

LIBRO BIANCO

SULLA GESTIONE SOSTENIBILE DEL SUOLO



soil4life
L'essenziale è invisibile agli occhi

WWW.SOIL4LIFE.EU

Progetto cofinanziato da



Beneficiario coordinatore



Beneficiari associati



soil4life
L'essenziale è invisibile agli occhi

LIBRO BIANCO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI SUOLI

Documento redatto nell'ambito del Progetto Soil4Life

(Life GIE/IT/000477)

Action B.1: Campagna di sensibilizzazione per le pubbliche amministrazioni

Coordinamento:

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Con il contributo di:

ISPRA: Marco Di Leginio, Marco d'Antona, Ines Marinosci, Michele Munafò, Francesca Assennato

CIA – Confederazione Italiana Agricoltori: Barbara Di Rollo, Fabio Raccosta, Pietro Nicolai

CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria: Claudia Di Bene

ERSAF Lombardia - Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste: Stefano Brenna, Pietro Lavazzo

LEGAMBIENTE: Damiano Di Simine

POLITECNICO DI MILANO - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani: Andrea Arcidiacono, Silvia Ronchi, Viviana Di Martino

Per citare il documento si suggerisce di usare la seguente dicitura:

ISPRA (2021), Libro Bianco sulla Gestione Sostenibile dei Suoli, Report Soil4Life Life GIE/IT/000477

Sommario

PERCHÈ UN LIBRO BIANCO SUL SUOLO	5
1 IL SUOLO, IL SUO VALORE E LE SUE FUNZIONI	7
1.1 La complessità del suolo	7
1.2 Il valore del suolo e i suoi servizi ecosistemici	11
2 LO STATO E IL DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO: CONCETTI E DEFINIZIONI	16
2.1 Dalle minacce alla <i>Land Degradation</i>	16
2.2 Il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione. Definizioni, cause, effetti e monitoraggio	19
2.3 La perdita della sostanza organica. Definizioni. Cause, Effetti, Monitoraggio	26
2.3.1 Il ruolo dell'Agricoltura Conservativa	30
3 VERSO UN USO SOSTENIBILE DELLA RISORSA	33
3.1 Azzeramento del consumo di suolo	33
3.2 Proposte e buone pratiche in ambito urbano: le linee guida volontarie per l'uso sostenibile del suolo per i professionisti dell'area tecnica	37
3.3 Proposte e buone pratiche in ambito agricolo: le linee guida volontarie per la gestione sostenibile del suolo	50
4 UNA NUOVA STRATEGIA NAZIONALE PER UN USO SOSTENIBILE DEL SUOLO	55
4.1 Gli impegni internazionali ed europei: PAC, il New green deal, nuova Strategia Tematica	55
4.2 Le politiche nazionali: il consumo di suolo e il nuovo PNRR	57
5 BIBLIOGRAFIA	65

PREMESSA

Il progetto Soil4Life nasce con l'obiettivo prioritario di migliorare la *governance* dei processi decisionali in materia di suolo a livello nazionale, regionale e locale.

Questo processo assicura quegli elementi informativi necessari alla tutela del suolo e gli strumenti di supporto alla pianificazione in linea con le reali esigenze dei territori urbani e rurali. Fino ad oggi, a differenza di acqua e aria, la protezione del suolo è stata prevista solo marginalmente, essendo una tematica trasversale inclusa all'interno di politiche settoriali: agricoltura e silvicoltura, energia, acqua, cambiamento climatico, protezione della natura, rifiuti e sostanze chimiche. La mancanza di una politica coerente per il suolo a livello comunitario ha avuto conseguenze anche a livello nazionale e regionale, dove il vuoto normativo ha contribuito a rendere frammentarie e lacunose le conoscenze sui suoli, il più delle volte distribuite nelle diverse direzioni generali per l'ambiente, il paesaggio, le infrastrutture e/o l'agricoltura. In questo quadro complesso, il progetto Soil4Life ha previsto una serie di azioni tra cui una campagna di sensibilizzazione a livello nazionale, che ha portato all'istituzione di un tavolo permanente (Decreto MATTM n. 39/20) composto dai soggetti che, per mandato istituzionale e competenze, sono chiamati a trattare questa importante risorsa: oltre ai diversi Ministeri (Ambiente, Agricoltura, Beni Culturali e Infrastrutture), la Conferenza per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, le rappresentanze degli Enti Locali (ANCI e UNCEM) e il sistema nazionale delle Agenzie e degli enti di ricerca (CREA, ISPRA e SNPA). Uno dei prodotti del Tavolo Nazionale doveva essere il "libro bianco per la gestione sostenibile del suolo", affinché diventasse un punto di partenza da cui avviare una discussione permanente volta a migliorare la *governance* del suolo ai vari livelli amministrativi. In attesa dell'avvio operativo del Tavolo e del compimento della riorganizzazione dello stesso Ministero (diventato, nel frattempo, il Ministero per la Transizione Ecologica) il documento è stato redatto con il contributo di tutti i partner di progetto e con il confronto con Regioni e Province autonome. L'altro obiettivo dell'azione è la realizzazione di una carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo con gli impegni formali che Comuni e Regioni potranno assumere per garantire la protezione del suolo seguendo gli scenari di sviluppo sostenibile promossi dall'Agenda 2030.

Analogamente, a livello locale sono stati istituiti gli Osservatori sul monitoraggio del consumo di suolo e sulla pianificazione sostenibile del territorio delle Regioni e Province autonome. Gli obiettivi in questo caso sono la condivisione di dati, strumenti e metodologie per la verifica e la mappatura del consumo di suolo, la promozione e diffusione degli strumenti di valutazione degli impatti ambientali ed economici del consumo di suolo con l'integrazione delle conoscenze pedologiche, anche a supporto della pianificazione, e l'analisi del flusso di informazioni verso il pubblico e le amministrazioni locali con proposte migliorative per la tutela dei suoli.

I contenuti di questo libro non saranno certamente esaustivi per tutti gli aspetti che riguardano i suoli, ma affronteranno da vicino i temi presi in esame nel progetto Soil4Life: il consumo di suolo e la diminuzione della sostanza organica, due delle minacce indicate nella nuova Strategia tematica, che sono alla base dei problemi principali che affliggono i suoli nelle due aree pilota selezionate: il Comune di Roma e la Regione Lombardia.

PERCHÈ UN LIBRO BIANCO SUL SUOLO

Tutti i recenti documenti programmatici elaborati a livello europeo, dalla Strategia per la biodiversità agli obiettivi di sviluppo sostenibile, passando per il recente Green Deal europeo e la Strategia "Farm to Fork", invitano ad un uso più efficiente e sostenibile delle risorse, sviluppando soluzioni per ripristinare l'integrità di suoli degradati. Anche gli obiettivi della nuova strategia tematica per la protezione del suolo, recentemente pubblicata dalla Commissione Europea, sono finalizzati a proteggere la fertilità dei suoli, ridurre l'erosione e l'impermeabilizzazione, aumentare la sostanza organica, identificare i siti contaminati e ripristinare i suoli degradati, cercando di definire un "buon stato ecologico dei suoli". La speranza è che tutti questi sforzi fatti in ambito europeo possano tradursi in una direttiva quadro con obiettivi comuni da raggiungere e da recepire nella nostra normativa nazionale. L'attuale assenza di un documento vincolante a livello europeo ha risvolti importanti per un paese come l'Italia in cui a seguito della riforma del titolo V della Costituzione nel 2001, le norme di tutela ambientale sono competenza dello Stato e il governo del territorio è invece materia concorrente tra Stato e Regioni. L'agricoltura è rimasta di competenza regionale e non si è superata la frammentazione delle competenze sui suoli disperse tra i vari assessorati regionali (Agricoltura, Ambiente, Beni Culturali,

Infrastrutture, Territorio). Con l'applicazione della Riforma prevista dalla Politica Agricola Comune (PAC) nel 2003, sono state introdotte norme agroambientali, finalizzate a un modello di agricoltura sostenibile in grado di proteggere l'ambiente e gli habitat naturali, che rientrano nei Piani di Sviluppo Rurale, fino ad oggi di competenza regionale. Si è quindi creata una situazione estremamente eterogenea con una filiera legislativa UE-Stato-Regioni che ha contribuito a originare un vuoto informativo a livello nazionale e conseguenti problemi di uniformità di approccio nei confronti della risposta italiana in ambito europeo. A livello europeo le cose non sono andate meglio: le riforme della PAC, nel decennio successivo alla stagione riformatrice verificatesi a cavallo dei due secoli, hanno sostanzialmente deluso le aspettative circa l'acquisizione di un crescente ruolo dell'agricoltura come attore di governo sostenibile dei territori rurali, e di cambiamento in particolare nella materia ambientale e climatica: come certificato dai report della Corte dei Conti Europea, l'introduzione del cosiddetto 'greening', previsto dalla PAC 2014-20, che avrebbe dovuto premiare le pratiche ambientali virtuose, non ha prodotto miglioramenti misurabili, non ha invertito i trend preoccupanti che si registrano per quanto riguarda ad esempio la perdita di biodiversità nelle aree rurali europee, né ridotto le esternalità climatiche negative dell'agricoltura e dell'allevamento intensivi, sebbene le risorse pubbliche trasferite all'agricoltura per il perseguimento di obiettivi climatici superino i 100 miliardi di euro nel periodo 2014-2020, costituendo perciò circa la metà dell'intera spesa climatica dell'Unione (ECA, 2021). Per la parte che riguarda il suolo agrario, non si sono registrati miglioramenti significativi circa le diverse fenomenologie di degrado, a partire dall'erosione, né si è moderata la pressione imposta dall'intensivizzazione delle pratiche agricole sulla conservazione della fertilità e della sostanza organica dei suoli. Complessivamente, in materia di stato dei suoli europei, i segnali sono stazionari o negativi per quanto riguarda le minacce e i fattori di degrado, nonostante nel decennio appena trascorso la crisi generalizzata del settore delle costruzioni abbia determinato un rallentamento dei trend di crescita del consumo di suolo (EEA 2020). La nuova riforma della PAC in vigore nel periodo 2023-2027, pur nata sotto gli auspici dell'European Green Deal e delle sue strategie, nel percorso approvativo e nel negoziato con gli Stati Membri ha perso il suo afflato innovatore, profilandosi di fatto in continuità rispetto a quella del decennio precedente, nonostante il rilevante cambiamento nella governance che riporta alle autorità nazionali le responsabilità strategiche sulle misure da sviluppare nella cornice della PAC, di fatto attuando una sostanziale devoluzione di competenze a beneficio degli Stati Membri, ma anche una ricentralizzazione nazionale di funzioni precedentemente ripartite tra Regioni.

1 IL SUOLO, IL SUO VALORE E LE SUE FUNZIONI

1.1 La complessità del suolo

I suoli sono corpi naturali complessi che ricoprono le parti emerse del pianeta e rappresentano il supporto e la sede di tutta l'attività biotica, compresa quella umana, presente negli ecosistemi terrestri.

La formazione di un suolo avviene dalla superficie a contatto con l'atmosfera e procede verso il basso con la progressiva degradazione della roccia madre e comporta la presenza di una parte solida, costituita da elementi minerali e sostanza organica, e una componente di acqua e aria.

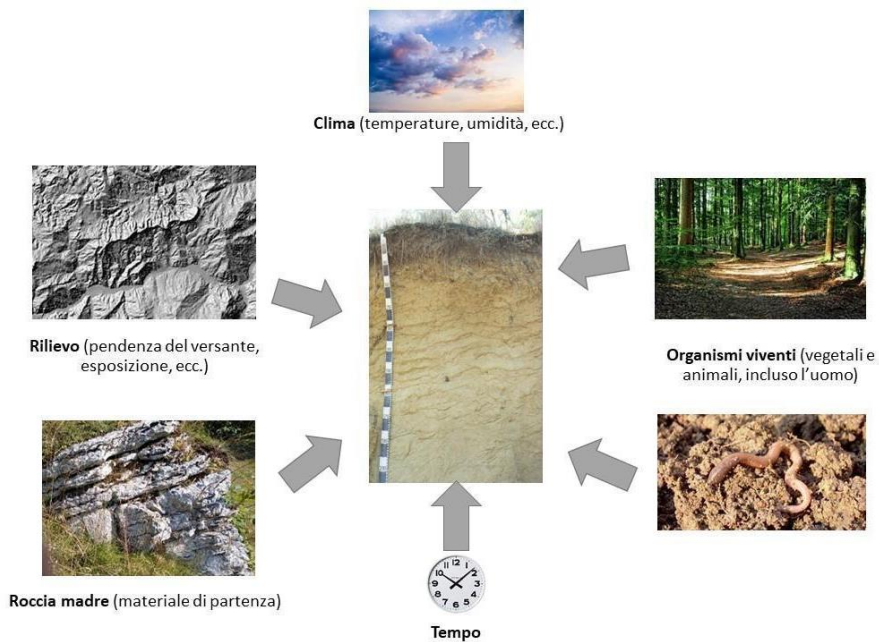


Figura 1 - I diversi fattori della pedogenesi

L'interazione di queste fasi conferisce al suolo il suo assetto fisico e le conseguenti caratteristiche chimiche, meccaniche e idrologiche; le proporzioni relative di sabbia, limo e argilla determinano la sua tessitura mentre la distribuzione percentuale di queste particelle è indicativa di altre proprietà del suolo come lo stoccaggio di acqua,

il drenaggio e la fornitura di sostanze nutritive. Le caratteristiche tessiturali sono proprietà stabili del terreno e non sono modificabili con le normali pratiche agronomiche. La distribuzione spaziale delle particelle e i loro reciproci legami costituiscono invece la struttura di un suolo, caratteristica molto importante in quanto influenza, l'aerazione, l'attività biologica, la circolazione idrica e i regimi di temperatura e di umidità, condizionando così la crescita delle piante e la fertilità. In questo contesto importanza fondamentale viene assunta dalla superficie specifica delle singole particelle presenti: il comportamento nei riguardi dell'acqua e degli elementi nutritivi dipende molto da questa caratteristica e varia profondamente dai terreni sabbiosi a quelli prevalentemente argillosi.

