanno grandi potenzialità e offrono numerosi benefici, oltre quello di contrastare il consumo di suolo: promozione della crescita economica, riduzione dei rischi per la salute umana, mitigazione delle disuguaglianze ambientali³⁴. In proposito, le tecnologie per la bonifica sono numerosissime; in sintesi, esse possono essere suddivise in due grandi categorie³⁵: tecniche tradizionali e nuove tecniche sostenibili. Tale suddivisione tiene conto di tre fattori chiave³⁶: gli impatti negativi lungo l'intero ciclo di vita (LCA: Life Cycle Assessment) associati alle tecniche di bonifica tradizionali; le pressioni istituzionali derivanti dall'adozione di norme sempre nuove e spesso più restrittive a tutela della salute e dell'ambiente; la crescente richiesta delle parti interessate di pratiche più sostenibili. Relativamente all'applicazione della LCA, Vocciante e co-autori³⁷ hanno adottato tale metodologia per confrontare l'impatto ambientale di differenti tecniche di bonifica. I risultati hanno evidenziato come la phyto-remediation in situ – tecnica che impiega specie vegetali per la rimozione, stabilizzazione o degradazione dei contaminanti – presenti un impatto ambientale inferiore rispetto a soluzioni più invasive quali il soil washing o lo scavo e la rimozione del suolo contaminato. Va inoltre evidenziato che, a livello nazionale, il prima citato Testo Unico dell'Ambiente (D.Lgs. 152/2006) qualifica un sito come contaminato a seguito dell'esecuzione di un'analisi di rischio di tipo assoluto. Qualora le concentrazioni rilevate dovessero superare le concentrazioni soglia di rischio, definite in modo sito-specifico attraverso dei modelli di fate&transport, l'area verrebbe classificata come contaminata e necessitare di interventi di messa in sicurezza o di bonifica, questi ultimi volti a ricondurre le concentrazioni al di sotto dei limiti di rischio definiti dalla normativa.

Nel seguito sono elencati e brevemente discussi alcuni esempi sia

³⁴ K. HANINGER, L. MA, C. TIMMINS, *The value of brownfield remediation*, in *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, n. 4, 2017, 197-241.

³⁵ D. HOU ET AL., *Sustainable remediation and redevelopment of brownfield sites*, cit.

³⁶ D. HOU, A. AL-TABBAA, *Sustainability: a new imperative in contaminated land remediation*, in *Environmental Science & Policy*, n. 39, 2014, 25-34.

³⁷ M. VOCCIANTE; A. DE FOLLY D'AURIS; E. FRANCHI; G. PETRUZZELLI; S. FERRO, *CO₂ footprint analysis of consolidated and innovative technologies in remediation activities*, in *Journal of Cleaner Production*, n. 297, 2021, 126723.

delle tecniche di bonifica tradizionali rivolte ai brownfields, sia delle nuove tecniche sostenibili³⁸. Come esempi di tecniche tradizionali possono essere citati: a) scavo e rimozione; b) pump and treat; c) desorbimento termico; d) trattamenti chimici; e) solidificazione e stabilizzazione.

Più in dettaglio, i processi di scavo e rimozione rappresentano la più usuale strategia di bonifica, stante l'economicità e la semplicità di realizzazione, anche se la loro applicazione comporta la produzione di rifiuti anche pericolosi, di cui occorre prevedere il corretto trattamento e/o smaltimento. La tecnica del pump and treat rappresenta un usuale intervento di risanamento di acquiferi contaminati; essa consiste nell'emungimento e successivo trattamento di acque sotterranee contaminate, presentando però significative criticità legate all'eccessiva durata dell'intervento, per effetto della frequente bassa solubilità degli inquinanti in gioco, e a possibili riduzioni dell'efficienza di trattamento legate ai fenomeni di "rebound" dei contaminanti presenti nella matrice solida. Gli interventi di desorbimento termico, realizzabili sia in-situ che ex-situ, sebbene caratterizzati da elevate rese di processo, si rivelano altamente energivori a causa delle elevate temperature richieste, comportando quindi elevati valori del "carbon footprint" dell'intervento stesso. I trattamenti chimici hanno come obiettivo la trasformazione dei contaminanti presenti nelle matrici ambientali in composti stabili e innocui; essi si basano su reazioni chimiche di ossidazione o di riduzione dei contaminanti, comportando però un rischio di formazione di sottoprodotti di reazione che potrebbero presentare in alcuni casi livelli di tossicità maggiori rispetto ai composti di partenza. Infine, gli interventi di solidificazione/stabilizzazione, realizzabili anch'essi sia in-situ che ex-situ, si basano sulla miscelazione della matrice contaminata con agenti leganti/stabilizzanti, che comportano la formazione di una struttura solida all'interno della quale i contaminanti originariamente presenti rimangono intrappolati; il cemento Portland rappresenta il legante maggiormente utilizzato, portando però ad elevate impronte ambientali.

Sulla base di queste considerazioni, è opportuno evidenziare che, salvo il ricorso esclusivo a fonti rinnovabili, un incremento dei consumi energetici si traduce in un corrispondente aumento delle emissioni di gas serra. Tali emissioni si manifestano sia in forma diretta – dalla combustione o dalle emissioni dei macchinari impiegati in sito – sia in forma

³⁸ D. HOU ET AL., *Sustainable remediation and redevelopment of brownfield sites*, cit.

indiretta, ossia le emissioni associate alla produzione dell'energia elettrica utilizzata. Andrebbe infine tenuto conto delle emissioni lungo la catena di produzione e fornitura dei materiali. Come esempi di nuove tecniche sostenibili possono essere citati: a) sustainable immobilization; b) low-impact bioremediation; c) new in-situ chemical treatment; d) innovative passive barrier systems.

La tecnica della sustainable immobilization trae origine dai tradizionali interventi di solidificazione/stabilizzazione, a seguito della sostituzione del cemento Portland con sostanze più "green", tra cui leganti a base di argilla privi di cemento, oppure leganti geopolimerici a base di ceneri volanti e scorie attivate con alcali. Queste alternative prive di cemento, naturali o derivate da scorie di processi industriali, sono economicamente competitive e utilizzabili per interventi di risanamento a grande scala. Gli interventi di bioremediation (biorisanamento) sono ambientalmente sostenibili, in quanto sfruttano le capacità di diversi organismi viventi, prevalentemente biomasse batteriche, di rimuovere i contaminanti da suolo e acque sotterranee a seguito di processi metabolici o co-metabolici. I principali vantaggi dei processi di bioremediation sono rappresentati dalla economicità del processo, oltre che da un miglioramento delle condizioni dell'ecosistema in cui vengono applicati. I nuovi interventi chimici in-situ prevedono in genere l'utilizzo di nanomateriali (ad esempio, nanoparticelle di ferro zerovalente), che si contraddistinguono per una elevata selettività nei confronti dei contaminanti target, consentendo maggiori livelli di sostenibilità ambientale dell'intervento di risanamento; le modalità innovative di progettazione e iniezione dei materiali negli interventi in-situ rappresentano aspetti chiave in termini di sostenibilità di tali interventi. Relativamente ai sistemi barriera "passivi", vanno citate le PRB (Permeable Reactive Barriers), che consistono nell'indirizzare, anche mediante diaframmi impermeabili, il plume contaminato verso una trincea permeabile riempita con materiale "reattivo", in grado di degradare o immobilizzare i contaminanti presenti nel plume stesso. L'efficacia delle PRB nel lungo periodo ha contribuito a identificarli come ambientalmente sostenibili.

La scelta dell'intervento più idoneo spesso non è cosa semplice; infatti è usuale che lo stato di contaminazione sia riconducibile alla presenza di contaminanti di varia natura, non tutti rimovibili con un solo intervento; a ciò si aggiunge che i diversi interventi necessari possono talvolta non esse-

re fra loro compatibili; tutto ciò richiede un approccio risolutivo multirischio, per la cui soluzione certamente utile è il ricorso all'applicazione di Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS: Decision Support Systems)³⁹. Un ulteriore riferimento di rilievo è rappresentato dal percorso metodologico proposto dalla US EPA⁴⁰ per l'intervento sui brownfields, che si articola in una fase di indagine e valutazione preliminare del sito, seguita dall'analisi delle possibili tecniche di bonifica applicabili e, infine, dalla selezione e attuazione dell'intervento più efficace e sostenibile.