Le caratteristiche dei suoli variano in funzione del tipo di ambiente in cui si sono formati e dell'interazione di un numero notevole di fattori pedogenetici (roccia madre, clima, biomassa animale e vegetale, morfologia, tempo di formazione, vedi figura 1) tra cui, negli ultimi secoli, ha assunto un ruolo sempre più importante l'azione dell'uomo.

La grande variabilità dei fattori pedogenetici si riflette in una forte differenziazione dei suoli nello spazio. Il territorio italiano, caratterizzato da una grande complessità climatica, litologica e morfologica, documenta una forte variabilità dei tipi di suolo presenti anche a scala locale: in pochi metri possono cambiare colore, umidità, consistenza, parametri fisico-chimici e i microrganismi presenti.

Le differenze si manifestano anche lungo la dimensione verticale, essendo il suolo organizzato in orizzonti, ognuno con proprie caratteristiche, specifiche proprietà e spessori variabili da pochi centimetri fino ad alcuni metri. Essi sono denominati "O", "A", "B" e "C" dall'alto verso il basso, dove con la lettera "O" si indicano livelli più o meno ricchi di materiale organico parzialmente decomposto (si trovano negli ambienti forestali dove si trova la lettiera costituita da foglie, aghi, rami, ecc.) con la lettera "A" si indicano livelli scuri ricchi di materiale organico umificato mischiati alla componente minerale, con la lettera "B" livelli formati dai materiali precipitati dagli orizzonti superiori, di colorazione solitamente più chiara e infine, con la lettera "C", livelli poco influenzati dai processi pedogenetici che rappresentano il passaggio al substrato formato da roccia coerente o incoerente (Figura 2). Alcuni suoli poi sono costituiti esclusivamente o quasi da materiale organico (suoli organici delle torbiere, ad esempio); altri presentano tra l'orizzonte A e l'orizzonte B uno strato molto chiaro (orizzonte "E" detto eluviale) caratterizzato dall'intensa asportazione dovuta all'azione dell'acqua di percolazione di sostanze minerali e organiche.

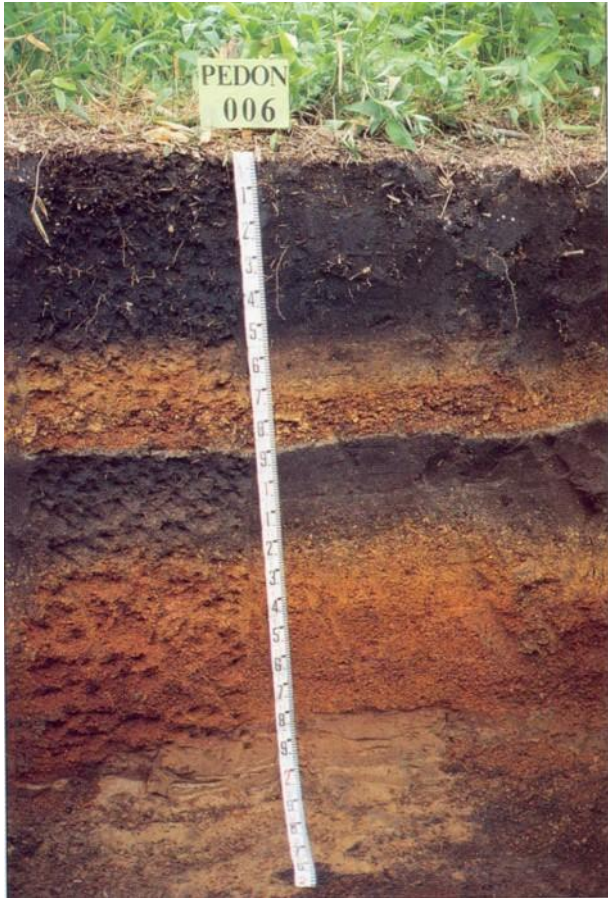


Figura 2 - Successione dei diversi orizzonti di un suolo tipo

Nell'architettura interna di un suolo, un ruolo chiave è giocato dalla sostanza organica che rappresenta il vero *trait d'union* tra le sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. La sostanza organica proviene dalla decomposizione di residui animali e vegetali ad opera dei microrganismi presenti nel terreno, ed è costituita da molecole più o meno complesse di diversi elementi a base prevalentemente di carbonio, azoto, ossigeno, idrogeno ed in misura minore fosforo, potassio, zolfo, ferro, ecc. I processi di trasformazione sono lenti, continui e molto complessi, fortemente influenzati dalle condizioni climatiche, in quanto la disponibilità di acqua e le temperature del suolo regolano le reazioni di ossidazione e di sintesi e determinano in modo diverso la crescita vegetale e l'attività microbica.

Gran parte della complessità del suolo è dovuta alla sua componente biotica ovvero dall'insieme degli organismi che lo popolano, così come alla loro presenza si devono

molte delle sue funzioni; in 200 grammi di terra si possono trovare circa 0,5 grammi di organismi viventi, molti dei quali non visibili (come ad esempio i batteri). Grazie ad una rapida proporzione è possibile affermare che in un ettaro di suolo si possono trovare fino a 5.000 kg di organismi viventi. In buona sostanza sotto i nostri piedi è concentrata il 25% della diversità biologica a cui è strettamente connesso anche il ciclo di vita degli organismi viventi negli ecosistemi terrestri.

Gli organismi viventi che concorrono a formare e a trasformare il suolo e a creare le complesse relazioni che lo regolano appartengono a diverse categorie: artropodi, aracnidi, nematodi, anellidi, molluschi, protozoi, funghi e batteri. Questi organismi seppure conosciuti a livello macro sono largamente sottostimati e ed è per questo motivo che nell'ultimo rapporto della FAO "Lo stato delle conoscenze sulla biodiversità del suolo" un forte accento è posto sull'aumento delle conoscenze e sul monitoraggio della biodiversità del suolo.

La composizione, le relazioni e interazioni tra questi organismi e le altre componenti del suolo garantiscono lo svolgimento di gran parte delle funzioni di un suolo (vedi paragrafo 2.3):

- rigenerazione del suolo (mediante la decomposizione della sostanza organica si alimenta la fertilità dei suoli);
- stoccaggio e rilascio del carbonio (regolazione climatica);
- depurazione delle acque mediante la sottrazione di inquinanti e creazione delle condizioni idonee allo stoccaggio di acqua nel suolo.
- controllo dei parassiti, grazie al mantenimento degli equilibri tra specie.

Molte delle minacce relative ai suoli sono dirette alla sua componente biotica e costituiscono una fonte di perdita di biodiversità, probabilmente la meno indagata. I danni della perdita di biodiversità in termini economici sono solitamente ricompresi nei servizi ecosistemici dei suoli, ma si tratta di un'approssimazione del loro valore poiché la biodiversità costituisce la base dei servizi resi dagli ecosistemi.

Gli organismi del terreno, una volta svolto il loro ciclo vitale, diventano essi stessi parte della sostanza organica del suolo. La quantità di sostanza organica è dunque il risultato di un equilibrio naturale che può essere fortemente condizionato dall'uomo attraverso le attività di gestione di un suolo: ad esempio, lavorazioni profonde, intense e frequenti possono portare ad un'eccessiva ossigenazione del terreno aumentando i processi ossidativi e contribuendo così ad accelerare fenomeni di mineralizzazione della sostanza organica (vedi paragrafo 3.3).

1.2 Il valore del suolo e i suoi servizi ecosistemici

Il suolo è una risorsa preziosa, limitata e non rinnovabile, e, al pari dell'acqua e dell'aria è una delle matrici fondamentali per la vita, riconosciuta anche dalla normativa ambientale (D.lgs. 152/06). Tuttavia il suo valore è anche economico in quanto superficie soggetta a proprietà privata e per questo motivo, di difficile gestione come "bene comune"; a questo si aggiunge che il significato della parola suolo è inteso diversamente dai tecnici delle diverse discipline (Pileri, 2018); nell'accezione più comune il suolo è il sistema naturale deputato allo sviluppo dei vegetali ed alle produzioni agrarie in genere (USDA-NRCS, 1999), si riconosce la sua capacità di "fornire beni e servizi" (Boardman et al., 1996), espletando numerose "funzioni" ma ci si sofferma spesso sugli aspetti esteriori senza prendere in considerazione né il suolo come corpo naturale, né la sua evoluzione e differenziazione.

Di fatto, la nozione di suolo come mezzo di sostegno per lo sviluppo vegetale continua ad essere la più diffusa e condivisa e la massima parte dell'interesse che la società umana attribuisce al suolo è centrata essenzialmente su tale prerogativa, intesa in particolare in termini "agronomici". Si considera il suolo importante in quanto sostiene la vita di una gran varietà di vegetali che forniscono cibo, fibre, ed altri generi di necessità, d'altronde anche gli effetti della pandemia hanno messo in evidenza la necessità di garantire degli standard elevati nella sicurezza alimentare. Per altri versi, il suolo è il reattore naturale che consente il riciclo dell'acqua e dei nutrienti, anche attraverso la trasformazione e riutilizzazione dei residui vegetali e animali.

Già nel 1991 Bullock e Gregory avevano chiaramente definito, oltre quelle agronomiche, le diverse funzioni del suolo (vedi figura 3), evidenziandone così anche l'importanza sociale ed ambientale:

- riciclo degli elementi;
- riciclo dell'acqua;
- ancoraggio, in particolare per le specie arboree;
- mezzo di crescita e sviluppo della flora degli habitat naturali, dei parchi, delle strutture ricreative e sportive;

- mezzo di crescita e sviluppo dei vegetali di interesse chimico-forestale e farmacologico;
- substrato/habitat per micro-flora e micro, meso e macro-fauna;
- riserva di carbonio;
- riserva di cibo per uccelli e roditori;
- fonte di materie prime
- conservazione dei beni culturali
- azione tampone di inquinanti e contaminanti;



Figura 3 - Principali funzioni riconosciute al suolo

Dunque, pur essendo il suolo una risorsa naturale di grande valore con ruolo chiave nella produzione di cibo, foraggio, carburante e fibre, oltre che di molti servizi ecosistemici fondamentali, la sua fragilità viene spesso sottovalutata. Il fatto che una

risorsa di tale importanza non sia (o sia solo molto lentamente) rinnovabile aggrava gli effetti del suo consumo dilagante e incontrollato, causato da espansioni di città, edificazioni ed interventi di impermeabilizzazione, generando la riduzione di aree agricole e naturali (Munafò, 2021). Queste trasformazioni territoriali comportano una profonda alterazione biofisica, irreversibile nella gran parte dei casi, con un impatto sull'equilibrio ambientale (a scala locale e globale) con effetti sul cambiamento climatico e conseguenze di carattere sociale, economico e culturale di natura permanente (European Commission, 2014).

La visione del suolo come mero 'erogatore' di servizi e prodotti, utili alla comunità degli umani e di tutte le altre specie, animali e vegetali, che ne popolano la superficie, rischia infatti di far perdere di vista il significato e la dimensione ecologica del suolo in sé, la sua intrinseca (e ancora poco conosciuta) biodiversità, la complessità estrema delle relazioni ecologiche che le specie viventi nel suolo intrattengono tra di loro e con il soprassuolo, solo da pochi decenni al centro di indagini scientifiche (ad esempio nello studio delle rizosfere), o le ricerche di frontiera sulle relazioni tra salute del suolo e microbiota enterico dei mammiferi, uomo incluso. La comprensione del suolo come 'superorganismo' vivente implica il riconoscimento della necessità di farsi carico della protezione del suolo non solo come superficie, ma come bioma dotato di una resilienza e di una adattabilità non illimitate, e quindi da proteggere dall'innescò di problematiche di degrado, la cui gravità è conclamata in varie parti del pianeta, Italia inclusa, e riconosciuta dalle Agenzie internazionali nonché dai panel group tematici insediati dalle Nazioni Unite, come IPBES e IPCC. Per quanto riguarda gli usi maggiormente impattanti, a livello globale, sulla salute del suolo, ovvero quelli relativi all'utilizzo agricolo, sicuramente un cambio di paradigma è necessario e urgente, al fine di contemperare l'esigenza di mantenere il suolo nella sua funzione di presidio della produzione di alimenti, con la comprensione delle relazioni suolo-vegetazioni da cui dipende la conservazione a lungo termine dello stato di salute e quindi della fertilità del suolo: in questo senso, la transizione dall'attuale riduzionismo produttivo a cui viene sacrificata gran parte della superficie agricola, a favore di una visione agro-ecologica di cui il suolo sia parte, appare sempre più necessaria e urgente.

La scarsa consapevolezza dell'importanza del suolo sia dal punto di vista ambientale, sociale ed economico è ritenuta uno dei principali ostacoli allo sviluppo di politiche di pianificazione territoriale e all'uso del suolo improntato alla sostenibilità (Pileri, 2017). L'estensione naturale dei suoli produttivi è limitata e si trova a dover affrontare pressioni crescenti dovute agli usi concorrenti e legati alla crescita

insediativa e infrastrutturale, oltre alla necessità di soddisfare la domanda di materie prime per far fronte ai bisogni di una popolazione in aumento, sempre più bisognosa di cibo, energia, fibre e altri materiali. I suoli devono essere riconosciuti e apprezzati per le loro capacità produttive e per il loro contributo nel garantire la sicurezza alimentare e mantenere servizi ecosistemici chiave. Qualsiasi politica di pianificazione territoriale deve essere concepita in funzione delle proprietà dei suoli e dei bisogni della società di oggi e di domani (Carta Europea del Suolo 1972).

Esiste una stretta relazione tra qualità delle produzioni agricole, qualità dei paesaggi e qualità dei suoli poiché i suoli condizionano fortemente gli elementi del paesaggio costituendo con gli stessi un insieme sociale. Il modello dell'identità locale, che determina la peculiarità di molti luoghi e dei loro paesaggi, poggia sulle caratteristiche dei suoli localmente presenti (Lehmann et al. 2006).

Negli ultimi anni si è andato sempre più affermando il concetto di "servizi ecosistemici del suolo" intesi come quella serie di benefici direttamente o indirettamente dagli ecosistemi (Costanza et al. 1997) e necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; UNEP - MEA, 2003). Un suolo di buona qualità e in buone condizioni, è in grado di esplicare correttamente le proprie funzioni attraverso il mantenimento delle sue proprietà (tessitura, contenuto in carbonio organico, pH, permeabilità, porosità, etc.) (figura 4). Generalmente un suolo in condizioni naturali è in grado di fornire servizi ecosistemici che riguardano:

- approvvigionamento (produzione di alimenti e biomassa, fornitura di materie prime, ecc.);
- regolazione (regolazione del clima, cattura e conservazione del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, ecc.);
- supporto (supporto fisico per le attività antropiche, decomposizione e mineralizzazione di materia organica, habitat delle specie, riserva genetica, conservazione della biodiversità, ecc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi, paesaggio, patrimonio naturale, ecc.).

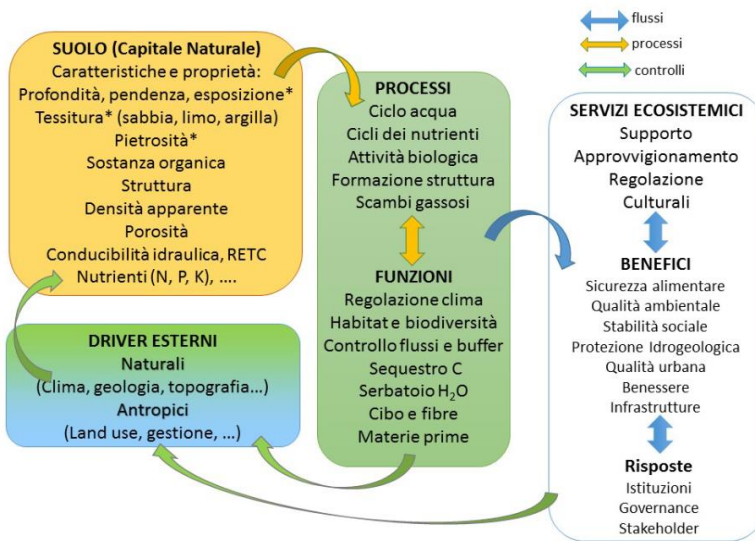


Figura 4 - Relazioni tra le caratteristiche di un suolo, le sue funzioni e i servizi ecosistemici.

Qualsiasi valutazione finalizzata ad indagare le “qualità” di un suolo non può prescindere da una disponibilità di banche dati e informazioni, che purtroppo sono spesso ancora deficitarie e lacunose. Le attuali informazioni sugli usi e sulla conoscenza del territorio consentono invece di delineare un quadro abbastanza uniforme della situazione italiana, permettendo una stima dei servizi ecosistemici attraverso valutazioni monetarie limitate all’uso e alla copertura del suolo.

Le stime a livello nazionale dei principali servizi ecosistemici forniti dal suolo riguardano la produzione agricola, la produzione di legname, lo stoccaggio di carbonio, il controllo dell’erosione, l’impollinazione, la regolazione del microclima, la rimozione di particolato e ozono, la disponibilità e purificazione dell’acqua e la regolazione del ciclo idrologico, cui si aggiunge la qualità degli habitat, anche in considerazione con la strategia dell’Unione Europea sulla Biodiversità (2020) che prevede la valutazione e la mappatura dello stato degli ecosistemi e dei loro servizi, al fine di supportare le scelte di pianificazione e protezione degli ecosistemi.

La valutazione dei servizi ecosistemici viene condotta a livello nazionale seguendo un approccio basato su valutazioni di tipo biofisico e con l’ausilio di software GIS. L’obiettivo è quantificare gli impatti che i cambiamenti di uso e copertura del suolo

hanno sulla disponibilità dei servizi ecosistemici, facendo riferimento in particolare alla variazione da coperture naturali o agricole in coperture artificiali.

Avendo a disposizione dati e informazioni relative alle caratteristiche dei suoli (tessitura, contenuto in carbonio organico, densità apparente, permeabilità, ecc.) è inoltre possibile affinare le elaborazioni attraverso una serie di indicatori che aiutino a costruire una mappa della qualità dei suoli. La valutazione dei servizi ecosistemici presenti potrà in questi casi supportare le decisioni in materia di pianificazione urbanistica a scala locale e le connesse politiche di limitazione e mitigazione del consumo di suolo.

2 LO STATO E IL DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO: CONCETTI E DEFINIZIONI

2.1 Dalle minacce alla *Land Degradation*

Il degrado del suolo e del territorio è un fenomeno complesso legato a fattori interdipendenti. Ancora oggi non esiste un uniforme consenso scientifico riguardo alla loro modalità di valutazione che può portare ad esiti profondamente diversi a seconda dei processi considerati. I suoli italiani sono affetti da tutte le minacce individuate nella vecchia strategia tematica e riprese nella nuova appena approvata dalla Commissione Europea: perdita di carbonio organico, erosione, consumo di suolo, contaminazione, salinizzazione e compattazione. I problemi relativi all'erosione sono ben rappresentati dall'elaborazione effettuata nel 2015 dal JRC dove risulta che l'Italia presenta i valori maggiori di perdita di suolo tra gli Stati membri: 8,77 tonnellate/ettaro contro una media europea di circa 2,46 (JRC, 2015). La carta nazionale del carbonio organico contenuto negli orizzonti più superficiali, realizzata nell'ambito delle attività della Global Soil Partnership (FAO and ITPS, 2018), mostra invece come le aree agricole di pianura e collinari, in particolare vigneti, frutteti e oliveti, siano le più penalizzate da un punto di vista di carbonio stoccato; Sicilia, Sardegna, Valle d'Aosta e Puglia vi figurano come le regioni con i suoli mediamente più poveri. Anche il consumo di suolo continua a crescere con velocità elevate: ormai il 7,1% del territorio nazionale è coperto da superfici artificiali e nel corso del 2020 quasi 5.700 ettari, pari a circa 15 ettari al giorno, sono stati ulteriormente persi (ISPRA, 2021).

Non si hanno ancora informazioni uniformi a livello nazionale per quanto riguarda la contaminazione da fonti diffuse anche se problematiche legate ad attività industriali, agricole e civili sono documentate in varie aree, soprattutto per le concentrazioni di metalli pesanti superiori ai valori naturali e di fitofarmaci e loro metaboliti nelle aree agricole. I dati sulla contaminazione puntuale vengono raccolti a livello nazionale tramite lo stato di avanzamento sulle procedure di caratterizzazione e la messa in sicurezza/bonifica dei Siti di Interesse Nazionale (SIN). Il dato dei SIN non è comunque significativo delle contaminazioni puntuali, che sono molte migliaia e per le quali occorre far riferimento ai catasti e alle anagrafi regionali dei siti contaminati e ai relativi dati sul loro stato in rapporto a caratterizzazione/bonifica. Alla fine del 2018, dei 41 Siti che fanno riferimento direttamente al Ministero dell’Ambiente, in 35 la caratterizzazione è stata eseguita in oltre il 60% della superficie, la bonifica e messa in sicurezza con decreto in più del 13% (18% nel caso di acque sotterranee) e nel 16% (12% per le acque sotterranee) il procedimento è stato concluso (ISPRA, 2020). Non si hanno dati nazionali riguardanti il problema della compattazione mentre sono stati da poco ultimati, sempre in ambito GSP-FAO, i lavori per una mappatura delle aree affette da salinizzazione. Una minaccia che dovrebbe essere considerata a sé stante, molto rilevante per i suoli di aree intensamente coltivate e con forte presenza di allevamenti nel nostro Paese, in particolare nella Pianura Padana, è quella relativa all’eutrofizzazione. Sebbene il tema dell’eutrofizzazione sia normalmente riferito alle acque, su cui il fenomeno ha conseguenze assai rilevanti, l’eccesso di nutrienti (principalmente azoto e fosforo) a carico del suolo è da tenere in forte considerazione in quanto il suolo è la principale sede in cui avvengono i processi di trasformazione, da parte dei microrganismi, delle forme chimiche di questi nutrienti elementari, con conseguenze devastanti sulla capacità dei suoli di erogare servizi ecosistemici. L’eccesso di azoto, in particolare, determina una serie di fenomeni che sono all’origine di emissioni atmosferiche inquinanti (ammoniaca, che è anche uno dei principali precursori del particolato atmosferico) e climalteranti (protossido d’azoto, responsabile di circa la metà delle emissioni climalteranti di fonte agricola in Italia), oltre al rilascio di nitrati nelle acque superficiali e sotterranee. L’eccesso di azoto inoltre accelera la mineralizzazione, e quindi la perdita, della sostanza organica, e induce processi di acidificazione, sempre a carico del suolo. Coerentemente con le indicazioni della strategia europea ‘from Farm to Fork’, la riduzione degli apporti di nutrienti ai suoli coltivati deve essere una urgente priorità della programmazione agricola, da perseguire sia con la riduzione degli input chimici, che con un corretto dimensionamento del carico zootecnico che un territorio è in grado di sostenere.

Negli ultimi anni l'Italia ha aderito al progetto pilota sulla Land Degradation Neutrality (LDN), promosso dal Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione e al programma LDN Target Setting lanciato dallo stesso Segretariato. L'obiettivo del Programma è quello di aiutare e affiancare i paesi nell'individuazione dei target volontari di LDN e nella definizione delle misure associate per il raggiungimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, da valutare attraverso l'evoluzione della "Percentuale di territorio degradato su superficie totale del territorio". Il concetto di LDN risponde a una sfida immediata: intensificare la produzione di cibo, energia e fibre per soddisfare la domanda futura senza degradare ulteriormente la nostra base di risorse territoriali limitate. In altre parole, il concetto proposto intende rappresentare un territorio in cui l'attività umana ha un impatto neutro, o addirittura positivo, sulla terra.

Per valutare la percentuale di territorio degradato e rispondere quindi al target 15.3, l'UNCCD raccomanda l'utilizzo combinato di tre sub-indicatori: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo, il contenuto in carbonio organico (Soil Organic Carbon, SOC), suggerendo comunque la possibilità di integrare altri indicatori specifici a livello di singolo Paese, derivando il degrado complessivo con il criterio *"The One Out, All Out"* (UNCCD, 2017). La metodologia applicata al territorio italiano, pur con tutti i limiti legati soprattutto all'assenza di altri processi altrettanto importanti da tenere in considerazione (es. salinizzazione, compattazione), contribuisce a costruire un quadro valutativo sul degrado, valutabile utilizzando dati provenienti dalle banche dati regionali integrate con dati di Earth Observation (EO) disponibili a livello nazionale e/o europeo (figura 5). Il degrado viene valutato analizzando la variazione dei sotto indicatori, evidenziando la percentuale relativa alle aree in cui è stato registrato un aumento di degrado, utilizzando come anno di riferimento iniziale il 2012 e come periodo di analisi gli otto anni successivi fino al 2020. Complice anche l'estesa artificializzazione, le regioni che registrano il peggioramento maggiore tra il 2012 e 2020 risultano Veneto, Campania e Puglia con oltre il 25% di territorio in degrado. Più di 12.000 km² (oltre il 4% del territorio nazionale) sono stati degradati da più di due fattori mentre più di 1.800 km² da almeno tre, ponendo questi territori tra le aree da tenere maggiormente sotto controllo.

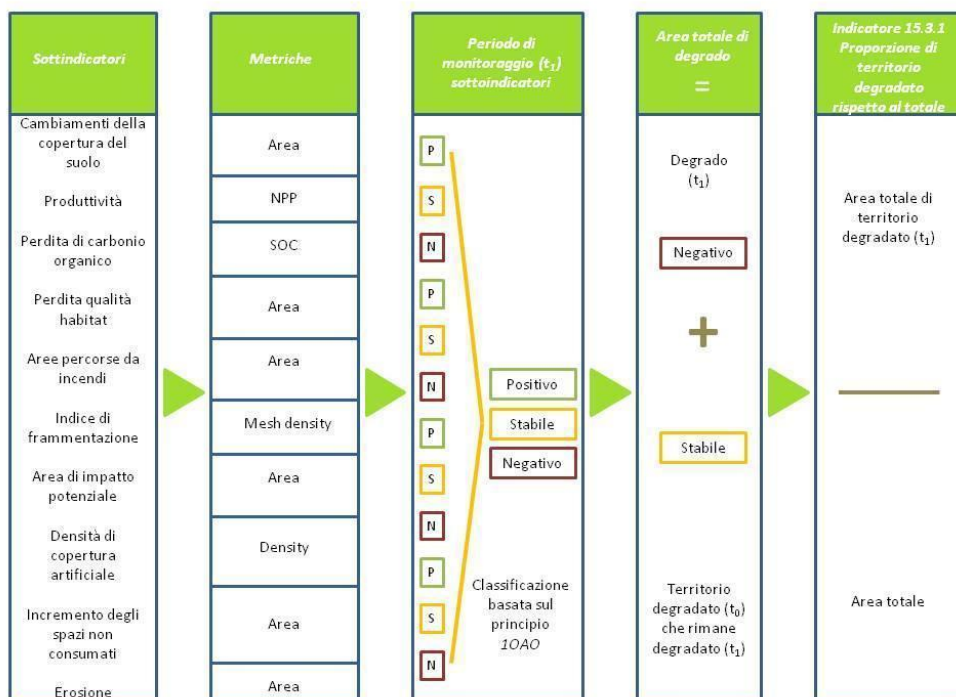


Figura 5 - Metodologia di calcolo dell'indicatore 15.3.1 proposta dall'UNCCD e riadattata al contesto italiano.

2.2 Il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione. Definizioni, cause, effetti e monitoraggio

Lo studio delle dinamiche di copertura e di uso del suolo è fondamentale per comprendere cause ed effetti dei radicali cambiamenti che l'uomo sta determinando a livello locale e globale e per analizzare la metamorfosi continua del paesaggio. Con la trasformazione degli usi del territorio, infatti, vengono alterati i processi ambientali e modificati la quantità e la qualità dei servizi ecosistemici. Definire cosa è il consumo di suolo è più che mai necessario per poterne comprendere appieno il processo.

È proprio nell'ambito delle attività di monitoraggio del consumo di suolo realizzate dal Sistema Nazionale di Protezione Ambientale che ISPRA, insieme alle Agenzie per

la protezione dell'ambiente delle Regioni e Province autonome, ha elaborato alcune definizioni.