È necessario evidenziare, infine, come l'efficacia degli interventi di bonifica e la loro sostenibilità ambientale debbano essere conseguite garantendo al contempo il contenimento dei tempi di bonifica, al fine di evitare prolungamenti non giustificati delle attività di risanamento.

In ogni caso, gli interventi di bonifica non concludono l'iter di recupero dei siti interessati, che andrà completato con successivi interventi di ripristino ambientale e di riqualificazione del sito interessato.

4. *Il ruolo dei brownfields nella rigenerazione urbana*

Da quanto detto appare quindi cruciale il ruolo dei brownfields nel ridurre il consumo netto di suolo, stante la possibilità che un loro recupero dà di ottenere nuovi spazi di rigenerazione urbana. Tra i principali vantaggi offerti, vanno evidenziati i seguenti:

- risparmio di suolo libero: riutilizzando aree già occupate, si evita di impermeabilizzare nuove superfici naturali o agricole, proteggendo gli ecosistemi esistenti e riducendo il consumo netto di suolo;

- bonifica di siti contaminati: la riqualificazione implica la bonifica dei terreni contaminati, con riduzione dei rischi sanitario e ambientale entro limiti considerati accettabili dalla normativa;

- efficienza delle infrastrutture: spesso i brownfields sono già dotati di reti di trasporto, energia, acqua, gas e rete fognaria, stante la loro localizzazione all'interno di aree urbane, peri-urbane o industriali; ciò riduce costi e tempi di realizzazione, rispetto a quelli necessari per nuovi insediamenti;

³⁹ A. MARCOMINI, G.W. SUTER II, A. CRITTO, *Decision Support Systems for Risk-Based Management of Contaminated Sites*, in *Springer Science & Business Media* ed., 2008.

⁴⁰ US EPA [UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY], *Brownfields road map to understanding options for site investigation and cleanup*, Sixth Edition, 2017.

molti siti dismessi, inoltre, si trovano vicino a infrastrutture logistiche strategiche, rendendoli ideali per nuovi impianti;

benefici sociali ed economici: la riqualificazione porta occupazione (cantieri, nuovi servizi), rivitalizza aree urbane degradate e ne aumenta l'attrattività; ad esempio, le nuove aree verdi urbane favoriscono la mitigazione delle isole di calore e riducono il rischio di allagamenti (grazie al parziale ripristino della permeabilità del suolo), aiutando dunque a contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici⁴¹;

risparmio di risorse: la rigenerazione riduce i costi (economici e ambientali) associati a nuove infrastrutture in zone vergini; essa può favorire inoltre l'utilizzo di materiale riciclato (demolizioni controllate, riutilizzo di materiali da costruzione).

Fra i possibili utilizzi di siti oggetto di interventi di rigenerazione possono essere citati:

- nature-based solutions per migliorare anche l'ambiente, la biodiversità e contrastare i cambiamenti climatici (per esempio, con la creazione di parchi e spazi verdi, parchi storici);
- aree rivolte alla produzione di energia rinnovabile (eolico, solare, biomassa per produzione di energia);
- complessi civili e industriali, pur con le possibili criticità discusse in precedenza.

5. *Casi di studio*

Sono già presenti numerose applicazioni reali di bonifica e rigenerazione urbana dei brownfields, sia a livello nazionale che internazionale.

In Italia, Porto Marghera (VE) è un esempio emblematico. Inserito nell'elenco dei SIN già negli anni '90, è un multisito comprendente attività di raffineria, chimica integrata e acciaierie. L'area è stata ed è tuttora sottoposta ad attività di bonifica di suolo e acque sotterranee. Il Parco Scientifico e Tecnologico VEGA (Venice Gateway for Science and Technology), rappresenta il fulcro della rigenerazione urbana dell'area: su una superficie iniziale di circa 35 ha, esso oggi accoglie edifici soste-

⁴¹ E. FALCO, E. GARDA, L., ZARDO, C. CORTINOVIS, *Learning from Two Early Brownfield Redevelopment Projects in Italy: Soil Desealing, Cooling Effects, and Implementation of Nature-Based Solutions Through Traditional Planning Tools*, in *Land*, n. 13, 2024, 1700.

nibili realizzati con fondi europei, divenuti sede di numerose aziende innovative e startup⁴².