A livello di processo, il consumo di suolo viene associato alla perdita della risorsa suolo, una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con una copertura artificiale. Il consumo di suolo è legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è dovuto soprattutto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.

In termini di copertura interessata da questo fenomeno, e qui si entra nella prima vera definizione, il consumo di suolo rappresenta la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato)¹. Scendendo ancora più nel dettaglio, si definisce come consumo di suolo netto il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012). A tal proposito la Commissione ha chiarito che "azzeramento del consumo di suolo netto" significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa essere in grado di tornare a fornire i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali (Commissione Europea, 2016²).

Per copertura del suolo (Land Cover) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, che comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva

¹ Il glossario completo e aggiornato delle definizioni utilizzate nel presente documento è disponibile sul sito <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo/definizioni>

² *What does 'no net land take' mean? Sealing agricultural land and open spaces should be avoided as far as possible and the focus should be on building on land that has already been sealed. This might require greater investment, for example to redevelop land previously used as an industrial site (including decontamination). However, new houses still need to be built and the 2050 goal does not aspire to reduce sealing of new land to zero. When land is taken, the aspiration is to ensure this is no more than is compensated for elsewhere. For example, unused land could be returned to cultivation or renaturalised so that it can once again provide the ecosystem services of unsealed soils* (Commissione Europea, 2016).

2007/2/CE. In ambito europeo l'Agencia Europea per l'Ambiente definisce le superfici a copertura artificiale come (EEA, 2019):

“Tutte le superfici dove il paesaggio è stato modificato o è influenzato da attività di costruzione sostituendo le superfici naturali con strutture artificiali abiotiche 2D/3D o con materiali artificiali. Le parti artificiali di aree urbane e suburbane, dove l'umanità si è stabilita con infrastrutture insediative permanenti; inclusi anche gli insediamenti in aree rurali. Le aree verdi in ambiente urbano non devono essere considerate come superfici artificiali”. Secondo questa definizione, solo una parte dell'area di insediamento è davvero artificiale, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati, d'altra parte rientrano tra le superfici artificiali anche quelle presenti nelle zone agricole e naturali (Commissione Europea, 2013).

L'impermeabilizzazione del suolo, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Altre forme di consumo di suolo vanno dalla perdita totale della “risorsa suolo” attraverso la rimozione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali, ad esempio, la compattazione (es. aree non asfaltate adibite a parcheggio).

Una diversa analisi delle trasformazioni territoriali che si intreccia, ma che deve essere distinta dall'analisi del consumo di suolo, è quella basata sull'uso del suolo, che rappresenta il principale riferimento della pianificazione e lo strumento fondamentale per raggiungere l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo. L'uso del suolo (Land Use) è un concetto diverso dalla copertura del suolo, ovvero dall'effettivo stato biofisico, poiché rappresenta un riflesso delle interazioni tra l'uomo e il suolo e costituisce quindi una descrizione di come esso venga impiegato in attività antropiche. Anche in questo caso è il Parlamento Europeo che con la direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro³ (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo,

³ *Land Use is itself split up into two different types: 1. The Existing Land Use (current land use in the above definition), which objectively depicts the use and functions of a territory as it has been and effectively still is in real life; 2. The Planned Land Use (future planned land use in the above definition), which corresponds to spatial plans, defined by spatial planning authorities, depicting the possible utilization of the land in the future. Planned land use is regulated by*

ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo, che potrebbe mantenere intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici, e quindi non rappresentare un reale consumo di suolo. Si deve quindi distinguere il livello “de iure” da quello “de facto”, dovendo considerare il suolo come risorsa (Commissione Europea, 2016).

La copertura con materiali impermeabili è probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione permanente della sua funzionalità tale da limitare/inibire il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi. La necessità di rilevare separatamente le classi di copertura e di uso del suolo è riconosciuta anche nell'ambito dello *European Land Use Land Cover (LULC) monitoring and reporting obligations* a cura dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2018). Tale necessità nasce proprio dall'esigenza di avere un sistema di monitoraggio che vada verso una migliore integrazione e armonizzazione delle cartografie nazionali e subnazionali verso il livello europeo, seguendo il concetto dell'approccio bottom-up. A tal riguardo è opportuno citare il gruppo di lavoro EAGLE⁴ che nell'ambito del Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus si è occupato di definire un sistema di classificazione che sia coerente nella distinzione tra classi di uso e classi di copertura.

Il territorio italiano è in continua evoluzione, subendo processi e trasformazioni di uso e copertura che non sempre sono in equilibrio (coerenti) con il paesaggio esistente e con l'eredità di un passato che costituisce uno straordinario fattore di identità culturale e nel quale è possibile leggere il succedersi dei secoli, delle civiltà, della storia e quindi lo svolgersi della vita delle comunità (Mibact, 2017). È quindi necessario riflettere su tali processi di trasformazione, sul valore del suolo inteso come risorsa (Commissione Europea, 2006) e su come assicurare le condizioni adatte a una corretta politica di governo e di gestione sostenibile del territorio. La lettura delle trasformazioni del territorio è troppo spesso la prova di come il paesaggio sia stato modificato in modo casuale, improvvido, in assenza di una visione organica che includesse una ragionevole riflessione sulla vita delle persone, sulle reali previsioni di crescita demografica, e senza alcuna valutazione dei danni permanenti che si

spatial planning documents elaborated at various levels of administration (direttiva 2007/2/CE).

⁴ Riferimenti al modello EAGLE sono disponibili su <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/clcplus-draft-technical-specifications-v4>

sarebbero prodotti, assegnando al nostro Paese un sinistro primato in termini di abusivismo, cementificazione delle coste, degrado urbano e consumo di suolo (Mibact, 2018).

Tuttavia, mentre alcune dinamiche recenti sono ben conosciute e monitorate, come, ad esempio, il consumo di suolo (ISPRA-SNPA, 2021), è stata storicamente carente la disponibilità, nel nostro Paese, di un sistema di monitoraggio completo e di valutazione integrata dello stato e delle dinamiche evolutive del territorio, del suo utilizzo e delle varie forme di copertura del suolo. L'analisi delle principali dinamiche di cambiamento di copertura e di uso del suolo mostra come il processo più significativo in atto, in Europa e nel nostro Paese, sia la progressiva diminuzione della superficie destinata all'uso agricolo, spesso in maniera indipendente dalla fertilità e dalla produttività dei terreni. L'aggressione al suolo agricolo, che oggi copre ancora quasi la metà del territorio nazionale⁵, avviene contemporaneamente su due fronti. Da una parte si assiste all'aumento delle aree artificiali, in particolare nelle pianure e lungo le coste e i fondovalle, dall'altra si rileva l'espansione dei territori boscati e degli ambienti semi-naturali, in particolare nelle aree interne e montane/collinari, determinata da fenomeni di abbandono colturale con successiva ricolonizzazione del territorio da parte delle superfici forestali. Dal 1982 la SAU (superficie agricola utilizzata) è diminuita del 19,5%, il numero di aziende agricole è calato del 48,2% e la SAT (superficie totale comprendente parti non produttive) ha subito una riduzione di oltre 5 milioni di ettari. Complessivamente, circa i tre quarti dei cambiamenti di uso del suolo avvenuti in Italia tra il 1960 e il 2017 sono dovuti a questa perdita di aree agricole per l'urbanizzazione o per l'abbandono colturale. Nelle aree agricole marginali o meno redditizie, infatti, come nelle zone montane o alto-collinari, o in quelle poco accessibili e di scarso interesse ai fini produttivi, si assiste a un processo di successione, che trasforma l'area agricola prima in una matrice agricola frammentata con presenza di spazi naturali, poi in macchia bassa e cespuglieti e, infine, in boschi con densità delle chiome via via più fitte. Questa fenomenologia è stata dominante nella seconda metà del secolo scorso, contestualmente ai processi di 'industrializzazione' e in particolare di meccanizzazione dell'attività agricola che, nel momento stesso in cui determinavano una crescita esponenziale di produttività nelle aree idonee ad accogliere queste profonde innovazioni (la 'rivoluzione verde'), producevano una speculare marginalizzazione economica dei territori rurali che, per giacitura e accessibilità, risultavano impossibilitati ad accedervi. Nel XXI secolo tale

⁵ I dati dell'ultimo censimento agricolo (2010) parlano di una SAU (superficie agricola utilizzata di 12.856.048 ettari) a fronte di 30.133.600 ettari totali di suolo nazionale.

processo, di fatto assecondato dalla Politica Agricola Comune dal suo avvento fino ad oggi nonostante i tardivi ed insufficienti correttivi introdotti dai Piani di Sviluppo Rurale, può dirsi compiuto e, con pregevoli ma limitate aree di 'agricoltura eroica' miracolosamente scampata all'abbandono, restituisce il ritratto dell'Italia (e dell'Europa) rurale attuale, con una demarcazione netta tra aree di agricoltura intensiva nei territori di pianura e bassa collina e aree restituite alla naturalità nei territori montuosi e collinari impervi, e una superficie agricola utilizzata (SAU) ormai assestata su un dato nazionale inferiore a 13 milioni di ettari (dai 20 milioni di ettari nel secondo dopoguerra). La dinamica delle trasformazioni degli ultimi decenni è quindi dominata dalla crescita delle aree artificiali, soprattutto in territori di pianura e pedemontani, per far fronte a nuove infrastrutture di trasporto, a nuove costruzioni o ad altre coperture non naturali. Come si può facilmente comprendere, si tratta di una dinamica 'a perdere', incarnando una competizione a carico della risorsa, particolarmente limitata e strategica per l'Italia, costituita dai territori pianeggianti. Complessivamente, la crescita di aree artificiali rappresenta l'evoluzione di maggiore entità con una crescita di oltre il 180% rispetto agli anni '50 (ISPRA-SNPA, 2018).

Le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo nel nostro Paese, assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) come previsto dalla L.132/2016, permettono di avere un quadro aggiornato annualmente dell'evoluzione dei fenomeni di consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici. La L.132/2016, al fine di assicurare omogeneità ed efficacia all'esercizio dell'azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell'ambiente a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale e di prevenzione sanitaria a tutela della salute pubblica del nostro Paese, istituisce i LEPTA, i Livelli Essenziali delle Prestazioni Tecniche Ambientali, che costituiscono il livello minimo omogeneo su tutto il territorio nazionale delle attività che il Sistema nazionale è tenuto a garantire. Proprio in tale ambito è previsto che il SNPA assicuri il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo attraverso la redazione di cartografia tematica e l'utilizzo di reti di monitoraggio puntali o di tecniche di *earth observation* per la classificazione della copertura del suolo. Il SNPA si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita "rete di referenti" per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto Superiore per la Protezione

e la Ricerca Ambientale, a cui partecipano le Agenzie per la Protezione dell’Ambiente delle Regioni e delle Province Autonome.

Il monitoraggio avviene attraverso la produzione di una cartografia nazionale del consumo di suolo su base raster (griglia regolare) di 10x10m, prodotto secondo un sistema di classificazione il cui primo livello suddivide l’intero territorio in suolo consumato e suolo non consumato. La risoluzione geometrica dei dati è allineata, anche al fine di assicurare la sostenibilità futura del monitoraggio su base annuale, ai dati disponibili in ambito Copernicus e, in particolare, alla missione Sentinel-2, che, lanciata a giugno 2015, fornisce dati multispettrali con una risoluzione di 10 metri, adatti quindi sia per processi di fotointerpretazione sia di classificazione semi-automatica.

Il sistema di classificazione prevede che il consumo di suolo sia suddiviso in due categorie principali, permanente e reversibile, che costituiscono un secondo livello di classificazione, e, dove possibile, in un terzo livello. Le classi del consumo di suolo reversibile, contengono condizioni di reversibilità molto diverse tra loro, in primo luogo per il tempo di recupero complessivo dei suoli, nella maggior parte dei casi molto lungo, ma anche per il diverso effetto transitorio e per la reale fattibilità del processo di rinaturalizzazione (vedi figura 6). Va sottolineato, infatti, che anche il consumo reversibile inibisce alcuni servizi ecosistemici cruciali, e che va sempre considerata la perdita di funzioni per tutto il periodo che intercorre prima dell’effettivo e completo recupero.

11. Consumo di suolo permanente

111. Edifici, fabbricati

112. Strade pavimentate

113. Sede ferroviaria

114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)

115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)

116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)

117. Serre permanenti pavimentate

118. Discariche

12. Consumo di suolo reversibile

121. Strade non pavimentate

122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)

123. Aree estrattive non rinaturalizzate

124. Cave in falda

125. Impianti fotovoltaici a terra

126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo

20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo

201. Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)

202. Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali

203. Serre non pavimentate
204. Ponti e viadotti su suolo non artificiale

Figura 6 - Sistema di classificazione da ISPRA/SNPA per individuare il consumo di suolo a livello nazionale

Le attività di monitoraggio sfruttano, quindi ampiamente, le potenzialità del programma Copernicus⁶ che, secondo il Regolamento UE n. 377/2014 “dovrebbe fornire informazioni sullo stato dell’atmosfera, degli oceani, del territorio, a sostegno delle politiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici e della gestione delle emergenze e della sicurezza civile”. Il Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus è dunque un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati, integra ed elabora tutte queste risorse e fornisce agli utenti istituzionali, della ricerca e dell’industria, informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all’ambiente, al territorio e alla sicurezza.

Ai fini del monitoraggio del territorio vengono oggi ampiamente utilizzate le immagini multispettrali Sentinel-2 (13 bande), caratterizzate da un elevato tempo di rivisitazione (3-5 gg) ed una risoluzione compresa tra i 10m e i 60m, e le immagini radar delle missioni Sentinel-1. Entrambe, con un opportuno pre-processamento, rendono possibile procedure di classificazione automatica e semi-automatica alla base delle successive attività di fotointerpretazione, elaborazione e restituzione cartografica.