Un altro esempio italiano di notevole interesse riguarda il “Comparto Milano”, ricadente all’interno del SIN “Brescia-Caffaro”. Esso è stato oggetto di un programma integrato di caratterizzazione, bonifica e recupero ambientale⁴³, a seguito del quale sono state recuperate aree destinate a usi misti a carattere principalmente produttivo-artigianale, con insediamenti “green” di micro-imprese tecnologiche e spazi urbani. Il territorio interessato è stato pure oggetto di realizzazione di fasce verdi di mitigazione lungo i corsi d’acqua.

A livello internazionale, ormai numerosi sono i casi di rigenerazione urbana. A titolo di esempio, può essere citato quello realizzato a Pechino (Cina); esso ha interessato un ex sito petrolchimico di 173 ha, che è stato riconvertito in un grande parco urbano⁴⁴; i dati derivanti dal monitoraggio ambientale hanno evidenziato un basso livello di rischio associato alla contaminazione del suolo e delle acque sotterranee, attribuibile ai processi di attenuazione naturale; l’intervento ha prodotto un significativo incremento della biodiversità locale, confermando l’efficacia della trasformazione in termini ecologici e ambientali. Altro esempio che merita di essere citato è quello di Lackawanna (USA), costituito da un’ex acciaieria dismessa di 12 ha che è stata bonificata e riconvertita per l’installazione di 14 turbine eoliche, con una capacità complessiva di 34 MW, contribuendo alla produzione di energia rinnovabile e al rilancio economico della comunità locale⁴⁵. Infine, si cita il caso di Scituate, in Massachusetts (USA), costituita da un’ex discarica di 5 ha, la cui area è stata destinata all’installazione di impianti fotovoltaici per una potenza totale di 3 MW, supportando così la città nel raggiungimento dell’obiettivo del 100% di approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili⁴⁶.

⁴² M.C. TOSI, A. FRANZESE, M. PARONUZZI, *Rigenerazione urbana e riattivazione economica del Parco scientifico tecnologico di Venezia*, in *Working papers, Rivista online di Urban@it*, n. 1, 2017.

⁴³ Comune di Brescia. Adozione piano attuativo conforme al PGT – AT – C6 – Comparto Milano di aree situate a Brescia di proprietà della società Basileus S.p.A. Delib. n. 283, 2018.

⁴⁴ D. HOU ET AL., *Sustainable remediation and redevelopment of brownfield sites*, cit.

⁴⁵ USEPA, *Development of Wind Power Facility Helps Revitalize Rust Belt City*, 2012.

⁴⁶ USEPA, *An Old New England Town Lights the Way with Solar*, 2014.

6. *Criticità e prospettive future*

Quanto sin qui richiamato evidenzia come uno dei principali limiti associati alla rigenerazione urbana attraverso il recupero dei brownfields è costituito dalla complessità tecnica e amministrativa che caratterizza tutta la tematica. Infatti, l'iter autorizzativo per riconvertire un sito contaminato è spesso lungo e incerto, poiché richiede il coinvolgimento di vari soggetti pubblici aventi funzioni autorizzative e di controllo; inoltre, gli interventi di bonifica sono quasi sempre economicamente impegnativi e con elementi di incertezza sulle prestazioni raggiungibili e i tempi richiesti. Secondo alcuni operatori del settore edilizio intervenuti in occasione del convegno "Rigenerare per Costruire. Il futuro dell'edilizia parte dal Brownfield", tenutosi a Milano il 29/01/2025⁴⁷, "i tempi lunghi e soprattutto imprevedibili per ottenere i permessi a costruire su terreni brownfield mettono a rischio gli investimenti". In molti casi si auspica dunque un'unica legge nazionale sulla rigenerazione urbana che semplifichi e coordini i vari provvedimenti (ad esempio unificando l'iter da seguire per le autorizzazioni di bonifica e di costruzione). Fino ad allora, Enti locali e Aziende devono spesso ricorrere a non sempre facili accordi di partenariato pubblico-privato per gestire il progetto. Da una parte, infatti, le Amministrazioni pubbliche talvolta mancano di competenze tecniche e risorse finanziarie per gestire interventi di bonifica complessi, dall'altra i soggetti privati esitano davanti all'incertezza normativa e al rischio di inquinamento residuo. D'altro canto, il rischio residuo e la delicatezza dell'argomento non vanno sottovalutati, riducendo in modo improprio la problematica solo a una mera questione di garanzia di interessi e vantaggi economici degli interventi.