2.3 La perdita della sostanza organica. Definizioni. Cause, Effetti, Monitoraggio

Le funzioni regolatrici degli equilibri ecosistemici che i suoli esercitano dipendono da vari fattori, tra i quali ha prioritaria importanza la sostanza organica. Questa può essere considerata come il complesso di tutto il materiale organico presente nel suolo, sia esso di origine animale o vegetale, e sia esso vivo, morto o in uno stato di decomposizione più o meno avanzato. È costituita per il 40-60% da carbonio organico (CO) di cui i suoli costituiscono il più grande serbatoio naturale presente sulle terre

⁶ Maggiori informazioni relative al programma Copernicus ed in particolare alla componente di monitoraggio del territorio sono disponibili su <https://land.copernicus.eu/>

emerse: la quantità di CO globalmente stoccata nel suolo è pari a 1550 Pg (Lal et al., 2007). Il suolo è dunque in grado di trattenere, sottraendola all'atmosfera, una grande quantità di CO₂, sebbene si tratti di un serbatoio fortemente influenzabile, positivamente o negativamente, dall'attività umana (figura 7).

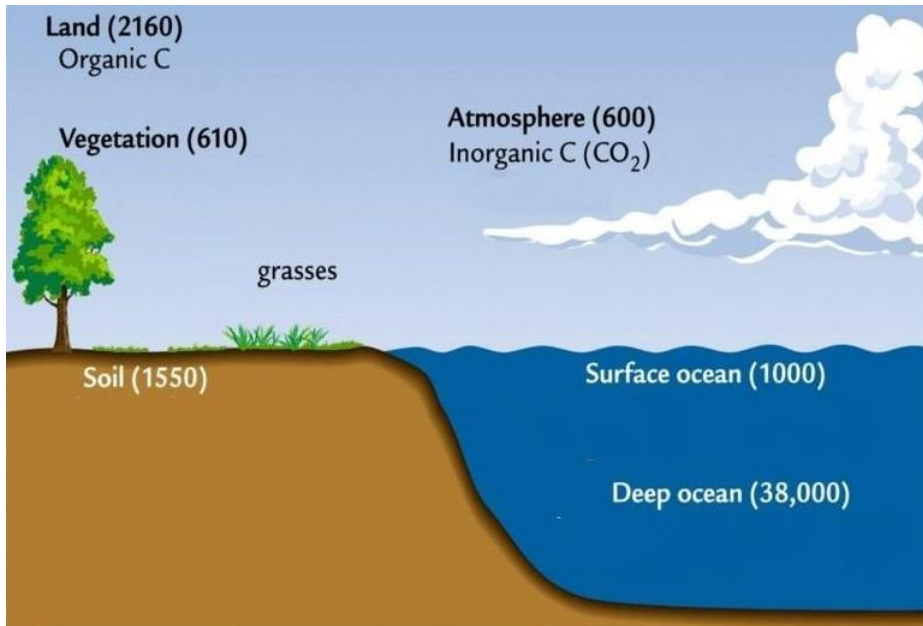


Figura 7 - Principali stock di carbonio nei vari comparti ambientali (modificato da S. Khan, 2013)

Per quanto la sostanza organica (SOM) rappresenti solitamente una quota relativamente piccola della massa e del volume di un suolo, essa ha tuttavia un'importanza fondamentale per l'agricoltura e per gli equilibri ambientali e territoriali. Essa, infatti, rappresenta un indicatore della fertilità di un suolo in quanto è l'unica proprietà legata sia alle caratteristiche fisiche che a quelle chimiche e biologiche, nonché ai flussi di energia, acqua e aria nell'interfaccia suolo-atmosfera. Essa è contenuta nei suoli in forme più o meno stabili, soggette a un equilibrio dinamico in cui coesistono processi di decomposizione (mineralizzazione) e di sintesi: ciò permette, al tempo stesso, la liberazione di macro e micronutrienti nella soluzione del suolo in forme chimiche utilizzabili dalle piante superiori per la loro nutrizione, e la formazione dell'humus, ovvero la parte più attiva della SOM che interagisce con la frazione minerale e influenza il comportamento chimico-fisico e idrologico dei suoli.

I benefici che la sostanza organica apporta alle funzioni dei suoli sono molteplici:

- miglioramento delle proprietà fisiche, in quanto:
 - aumenta la stabilità strutturale del suolo promuovendo la formazione di aggregati garantendo in questo modo il miglioramento nei rapporti tra le diverse fasi del suolo (solida-liquida-gassosa);
 - incrementa la capacità di ritenzione idrica e favorisce l'infiltrazione in profondità dell'acqua in eccesso riducendo i ristagni superficiali;
 - riduce il rischio di erosione e la suscettibilità al compattamento superficiale;
 - aiuta a regolare la temperatura del suolo;
 - regola l'evaporazione dell'acqua e l'umidità, influenzando il microclima locale;
- miglioramento delle proprietà chimiche, in quanto:
 - fornisce macronutrienti come N, P, K e meso-micronutrienti;
 - migliora la capacità di scambio cationico;
 - regola il ciclo del carbonio e le emissioni in atmosfera di anidride carbonica, ammoniaca e protossido di azoto;
 - trattiene, pur se temporaneamente, alcuni potenziali contaminanti sottraendoli alla soluzione circolante;
 - agisce da filtro e tampone nei confronti di sostanze tossiche e inquinanti, sia inorganiche (ad esempio metalli pesanti), sia organiche (idrocarburi, antibiotici, altri contaminanti organici, ecc.);
- miglioramento dell'attività biologica, in quanto:
 - costituisce il substrato vitale per lo sviluppo dei microorganismi (come batteri e funghi) in grado di trasformare sostanze insolubili in sostanze nutritive per le piante e degradare le sostanze nocive;
 - fornisce l'energia e il nutrimento per mantenere la biodiversità della meso- e macro-fauna che vive nel e sul suolo.

Questo patrimonio è fortemente minacciato e sottoposto a varie forme di degrado, tra cui, molto rilevante, è il contributo delle trasformazioni d'uso del suolo (deforestazione, conversione delle foreste e dei pascoli permanenti in terreni arabili, urbanizzazione, ecc.) e dell'intensificazione incontrollata delle pratiche di gestione agricola (fertilizzazione, irrigazione, lavorazione del terreno e aumento della densità del bestiame, ecc.). Si stima che circa il 45% dei suoli europei contenga ormai livelli di sostanza organica inferiori al 2%. In Italia la combinazione di caratteristiche pedoclimatiche del territorio e di forme di gestione dei suoli agricoli non adatte,

costituisce un severo fattore di pressione sul contenuto di carbonio organico, con perdite annue stimate dell'1,5% quando la sostanza organica non è reintegrata o le pratiche di gestione dei suoli non sono tali da conservarla. Tale pressione ha progressivamente degradato gli agro-ecosistemi, con una pericolosa accelerazione del fenomeno nell'ultimo secolo, causando la riduzione della fertilità del suolo e della biodiversità agricola e naturale (Tilman et al., 2002) con conseguente rilascio di CO₂ in atmosfera. In uno studio condotto in Lombardia da ERSAF (Life HelpSoil, 2017) si è messo in evidenza come l'adozione di pratiche convenzionali, non mitigate dall'uso di *cover crop*, determini una importante diminuzione di carbonio organico nei suoli (stimata da -0,2 a -0,4 t ha⁻¹ anno⁻¹, vedi paragrafo 2.3.1).

Tra i principali effetti della perdita di sostanza organica è da menzionare certamente la ridotta resistenza del suolo ai fattori che possono causare un evento erosivo (per esempio, vento, pioggia, acque di scorrimento) dovuta alla minore capacità del suolo di trattenere l'acqua e di produrre aggregati o croste sulla struttura del suolo con conseguente suscettibilità alla compattazione e agli smottamenti. Quando si verifica l'erosione, la perdita di suolo superficiale riduce la fertilità del terreno e contamina l'ecosistema acquatico. Altro effetto rilevante della perdita di SOM è certamente rappresentato dalla riduzione nelle produzioni e, di conseguenza, nella sicurezza alimentare dovuta alla minore capacità del suolo di fornire elementi nutritivi per una produzione vegetale sostenibile; una minore quantità di carbonio organico comporta inoltre una diminuzione del cibo a disposizione degli organismi viventi nel terreno riducendo pertanto la biodiversità del suolo.

Il tenore in sostanza organica (o in carbonio organico) è dunque un indicatore fondamentale della salute del suolo. La sua misura e la verifica della sua evoluzione nel tempo dovrebbero pertanto avere un ruolo centrale a supporto delle decisioni a vari livelli e in numerosi contesti. Per misurare e valutare la sostanza organica dei suoli è possibile:

- Ricorrere al tradizionale approccio, basato su campionamento e analisi di laboratorio, secondo metodiche standard: per il campionamento, si predilige generalmente il prelievo di campioni compositi (formati cioè da più sottocampioni raccolti nello stesso campo) in modo da tenere in considerazione la variabilità spaziale presente; per le analisi di laboratorio il riferimento è invece dato dai Metodi ufficiali di analisi dei suoli (DM 13/09/1999 SO n. 185 GU 248 21/10/1999).

- Adoperare in alternativa tecniche di *Soil Proximal Sensing*, che utilizzano sensori ad induzione elettromagnetica (EMI) associati talvolta a sensori di immagine NIR (*Near Infra-Red*) per determinare diversi parametri dei suoli, incluso il contenuto in sostanza organica. Queste tecniche hanno il vantaggio di permettere la mappatura dei parametri indagati nell'intera superficie rilevata, che può poi essere usata per applicazioni di *precision farming* (agricoltura di precisione). Diversi studi hanno evidenziato come anche l'applicazione di tecniche di telerilevamento (*remote sensing*) per il monitoraggio dinamico dei processi e dei cambiamenti indotti sulle proprietà fisico-chimiche del suolo possa rappresentare uno strumento potenzialmente adeguato, rapido ed efficace per il monitoraggio del contenuto di SOM.
- Anche l'esecuzione in campo di osservazioni visive (*Visual Soil Assessment*) dei suoli può aiutare a valutare se le pratiche gestionali adottate stiano conseguendo i risultati voluti o se, invece, non suggeriscano la necessità di interventi correttivi. Spesso, sono indice di un buon contenuto in sostanza organica: un colore scuro, in particolare negli strati più superficiali, l'evidenza di un suolo "soffice", una struttura grumosa, una elevata porosità, la presenza di lombrichi e altri organismi viventi quali micro-artropodi.

2.3.1 Il ruolo dell'Agricoltura Conservativa

L'Agricoltura Conservativa (AC) ha come obiettivo l'incremento della "naturale fertilità" dei suoli favorendo l'aumento del contenuto di sostanza organica; tale incremento è molto variabile e dipende da numerosi fattori (tipo di suolo, condizioni ambientali e climatiche, eventuali apporti di carbonio organico esterni, ecc.) e dalla interazione tra di essi.

L'AC rappresenta un sistema di produzione agricola sostenibile per le colture, per la protezione del suolo e per la lotta ai cambiamenti climatici (Lal, 2005; González-Sánchez et al, 2012; Carbonell-Bojollo et al, 2011) che migliora la biodiversità dell'agroecosistema (Valera-Hernández et al, 1997) e l'uso efficiente dei nutrienti e dell'acqua (Blanco-Canqui and Lal, 2007), integrando aspetti agronomici, ambientali ed economici (Derpsch, 2005; Pisante 2007).

A livello europeo, nell'ambito dei sistemi di AC, la non lavorazione è adottata su circa il 3,5% della superficie agricola destinata a seminativo. A livello nazionale, la non lavorazione è adottata su circa il 5% della SAU a seminativo. Le regioni che evidenziano una maggiore diffusione sono quelle del centro Italia (dalla Liguria al Molise).

Molti studi riportano un potenziale di accumulo elevato per i suoli europei: tra questi, la review pubblicata da Freibauer et al. (2004) riporta una *carbon sequestration* potenziale pari a 0,1 - 0,5 t ha⁻¹ anno⁻¹ in agricoltura conservativa. In uno studio condotto in Lombardia da ERSAF si è messo in evidenza come l'adozione di pratiche di agricoltura conservativa, specialmente se abbinate all'impiego di *cover crop*, comporti aumenti significativi del contenuto di SOC con tassi di incremento fino a 0,4-0,6 t ha⁻¹ anno⁻¹. Tali risultati sono in linea con quanto emerge da un lavoro pubblicato nel 2019 (Agricoltura Conservativa – 8 anni di esperienze in Veneto) che raccoglie le esperienze maturate nello sviluppo di diversi progetti europei (LIFE+ HELPSOIL, Monitamb-214-I, LIFE+ AGRICARE, RECARE) e nel monitoraggio delle misure del PSR nella Regione Veneto dove, anche in un breve periodo di sperimentazione (3 anni), l'Agricoltura conservativa ha modificato la distribuzione dello stock di SOC lungo il profilo, incrementandolo di 0,85 e 0,57 t C ad ettaro negli strati 0-5 cm e 0-30 cm rispettivamente (Dal Ferro et al., 2016; Camarotto et al., 2018).

I principi fondamentali dell'AC sono (Life HelpSoil, 2017):

1. **Diversificazione colturale e ruolo degli avvicendamenti:** ampliare il numero delle specie e delle famiglie botaniche coltivate, evitando il frequente ripetersi delle stesse colture sui terreni. Tale attività ha molteplici obiettivi: a) coprire il terreno e proteggerlo dagli agenti atmosferici in maniera continua e più efficace; b) migliorare la struttura del suolo attraverso l'azione degli apparati radicali di piante diverse; c) stimolare l'attività biologica nel terreno; d) limitare i rischi ambientali dovuti alla lisciviazione dei nitrati, al ruscellamento superficiale e all'erosione, alla perdita di biodiversità. La diversificazione colturale permette, già da sola, di conservare e arricchire la fertilità del suolo, di assicurare e talora anche migliorare le rese produttive e di ridurre sia l'impiego sia l'impatto di fertilizzanti e agrofarmaci favorendo l'utilizzo di principi attivi maggiormente ecocompatibili.
2. **Riduzione delle lavorazioni:** ridurre al minimo il disturbo dell'ecosistema suolo dovuto alle operazioni meccaniche, adoperando nella gestione dei suoli e nelle lavorazioni dei terreni tecniche poco invasive (come la Minima Lavorazione del suolo, "*Minimum Tillage*", effettuata a profondità molto limitata) o conservative della loro naturale conformazione (come la Non Lavorazione o semina su sodo, "*No Tillage*"), limitandosi solo quando

effettivamente necessario a interventi mirati per risolvere specifiche problematiche legate alle condizioni chimiche o fisiche del suolo. Ciò determina una minore esposizione della sostanza organica a processi di mineralizzazione e al contempo riduce la perturbazione dell'attività biologica utile ai processi di organizzazione. La riduzione delle lavorazioni diminuisce le operazioni meccaniche e le macchine agricole necessarie, la potenza di trazione necessaria, i consumi di carburante e le conseguenti emissioni di gas a effetto serra derivanti dalla combustione, le ore di lavoro richieste dalla preparazione dei terreni per le semine.

3. **Copertura permanente del suolo:** mantenere una copertura vegetale continua introducendo nelle rotazioni *cover crops* (colture di copertura), in modo da proteggere meglio i suoli dagli impatti esterni causati da alte temperature, piogge, ristagni d'acqua prolungati e condizioni di asfissia e idromorfia. I miglioramenti cominciano a manifestarsi quando almeno il 30% della superficie del suolo è coperta.

L'applicazione contemporanea e continuativa dei tre principi su cui si basa l'Agricoltura Conservativa ricrea gli equilibri biologici necessari per lo sviluppo di ecosistemi agricoli vitali, fertili e capaci di generare benefici ambientali. L'impiego di sistemi integrati di produzione vegetale e animale, l'utilizzo limitato di mezzi tecnici (fertilizzanti, fitofarmaci ed erbicidi), sistemi di pascolo controllato potranno inoltre contribuire a migliorare la qualità dei suoli, ridurre la degradazione della vegetazione e ripristinare la diversità vegetale.

Il minor disturbo del suolo dovuto alla riduzione delle lavorazioni e all'assenza dell'aratura e l'aumento della sostanza organica favoriscono l'attività biologica e microbica e lo sviluppo degli organismi (meso e microflora) che vivono nel suolo e che crescono, in presenza di pratiche conservative, per numero di specie e densità di popolazione. Accanto a quella edafica, nei sistemi agricoli gestiti in modo conservativo aumenta l'agro-biodiversità complessiva. Infatti le rotazioni e le "cover crop" portano sui terreni specie vegetali diverse che sono l'habitat di un ampio e diversificato spettro di organismi viventi.

L'implementazione su larga scala di queste attività dovrà necessariamente passare attraverso il supporto fornito agli agricoltori che si avvicinano con questi sistemi di produzione agricola. Sistemi di supporto alle decisioni, consulenza tecnica e attività di campo saranno fondamentali al fine di conseguire risultati efficaci e duraturi in

termini sia di riduzione di specifiche minacce del suolo, quali erosione e compattazione, sia di arricchimento in sostanza organica dei suoli.

3 VERSO UN USO SOSTENIBILE DELLA RISORSA

3.1 Azzeramento del consumo di suolo

L'impermeabilizzazione rappresenta una delle principali cause di degrado del suolo in Europa, comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce ai cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di terreni agricoli fertili e di aree naturali e seminaturali; insieme alla diffusione urbana, l'impermeabilizzazione contribuisce alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio e alla perdita delle capacità di regolazione dei cicli naturali e di mitigazione degli effetti termici locali (Commissione Europea, 2012). La copertura con materiali impermeabili è sicuramente l'elemento che ha maggiore impatto sulla risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o ne compromette permanentemente la sua funzionalità, limitando o inibendo il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi.

La Commissione Europea ha chiarito che "azzeramento del consumo di suolo netto" significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa essere in grado di tornare a fornire i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali: ciò significa desigillare superfici precedentemente trasformate, attuando misure finalizzate a conseguire, per quanto possibile, il ripristino delle funzioni del suolo permeabile (Commissione Europea, 2016). L'Europa e le Nazioni Unite ci richiamano alla tutela del suolo, del patrimonio ambientale, del paesaggio, al riconoscimento del valore del capitale naturale e ci chiedono di azzerare il consumo di suolo netto entro il 2050 (Parlamento Europeo e Consiglio, 2013), di allinearli alla crescita demografica e di non aumentare il degrado del territorio entro il 2030 (UN, 2015).

Va specificato che il solo obiettivo di azzerare il consumo di suolo netto rischia di non intervenire sulla qualità degli interventi ma solo sul bilancio complessivo, pertanto è necessario accompagnarlo con misure atte a impedire i consumi inutili o limitarli alla componente non evitabile, promuovendo pratiche alternative quali il riuso del suolo derivante di cantieri in aree agricole così come suggerito dalle Linee Guida Europee del 2012, o la riforestazione urbana. Inoltre, è importante introdurre il concetto dei servizi ecosistemici nella definizione della eventuale compensazione; un terreno

interessato da un intervento di *desealing* che andrebbe a “neutralizzare statisticamente”, in termini di superficie, un’altra area precedentemente forestale o a pascolo non sarebbe in grado di fornire nell’immediato i medesimi servizi ecosistemici, comportando dunque un effetto di degradazione di suolo netta nel bilancio complessivo.

Tali obiettivi sono fondamentali per l’Italia alla luce delle particolari condizioni di fragilità e di criticità del nostro territorio, tali da rendere urgente la definizione e l’attuazione di politiche, norme e azioni di radicale contenimento del consumo di suolo nonché la revisione delle previsioni degli strumenti urbanistici esistenti, spesso sovradimensionate rispetto alla domanda reale e alla capacità di carico dei territori.

Nel 2002 la Commissione Europea ha diffuso una “Comunicazione” dal titolo “Verso una strategia tematica per la protezione del suolo” (Commissione Europea, 2002) evidenziando l’importanza del suolo come risorsa vitale e fondamentale non rinnovabile, sottoposta a crescenti pressioni. Il testo rappresentava per la Commissione un impegno politico per la protezione del suolo, con la consapevolezza della complessità dell’argomento e della necessità di tempi lunghi per la formulazione di una politica europea integrata in grado di arrestare i processi di degrado e tutelare efficacemente questa fondamentale risorsa ambientale.

Se è vero che la protezione ambientale rimane senz’altro una delle priorità delle politiche attuate in sede di Unione Europea e, con le politiche sociali ed economiche, rappresenta il fulcro intorno a cui ruotano le politiche di sviluppo sostenibile, oggi, a distanza di diciassette anni da questa prima Comunicazione non possiamo non constatare che i “tempi lunghi” previsti per la formulazione e l’attuazione di una politica europea di protezione del suolo sono purtroppo andati oltre le previsioni. Dopo quasi vent’anni si è arrivati oggi alla formulazione di una nuova Strategia tematica che dovrebbe portare, entro il 2023, all’adozione di una nuova legge che punti alla tutela e alla qualità dei suoli (“*healthy soil*”); nel frattempo, nel nostro Continente, un’area pari a circa 1.000 km² l’anno è stata definitivamente persa in seguito alla costruzione di nuove aree urbane e infrastrutture (EEA, 2017).

L’importanza di una buona gestione del territorio e, in particolare, dei suoli fu ribadita dalla Commissione anche nel 2011 con la Tabella di marcia verso un’Europa efficiente nell’impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011) collegata alla Strategia 2020, con il traguardo di un incremento dell’occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050. Tale obiettivo fu ribadito in seguito con l’approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale, denominato “Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta” (Parlamento europeo e Consiglio, 2013), con il quale si richiedeva anche che, entro il 2020, le politiche

dell'Unione tenessero conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Da un punto di vista formale è importante sottolineare che il Settimo Programma Ambientale dell'Unione Europea, siglato il 20 novembre 2013 ed entrato in vigore nel gennaio 2014, è una Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio e ha quindi una natura normativa, a differenza della Tabella di marcia del 2011 della Commissione, limitata a delineare delle pur importanti priorità politiche.

Peraltro, la Commissione aveva già ritenuto utile indicare le priorità di azione e le linee guida da seguire per raggiungere l'obiettivo dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 pubblicando, nel 2012, le linee guida per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012). L'approccio proposto era quello di mettere in campo politiche e azioni finalizzate, nell'ordine, a limitare, mitigare e compensare il *soil sealing*, da definire dettagliatamente negli Stati membri e da attuare a livello nazionale, regionale e locale. In altri termini, gli Stati membri dovrebbero, prioritariamente, assicurare la limitazione dell'impermeabilizzazione attraverso la riduzione del tasso di conversione e di trasformazione del territorio agricolo e naturale e il riuso delle aree già urbanizzate, con la definizione di target realistici al consumo di suolo a livello nazionale e regionale e di linee di azione come la concentrazione del nuovo sviluppo urbano nelle aree già insediate. Nel caso in cui la perdita di suolo risulti inevitabile, dovrebbero essere previste misure di mitigazione, volte al mantenimento delle principali funzioni del suolo e alla riduzione degli effetti negativi sull'ambiente del *soil sealing*. Infine, tutti gli interventi inevitabili di nuova impermeabilizzazione del suolo dovrebbero essere compensati assicurando, ad esempio, una rinaturalizzazione di terreni già impermeabilizzati oppure, come ultima possibilità, sotto forma di corrispettivi economici, purché vincolati all'utilizzo in azioni di protezione o ripristino del suolo.

A livello nazionale lo strumento per la messa a sistema dell'attuazione dell'Agenda 2030 è rappresentato dalla Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS), presentata al Consiglio dei Ministri a ottobre 2017 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017) e approvata dal CIPE a dicembre dello stesso anno. Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali (scelta II) "Arrestare il consumo del suolo e la desertificazione" è stato individuato come uno degli obiettivi strategici (obiettivo II.2) che, quindi, potrebbe essere anticipato al 2030.

Per il raggiungimento di questo obiettivo nel nostro Paese, così come di quello europeo relativo al 2050, sono evidentemente necessari atti normativi efficaci che possano indirizzare le politiche di governo e le azioni di trasformazione del territorio verso un rapido contenimento del consumo di suolo agricolo o naturale. Come in Europa, tuttavia, pesa l'assenza di una Direttiva quadro sul suolo, anche in Italia il Parlamento, nonostante i tentativi, non ha ad oggi approvato una legge nazionale che abbia l'obiettivo di proteggere il suolo dall'uso indiscriminato e dalla sua progressiva artificializzazione.

Una valutazione degli scenari di trasformazione del territorio italiano, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, porta a stimare il nuovo consumo di suolo in 1.552 km² tra il 2020 e il 2050 (Figura 8). Se invece si dovesse tornare alla velocità massima registrata negli anni 2006-2012, si arriverebbe quasi a 3.000 km². Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di 800 km² prima dell'azzeramento al 2050.

Sono tutti valori molto lontani dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero un saldo negativo del consumo di suolo. Ciò significa che, a partire dal 2030, la "sostenibilità" dello sviluppo richiederebbe un aumento netto delle aree naturali di 318 km² o addirittura di 971 km² che andrebbero recuperati nel caso in cui si volesse assicurare la "sostenibilità" dello sviluppo già a partire dal 2020.

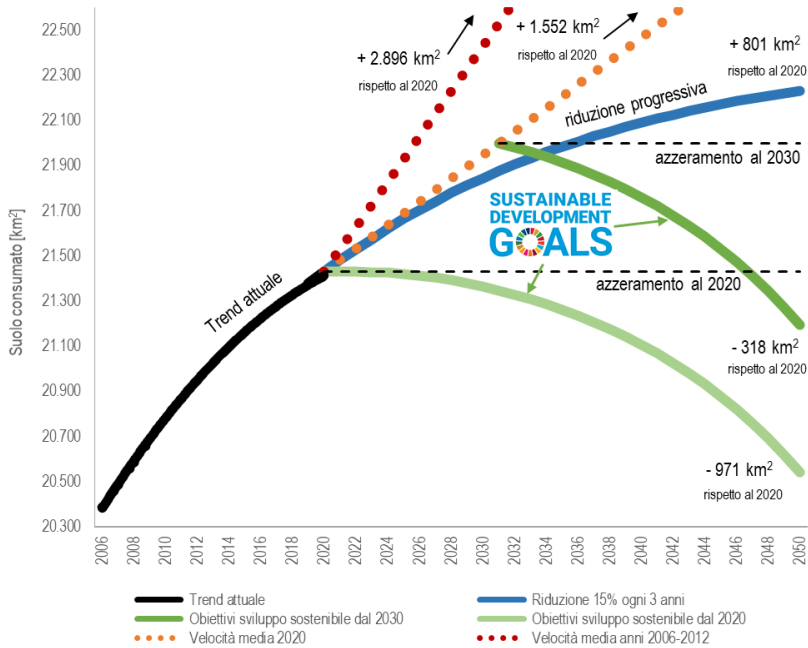


Figura 8 - Scenari di consumo di suolo in Italia (km² di suolo consumato a livello nazionale al 2050).
Fonte: elaborazione ISPRA

3.2 Proposte e buone pratiche in ambito urbano: le linee guida volontarie per l'uso sostenibile del suolo per i professionisti dell'area tecnica

Il raggiungimento dell'obiettivo relativo al 'consumo di suolo netto pari a zero' entro il 2050 (European Commission, 2016) richiede non solo di limitare le nuove urbanizzazioni ma anche di dare priorità a politiche, normative, strategie e azioni progettuali volte a promuovere un modello di sviluppo territoriale e urbano sostenibile ed ecologicamente orientato.

Questo può realizzarsi innanzitutto a partire da un differente orientamento strategico dei Piani comunali che devono assumere un modello prioritariamente indirizzato alla sostenibilità ecologica e ambientale delle previsioni di trasformazione attraverso **l'attuazione di strategie di riqualificazione e rigenerazione delle aree urbane consolidate che identifichino come priorità il riutilizzo di aree e di edifici dismessi o sottoutilizzati, il ripristino dei suoli impermeabilizzati o contaminati, nonché il recupero delle aree degradate.** Tali strategie devono porsi come obiettivo un generale miglioramento delle prestazioni ambientali ed energetiche dei tessuti

urbani, anche attraverso il potenziamento della naturalità urbana, e contestualmente una maggiore coesione e qualità sociale delle città.