In definitiva, quindi, la bonifica sostenibile affiancata alla rigenerazione urbana può certamente attenuare le molteplici sfide derivanti dai brownfields, valorizzando al contempo i più ampi benefici di natura sociale ed economica. Per contro, permangono diverse barriere che ostacolano l'applicazione su larga scala di processi sostenibili di bonifica e rigenerazione dei brownfields, tra cui: i) la conflittualità tra le esigenze e gli obiettivi dei differenti stakeholder, che spesso rende difficile definire piani di intervento condivisi; ii) le problematiche legate all'efficienza tecnica delle tecnologie di risanamento e ai lunghi tempi necessari per completare

⁴⁷ L. GIA, *Edilizia sostenibile: in Italia si consuma ancora troppo suolo*, cit.

le operazioni di caratterizzazione, trattamento e verifica post-bonifica; iii) i vincoli normativi e gli ostacoli procedurali, spesso derivanti da politiche settoriali frammentate e da procedure autorizzative complesse.

Inoltre, permangono tutt'ora perplessità sulla destinazione delle aree dei brownfields bonificati a uso di civile abitazione, stante la continua scoperta da parte della ricerca scientifica di nuovi contaminanti o il riscontro di livelli di tossicità di sostanze divenute “pericolose” a seguito di maggiori approfondimenti sul loro destino ambientale (ne costituisce un esempio il caso dei PFAS, divenuti un tema sensibile negli ultimi anni, o quello delle micro e nanoplastiche, ritrovate anche nelle acque destinate al consumo umano); peraltro, tutto ciò ha richiesto e continua a richiedere periodici interventi normativi di riduzione delle concentrazioni ammissibili di varie sostanze, al fine di garantire maggiore gradi di sicurezza per l'organismo umano.

Infine, va tenuto conto del fatto che anche i brownfields risentono dei cambiamenti climatici. Ad esempio, eventi climatici estremi potrebbero causare l'allagamento di aree già bonificate, rimettendo in circolazione inquinanti per i quali le concentrazioni residue erano state determinate sulla base di percorsi di migrazione meno cautelativi, con un conseguente aumento del rischio di esposizione ad essi⁴⁸.

7. Conclusioni

I brownfields rappresentano una risorsa strategica per la riduzione del consumo di suolo e per la promozione di uno sviluppo urbano sostenibile, poiché combinano la necessità di interventi di bonifica con l'opportunità di rigenerazione e riuso funzionale del tessuto esistente. A tal scopo, sono già disponibili numerosi approcci, anche sostenibili, per la bonifica di tali aree.

Il quadro normativo europeo e italiano fornisce le basi per l'armonizzazione delle procedure di caratterizzazione e bonifica; tuttavia, esso rimane frammentato e causa di lungaggini burocratiche che spesso rallentano i progetti di rigenerazione urbana.

Appare dunque cruciale semplificare i percorsi autorizzativi, definire

⁴⁸ Y. WAN, S. CHEN, J. LIU, L. JIN, *Brownfield-related studies in the context of climate change: A comprehensive review and future prospects*, in *Heliyon*, n. 10, 2024.

indicatori di performance ambientale condivisi e incentivare forme di partenariato pubblico-privato per garantire chiarezza degli obiettivi e stabilità degli investimenti.

Inoltre, la creazione di un registro nazionale o regionale dei brownfields potrebbe rappresentare uno strumento strategico e operativo per il censimento, il monitoraggio e la pianificazione degli interventi di risanamento e di riuso del suolo. Un'anagrafe strutturata e costantemente aggiornata dei siti potenzialmente contaminati consentirebbe di centralizzare informazioni chiave – quali dati cartografici e georeferenziati, storico degli usi del sito, matrici ambientali coinvolte, tipologie e livelli di contaminazione, stato delle analisi di rischio, vincoli giuridici e assetti proprietari – fornendo una base conoscitiva omogenea a supporto dei processi decisionali. Tale registro dei brownfield dovrebbe probabilmente essere anticipato da una definizione giuridica chiara e vincolante relativa ai brownfields. Le numerose esperienze nazionali e internazionali già disponibili dimostrano come la governance integrata tra Enti pubblici, Agenzie ambientali e Operatori privati possa dare seguito alla creazione di nuovi poli di innovazione, spazi verdi e infrastrutture a basso impatto, restituendo valori economici e servizi ecosistemici alle comunità locali.

Sulla base di quanto discusso, volendo individuare un percorso metodologico lungimirante, si potrebbe:

- integrare la LCA nella fase di progettazione delle tecnologie di bonifica per evitare trade-off ambientali indesiderati;
- trovare il giusto equilibrio tra sostenibilità ambientale, efficacia degli interventi e durata non eccessiva dei tempi medi di bonifica;
- prendere riferimento dalla roadmap metodologica della US EPA, citata in precedenza e rivolta ai brownfields;
- fornire una definizione giuridica chiara e vincolante relativa ai brownfields;
- semplificare gli iter autorizzativi, definire piani di finanziamento e garantire la continuità dei progetti;
- implementare una strategia di monitoraggio adattativo, perché i rischi e le condizioni ambientali (inclusi gli effetti dei cambiamenti climatici) possono variare nel tempo.

Infine, ulteriore aspetto di interesse è l'opportunità di orientare le strategie di bonifica e rigenerazione urbana anche verso la neutralità carbonica e la valorizzazione dei servizi ecosistemici. L'adozione, quando

possibile, di soluzioni naturali a basso impatto potrà massimizzare i benefici socio-economici e ambientali, contribuendo al conseguimento degli obiettivi UE di “no net land take” entro il 2050. In tal modo, la rigenerazione dei brownfields potrà consolidarsi come pratica virtuosa per una crescita urbana resiliente, circolare e inclusiva.

Abstract

Il crescente consumo di suolo derivante dall'espansione urbana e il contestuale degrado di numerosi siti industriali dismessi hanno reso urgente lo sviluppo di strategie integrate di bonifica e rigenerazione urbana. Nella nota viene esaminato il contesto normativo europeo e nazionale, citando i principali riferimenti che regolano il tema e definiscono obiettivi e procedure per il recupero dei brownfields. Vengono quindi illustrate alcune tecniche di bonifica, suddivise in metodi tradizionali e approcci sostenibili. Il ruolo strategico dei brownfields nella mitigazione del consumo di suolo è analizzato attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Infine, vengono discusse le principali criticità che frenano l'applicazione su larga scala di questo approccio (frammentazione normativa, tempi e costi elevati, disallineamento tra stakeholder) e si propongono linee d'azione per semplificare l'iter autorizzativo, incentivare la partecipazione integrata e orientare la rigenerazione verso la neutralità carbonica e l'ottimizzazione dei servizi ecosistemici. Queste indicazioni intendono orientare futuri interventi di sviluppo urbano circolare e resiliente, in linea con l'obiettivo UE di "no net land take" entro il 2050.

Brownfields: how to limit land take by regenerating urban areas

The growing land take due to urban expansion and the simultaneous degradation of numerous disused industrial sites have made the development of integrated strategies for remediation and urban regeneration increasingly urgent. This paper examines the European and national regulatory frameworks, highlighting the main policy references that address these issues and define objectives and procedures for brownfields recovery. Several remediation techniques are then illustrated, distinguishing between traditional methods and sustainable approaches. The strategic role of brownfields in mitigating land take is analysed through selected case studies. Finally, the main barriers hindering the large-scale application of this approach (regulatory fragmentation, high costs and long timeframes, and misalignment among stakeholders) are discussed. The paper also proposes actionable strategies to streamline authorisation procedures, foster integrated stakeholder participation, and steer regeneration efforts

toward carbon neutrality and the optimisation of ecosystem services. These insights aim to guide future circular and resilient urban development initiatives, in alignment with the EU objective of “no net land take” by 2050.