In tal senso, **l'adozione di un approccio strategico e progettuale basato sui Servizi ecosistemici (SE) e sulla realizzazione di Infrastrutture verdi e blu** (*Green and blue infrastructure* - GBI) può costituire un importante campo di sperimentazione per integrare nella pianificazione urbana e territoriale strategie e azioni finalizzate al miglioramento dei processi naturali combinando differenti funzioni di tipo ecologico, sociale, economico e culturale degli spazi verdi e operando in modo sinergico alle differenti scale. Pur recuperando la tradizione metodologica e progettuale consolidata delle reti ecologiche, finalizzata a garantire la biodiversità e le connessioni tra ambiti territoriali con elevata naturalità, le GBI infatti superano e ri-orientano il concetto di rete, congiungendo aree e spazi aperti più o meno naturali, con l'ambito urbano e perturbano e si connotano per una specifica dimensione fruitiva e per una verifica delle prestazioni ecosistemiche che condizionano la regolazione dei cicli biologici e idrologici del suolo.

Un approccio alla pianificazione territoriale basato sui Servizi ecosistemici può inoltre costituire un importante strumento per affiancare alle valutazioni di tipo 'quantitativo' presenti nei dispositivi di governo del territorio anche **valutazioni e regolazioni di tipo 'qualitativo' riferite alla qualità ecosistemica dei suoli, quale supporto conoscitivo per la definizione di misure e scelte mirate, volte alla limitazione, alla mitigazione e alla compensazione dei processi di consumo e di degrado del suolo in atto e al ripristino delle funzionalità ecosistemiche eventualmente degradate o perse.**

Inoltre, tenuto conto del fatto che tra le determinanti dei processi di consumo di suolo nel nostro Paese le pressioni prodotte dal peso della rendita urbana sulle dinamiche economiche immobiliari ed edilizie continuano ad avere un ruolo predominante, è sempre più necessario che le **misure di limitazione del consumo di suolo trovino un supporto nelle misure di fiscalità locale che, da un lato, possano ridurre gli effetti distortivi determinati dalla rendita e dall'altra forniscano risorse di spesa a sostegno degli interventi di rigenerazione urbana e di miglioramento delle performance ecologiche, ambientali ed energetiche della città.**

Infine, considerando quali possano essere gli effetti delle decisioni e delle azioni pubbliche e professionali sulla qualità del suolo e sulla fornitura dei relativi Servizi ecosistemici, una sempre più ampia diffusione della consapevolezza rispetto al valore del suolo quale bene comune da preservare e valorizzare costituisce un aspetto centrale per perseguire un modello di sviluppo sostenibile dal punto di vista ambientale. La formulazione di strategie di sviluppo territoriale, così come la

realizzazione di piani e progetti alla scala locale, dovranno pertanto essere accompagnati da un **percorso partecipativo di formazione e informazione funzionale a diffondere la consapevolezza del valore del suolo e dei SE per la qualità della vita umana e che favorisca il necessario dialogo con le componenti tecnico-scientifiche che dovranno assicurare la disponibilità di strumenti di valutazione adeguati.**

Il riconoscimento del valore del suolo deve avvenire a più livelli: quello dai *policy-makers* e dei professionisti coinvolti nel supportare i decisori nella definizione di scelte territoriali; quello dei tecnici, che operando all'interno delle Pubbliche Amministrazioni danno attuazione a tali scelte; e infine quello della popolazione, in quanto soggetto direttamente interessato dalle ricadute delle scelte prese dalla sfera politica. Questo può avvenire attraverso l'attivazione di percorsi di comunicazione e formazione strutturati in base alle diverse tipologie di portatori di interesse, che comprendano iniziative di carattere divulgativo volte a sensibilizzare la popolazione, iniziative formative dedicate a tecnici e professionisti del settore pubblico e privato, attività di comunicazione per la diffusione di buone pratiche e riferimenti di indirizzo, nonché processi di partecipazione che, attraverso un'attività di consultazione/ascolto, promuovano il coinvolgimento dei cittadini e degli enti detentori di interessi territoriali e consentano di acquisirne le istanze e i bisogni specifici.

Sulla base di questi principi è possibile individuare alcune Linee guida di riferimento (Arcidiacono et alii, 2021), riportate di seguito, per indirizzare le scelte dei decisori, dei tecnici e degli amministratori e supportare la diffusione di buone pratiche e approcci di pianificazione urbana e territoriale orientati ad un uso sostenibile della risorsa suolo.

- ***Limitare, mitigare e compensare: misure per un modello di piano a consumo di suolo netto pari a zero***

Come indicato dagli orientamenti europei, la strategia prioritaria rimane la **limitazione** quantitativa del consumo di suolo. Oggi, al di là degli effetti attuativi ancora parziali dei disposti normativi regionali vigenti, e delle differenti modalità di contabilità riferite agli impianti definitivi e metodologici utilizzati nei differenti testi, potrebbe essere già praticabile una significativa riduzione dei consumi di suolo, attraverso un modello di piano urbanistico che assuma, insieme a strategie di rigenerazione ecologica e ambientale, una prospettiva radicale di contenimento delle previsioni

urbanistiche di nuova urbanizzazione (anche incidendo su quelle 'vigenti') finalizzata a realizzare un 'consumo di suolo netto pari a zero'. È necessario tuttavia che, laddove vengano comunque previste delle trasformazioni che determinano impermeabilizzazione e urbanizzazione del suolo agricolo o naturale, si individuino adeguate misure di **mitigazione** degli impatti prodotti e si realizzino interventi di **compensazione** commisurati all'entità della risorsa consumata, in termini di perdita quantitativa ed ecosistemica. Misure che per risultare appropriate nelle quantità, nella localizzazione e nella qualità dei valori da ripristinare, richiedono una approfondita conoscenza qualitativa dei suoli e delle loro funzionalità ecosistemiche. La possibilità pertanto di integrare nelle strategie del piano urbanistico azioni efficaci di mitigazione e compensazione richiede in primo luogo che vi sia una precisa individuazione e misurazione degli interventi pianificati o progettati che potranno determinare un consumo di suolo, mettendo in evidenza sia il livello di reversibilità della trasformazione prevista sia la tipologia dell'impatto (v. III livello SNPA) in relazione alla relativa perdita di funzioni ecologiche e di servizi, attraverso una effettiva integrazione tra scelte di piano e Valutazione Ambientale Strategica. Non è quindi possibile prefigurare correttamente meccanismi di compensazione *preventiva* di consumo di suolo; l'obiettivo è piuttosto quello di tutelare o ripristinare le capacità generali dei suoli realmente coinvolti in processi di modificazione e trasformazione, affinché quelle funzioni ecosistemiche, eventualmente degradate o perse, possano essere ripristinate all'interno di uno stesso territorio, secondo una strategia progettuale ecologicamente orientata. La definizione di azioni di mitigazione e compensazione ambientale degli impatti derivanti dall'impermeabilizzazione e dal consumo di suolo richiede, dunque, una conoscenza specialistica e transdisciplinare della molteplicità delle funzioni ecosistemiche che il suolo è in grado di svolgere (Assennato et al., 2018), e che è operazione essenziale nella strutturazione di un dimensionamento degli effetti ambientali di piano sul bilancio ecologico dei suoli (Arcidiacono et al., 2016).

Se misurare le perdite di funzioni e Servizi ecosistemici è complesso, può risultare ancora più impegnativo stimare la capacità di recupero delle stesse, dovendo intervenire magari in luoghi diversi da quelli dove la perdita è stata realizzata. La mappatura e la valutazione dei SE costituiscono dunque un approccio certamente opportuno ed efficace per orientare la limitazione del consumo di suolo e favorire una più adeguata mitigazione dei suoi effetti;

diversamente, valutare preventivamente come compensare in modo adeguato gli impatti che si prevede possano essere arrecati alle funzionalità del suolo rischia di essere più complesso e meno appropriato.

- ***Definire le strategie di piano a partire da un approccio transdisciplinare basato sui servizi ecosistemici***

La sperimentazione di un differente paradigma nella pianificazione urbanistica trova nella valutazione delle funzionalità e dei Servizi ecosistemici (SE) un supporto fondamentale alla configurazione della struttura ecologico - ambientale del disegno di piano e alla valutazione delle scelte di rigenerazione e sviluppo, consentendo di determinare le diverse vocazioni dei suoli nello svolgere funzioni ecosistemiche ottimali e di prevedere, di conseguenza, adeguate azioni strategiche di tutela, valorizzazione e ricomposizione territoriale (Ronchi, 2017). Per quanto non sia ovviamente possibile pianificare e programmare la fornitura di SE con la stessa precisione e dinamicità di altre componenti ambientali, i SE (e la valutazione dei *trade-off*, vale a dire il rapporto di contrasto e/o di sinergia rispetto a diversi scenari di sviluppo) permettono di verificare le differenti potenzialità valoriali espresse dal suolo e ne segnalano i livelli di degrado determinati dai processi antropici, che comprendono: la riduzione della qualità e della vivibilità dell'ambiente urbano, l'aumento della insicurezza alimentare, l'incremento dei rischi di vulnerabilità dei suoli e dei disastri naturali la diminuzione delle condizioni di salute, e, più in generale, la riduzione della disponibilità e qualità delle risorse naturali fino al deterioramento dell'eredità paesaggistica e culturale del territorio. L'adozione di un approccio basato sui SE diventa così fondamentale per supportare le pratiche e il processo di pianificazione territoriale attraverso la valutazione preliminare delle condizioni del suolo e degli effetti ambientali determinati dalle previsioni di piano nonché le conseguenti ricadute economiche e sociali (Li & Heap, 2011), indirizzando le strategie di trasformazione della città e del territorio verso scelte non solo ecologicamente sostenibili, ma anche attente ai valori culturali e identitari del paesaggio. In tal senso, è quanto mai necessario un approccio **transdisciplinare** al progetto della città e del territorio, in un'accezione complessa, in cui i differenti 'saperi', sempre più articolati e specialistici, cooperino nella costruzione di un progetto condiviso in grado di orientare le strategie complessive dell'assetto e dello sviluppo territoriale. Non più un

sistema di conoscenze settoriali preliminarmente messe a disposizione della pianificazione, ma competenze articolate direttamente impegnate e co-partecipi nella costruzione del progetto, di cui verificano e valutano, con criteri e indicatori adeguati, le scelte e i loro impatti sulle funzionalità e sui valori del territorio. Le potenzialità dell'analisi ecosistemica in un processo di integrazione transdisciplinare della pianificazione urbanistica e territoriale risultano assai rilevanti alle differenti scale del progetto, laddove la capacità di valutazione ex-ante della funzionalità ecosistemica dei suoli può diventare un'occasione non solo per la protezione e conservazione di queste risorse ma anche per la loro valorizzazione.

- ***Mappare e valutare i servizi ecosistemici: il ruolo della Valutazione Ambientale Strategica***

Le analisi e le valutazioni sui SE sono funzionali alla definizione delle scelte strategiche territoriali, pertanto, è opportuno che siano integrate in tutte le fasi di elaborazione di piani e programmi di tutti i settori, ma soprattutto che è importante che costituiscano un approccio centrale nella Valutazione Ambientale Strategica (VAS), con l'obiettivo di garantire un elevato livello di protezione del suolo senza trascurare gli aspetti di contabilità ambientale e di verifica delle prestazioni programmate. Per fare ciò, occorre che sia chiaramente compresa la complessità dei cicli ecologici che presiedono la fornitura dei SE, a cui si aggiunge la difficoltà anche tecnica della loro misurazione e quantificazione. L'introduzione di parametri qualitativi comporta un elemento di responsabilità e discrezionalità: in considerazione di un certo numero di funzioni ecosistemiche analizzate e valutate, la definizione di scenari strategici implica necessariamente un atteggiamento selettivo che porterà a scegliere di incrementare e valorizzare alcune funzioni in modo prioritario rispetto ad altre, a seconda degli obiettivi generali o delle strategie del piano e degli attori rappresentati nella decisione. È fondamentale che alcuni servizi, in primo luogo quelli di supporto e regolazione che hanno un carattere *erga omnes*, debbano essere considerati come priorità. A questi si devono aggiungere quei servizi di diretto interesse per la comunità locale (che direttamente incidono sul benessere collettivo dei cittadini) e quelli minacciati dalle strategie trasformative adottate e in formazione. Un suolo che può non avere una particolare capacità agricola produttiva può invece risultare cruciale se valutato in relazione al supporto alla biodiversità naturale o a un valore paesaggistico peculiare e come tale

può essere valorizzato nella pianificazione locale. Tale processo, che costituisce un momento estremamente delicato, deve diventare uno dei contributi fondamentali della VAS, da sviluppare con contributi esperti e con la partecipazione della comunità interessata.

- ***Adottare le infrastrutture verdi e blu come struttura strategica della pianificazione territoriale***

Le Infrastrutture verdi e blu (*Green and blue infrastructure* - GBI) si configurano come una rete opportunamente pianificata a gestita di aree naturali e seminaturali presenti sul territorio e in grado di fornire molteplici benefici ambientali e sociali (European Commission, 2013). Le GBI rappresentano per il progetto di piano un vero e proprio telaio del disegno ecologico della nuova città contemporanea, che crea nuovi paesaggi ecologicamente orientati e spazi pubblici inclusivi, con la finalità di valorizzare e garantire la fornitura di Servizi ecosistemici e ad evitarne il degrado, aumentando la resilienza e le soluzioni adattive dei territori.

Un approccio alla pianificazione urbana e territoriale che interpreta le GBI come una struttura portante rispetto alla quale valutare e verificare le scelte insediative e infrastrutturali del piano rappresenta quindi una prospettiva progettuale che ribalta l'approccio urbanistico tradizionale di stampo prettamente quantitativo e funzionale, contrapponendo una dimensione di carattere prestazionale nella definizione di nuovi criteri performativi e di indirizzi progettuali, da adattare ai contesti locali fisici e sociali, e a cui ancorare le modalità di valutazione e controllo dei processi di rigenerazione urbana. Un progetto aggiornato e consapevole di città pubblica e *welfare locale*, in rapporto all'evoluzione della domanda sociale e del concetto stesso di qualità del vivere urbano.

- ***Regolare il microclima urbano utilizzando Nature-based solutions (NBS)***

Le *Nature-based solutions* (NBS) rappresentano lo strumento operativo e progettuale per l'attuazione delle strategie di intervento definite dalle GBI finalizzate ad aumentare la resilienza territoriale e urbana, migliorando la fornitura dei SE. Tra i principali benefici derivanti dall'adozione di NBS vi è la mitigazione della temperatura urbana e degli effetti dovuti al fenomeno delle isole di calore (*Urban Heat Island Effect*) e la riduzione delle emissioni di CO₂ dovuta all'incremento della dotazione di verde e di vegetazione urbana e ai minori consumi energetici per il raffrescamento degli edifici. Oltre a ciò, le

NBS forniscono un importante contributo sociale attraverso il miglioramento della qualità urbana e alla vivibilità degli spazi pubblici.

- ***Ripristinare il suolo degradato attuando la pratica urbanistica di de-impermeabilizzazione***

La de-impermeabilizzazione (o *de-sealing*) consiste nel ripristinare le funzionalità ecosistemiche del suolo, rimuovendone la copertura artificiale, e ricostruendo un nuovo profilo (European Commission, 2012). La ricostruzione del nuovo suolo richiede l'utilizzo di sedimenti e materia organica al fine di creare un substrato fertile per le piante. Sarebbe anche auspicabile il riutilizzo del topsoil derivante dai materiali di escavazione dei nuovi cantieri in aree agricole opportunamente gestito: il topsoil costituisce l'orizzonte superficiale del suolo ricco di sostanza organica e il suo riutilizzo quale mezzo radicante di qualità diminuirebbe l'apporto di ulteriori materiali favorendo l'economia circolare del suolo auspicata dalla nuova Strategia tematica della Commissione Europea.

Lo sviluppo di azioni di *de-sealing* viene promosso nell'ambito della strategia europea "No net land take by 2050" (European Commission, 2016) nella quale viene fissato l'obiettivo di arrivare a un consumo di suolo netto pari a zero nel 2050; l'eventuale urbanizzazione di suoli liberi deve avvenire a saldo zero, ovvero attuando azioni di *de-sealing* e ripristinando a usi agricoli o seminaturali aree di pari superficie in precedenza urbanizzate e impermeabilizzate, con attenzione al ripristino della funzionalità dei suoli e alla qualità dei Servizi ecosistemici da questi assicurati.

Il *de-sealing* può essere attuato sia nei contesti urbani sia nelle aree rurali: in Italia infatti sono sempre più numerosi i fenomeni di abbandono e dismissione di edifici e/o di insediamenti spesso di matrice produttiva, nei quali si potrebbero attuare interventi complessi di rigenerazione che siano in grado di ripristinare livelli adeguati di funzionalità ecosistemica dei suoli, rendendo queste aree compatibili con il contesto territoriale nel quale sono inseriti. Si tratta di operazioni complesse, in quanto il *de-sealing*, pur essendo un'operazione urbanistica è normato da leggi che afferiscono alle terre e rocce da scavo (DPR 120/17), ai rifiuti (D. Lgs. 152/06) e alle bonifiche perché spesso le aree industriali dismesse sono contaminate e necessitano di una serie di procedure amministrative e operative di bonifica che si affiancano con quelle di pianificazione.

Sebbene alcuni servizi possano essere recuperati solo a fronte di tempi lunghi, come ad esempio l'incremento della quantità di carbonio organico stoccato o la capacità di fornire biomassa altri, come la regolazione del ciclo delle acque e la riduzione delle isole di calore, sarebbero più immediati, rendendo le città più resilienti ai cambiamenti climatici, più vivibili per i cittadini e meno impattanti verso l'ambiente circostante

- ***Regolare il ciclo delle acque utilizzando sistemi di drenaggio urbano sostenibile***

I sistemi di gestione sostenibile del drenaggio urbano (*Sustainable Urban Drainage Systems* - SUDs) regolano *in situ* le acque meteoriche riducendo i volumi che vengono confluiti nella rete fognaria, evitando i problemi di sovraccarico e rallentando lo scorrimento dell'acqua, stoccandola e trattenendola al fine di garantire un deflusso graduale nelle reti.

L'eccessiva impermeabilizzazione del suolo e l'aumento dell'intensità delle precipitazioni dovuto anche ai cambiamenti climatici, rendono fondamentale integrare l'approccio SUDs nella progettazione urbana e in particolare nel disegno delle aree verdi e degli spazi aperti. I sistemi SUDs hanno come obiettivo principale la non alterazione del ciclo delle acque a livello locale utilizzando il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, il quale prevede che le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle debbano rimanere invariate rispetto a quelle preesistenti alla variazione di uso del suolo. Attraverso l'implementazione di sistemi SUDs è possibile ridurre il carico inquinante dovuto ai solidi sospesi, ai nutrienti e ai metalli pesanti, in quanto la vegetazione concorre considerevolmente all'azione di trattenimento degli stessi. I SUDs attenuano i picchi di portata associati a eventi meteorici, prevenendo i rischi di allagamento e alleggerendo le reti di drenaggio delle acque urbane, limitando così le disfunzioni e le attivazioni dei by-pass collocati in testa agli impianti di trattamento delle acque di scarico, riducendo così gli apporti di acque non trattate ai corpi idrici superficiali.

- ***Favorire la bonifica dei suoli contaminati***

Per quanto riguarda gli interventi di bonifica di suoli potenzialmente contaminati, l'approccio di riferimento, stabilito dalla normativa vigente, è quello basato sull'analisi di rischio sito-specifica, che potrebbe contemplare anche la possibilità di usi temporanei compatibili, ovviamente tenendo conto

della severità dei fattori di rischio in rapporto agli usi; attraverso le premialità fiscali per gli interventi di riqualificazione si potrebbero evitare che situazioni pericolose di dismissione di aree industriali in contesti urbani si trascino inoperosamente, in assenza di interventi e di responsabilità. L'approccio rigido al rispetto delle soglie normative, sebbene ineludibile, in questo campo deve tenere in considerazione anche della grande diversità di contesti in cui, in diversi casi, non solo i costi economici ma anche le esternalità ambientali dell'intervento di bonifica possono risultare più onerose della gestione in sicurezza del sito, con usi appropriati.

- ***Introdurre meccanismi di fiscalità urbanistica locale per disincentivare il consumo di suolo***

Un'efficace politica di contenimento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo può trovare una importante leva operativa in una riforma strutturale della fiscalità urbanistica. La fiscalità locale può rappresentare uno strumento importante per la realizzazione di un modello urbano sostenibile e resiliente: innanzitutto per controllare e limitare i processi di espansione urbana, riducendo i vantaggi economici dei processi di trasformazione delle aree agricole, attraverso l'introduzione di forme di tassazione incrementali che riducano le pressioni determinate dalla rendita fondiaria; in secondo luogo per garantire (con misure di tassazione di scopo) un sostegno alla attuazione di azioni di valorizzazione ambientale ed ecologica della città; e infine per supportare politiche di riuso e di rigenerazione delle aree degradate, dismesse, abbandonate o sottoutilizzate all'interno del contesto urbano. L'intensità delle forme di tassazione dovrà tenere conto sia della qualità dei suoli liberi per i quali venga consentita l'urbanizzazione, sia dei costi sociali, infrastrutturali e ambientali determinati dalla trasformazione, in termini di attrezzature, servizi e opere di compensazione necessarie. Per dare operatività a questo obiettivo è opportuno conoscere il valore delle aree libere urbane e peri-urbane, che, tradizionalmente considerate come spazi interstiziali di completamento e di densificazione o come aree marginali di ricomposizione delle frange urbane, sono invece risorse preziose per le funzionalità ecologiche e ambientali della città. In tale prospettiva la 'densificazione' delle aree urbane, a volte evocata, può essere sostenibile laddove consenta di realizzare, oltre alla riqualificazione delle aree degradate e dismesse, un recupero significativo di spazi aperti, con valori ambientali, sociali ed ecologici capaci di ripristinare e

incrementare le funzionalità ecosistemiche dei suoli urbani degradati. Va invece esclusa laddove diventi unicamente l'occasione per il riempimento di spazi aperti urbani e periurbani, residuali e/o interclusi, che sono spesso assai preziosi per le prestazioni ambientali della città e per la fornitura proprio di quei Servizi ecosistemici di regolazione così importanti dentro i tessuti costruiti della città. Le aree libere urbane devono diventare opportunità per accrescere la resilienza della città, intensificando la loro funzione di infrastrutture ecologiche che conservano e valorizzano le porosità urbane.

- ***Introdurre meccanismi di incentivazione e agevolazione fiscale per promuovere interventi di rigenerazione urbana sostenibile***

Allo stesso tempo la fiscalità locale può diventare un importante meccanismo di sostegno per i processi di rigenerazione urbana, introducendo forme di incentivo per gli interventi privati, non tanto attraverso la riduzione degli oneri urbanistici ordinari, che rimangono il canale principale per garantire la realizzazione degli interventi pubblici di equipaggiamento della città esistente, ancora più urgenti in una fase di messa in efficienza dei tessuti consolidati; quanto piuttosto favorendo modalità di accesso al credito agevolate per gli operatori e introducendo modalità di monetizzazione 'di scopo' per la realizzazione di interventi finalizzati al miglioramento della qualità urbana e alla creazione di nuove performance ambientali ed ecologiche, volte all'aumento della resilienza urbana. Forme di semplificazione e di defiscalizzazione che rappresentano uno strumento importante per orientare le scelte insediative sulla ri-urbanizzazione di aree già costruite e impermeabilizzate da rifunzionalizzare, rendendole economicamente sostenibili e competitive rispetto alla nuova urbanizzazione di aree libere. Le azioni di rigenerazione devono essere orientate, in tal senso, da una precisa e robusta regia pubblica che definisca finalità e prestazioni di interesse collettivo da realizzare, ma che al tempo stesso consenta condizioni economiche e procedure semplificate per la sostenibilità dell'azione privata. Rendere competitiva anche dal punto di vista economico la strategia della rigenerazione rappresenta una condizione indispensabile per la sua efficacia. Una semplificazione delle procedure, spesso evocata, è certamente opportuna; questa non deve comportare un indebolimento dell'azione pubblica nella valutazione della qualità degli interventi, ma invece

garantire tempi e procedure certe per la approvazione e realizzazione degli interventi.

A sostegno della rigenerazione urbana sono opportune, come nella riforma della fiscalità locale, politiche di livello nazionale e regionale; sia di tipo normativo, che riducano i tempi procedurali degli interventi sulla città esistente, senza deregolamentare gli strumenti di indirizzo e regolazione pubblica, sia di tipo economico che mettano a disposizione risorse dedicate ad incentivazione degli interventi privati. Lo stesso tema delle bonifiche richiede un intervento legislativo di sostegno, non di certo per ridurre il livello di controllo sulla qualità ambientale degli ambiti inquinati, ma per consentire modalità e procedure certe nei tempi e nelle verifiche.

- ***Prevedere obiettivi di performance ecosistemica nelle strategie per la rigenerazione urbana***

In attesa di un'opportuna modifica della fiscalità urbanistica locale, è tuttavia già possibile agire a livello locale in modo mirato al rafforzamento dei processi di rigenerazione urbana incrementando l'articolazione e la flessibilità funzionale degli ambiti a ciò destinati, purché all'interno di carichi urbanistici e usi sostenibili in termini sociali, ambientali e di accessibilità. Il ruolo pubblico rimane fondamentale nell'indirizzare le strategie di rigenerazione urbana verso la realizzazione di una nuova qualità ambientale e sociale delle aree urbane consolidate, prevedendo obiettivi di *performance* ecosistemica e di nuove dotazioni di spazi pubblici che migliorino la resilienza della città e le sue capacità di risposta e adattamento alle nuove pressioni climatiche (permeabilità dei suoli, dotazioni arboree, riduzione degli eccessi di calore urbano, etc.). Le aree della rigenerazione urbana, pur non potendo essere dettagliatamente individuate e regolamentate negli strumenti di pianificazione comunale, in modo da consentire una opportuna flessibilità nella articolazione e definizione delle proposte di intervento, devono essere comunque riconosciute e disciplinate dal piano nella definizione degli obiettivi di interesse collettivo da realizzare nel processo diffuso di rigenerazione, in termini di servizi, reti e performance ambientali e sociali, al fine di fornire indicazioni agli operatori sulle modalità e tipologie di intervento da realizzarvi. Allo stesso tempo possono essere analogamente importanti misure anche puntuali per la riduzione di obblighi procedurali non pertinenti: ad esempio, nel caso della rigenerazione di un'area già antropizzata possono essere previste agevolazioni procedurali, a partire dalla

riduzione dei tempi di autorizzazione, e fiscali come l'esenzione dell'imposta per occupazione del suolo pubblico necessario alla predisposizione di ponteggi. Il sostegno e la priorità attribuita ai processi di rigenerazione urbana nelle strategie urbanistiche locali, tenuto conto dei relativi incentivi e delle facilitazioni, deve accompagnarsi ad un'azione combinata volta alla drastica limitazione di nuove urbanizzazioni di 'greenfield': innanzitutto da perseguire attraverso una netta riduzione delle previsioni urbanizzative 'pregresse' ancora vigenti negli strumenti di pianificazione; poi accompagnando l'applicazione di forme di tassazione incrementale con disposizioni regolative per le aree libere, interstiziali urbane e periurbane, volte alla loro conservazione e valorizzazione non solo per funzioni di carattere ambientale ma anche agricolo produttive; infine realizzando una diffusa strategia ambientale volta a incrementare la naturalità e la biodiversità degli spazi aperti periurbani attraverso la costruzione di reti verdi ed ecologiche e l'istituzione di parchi, agricoli e naturali, anche con valenze fruibili paesaggistiche.

- ***Comunicare il valore del suolo e dei benefici ad esso connessi: partecipazione e consapevolezza***

A livello generale, in Italia il problema del consumo di suolo viene percepito quasi esclusivamente in funzione del dissesto idrogeologico, in concomitanza del verificarsi di eventi catastrofici come frane e alluvioni. La consapevolezza dell'importanza della risorsa suolo e dei SE da esso forniti di contro risulta ad oggi ancora scarsa. L'assenza del forte legame esistente tra il suolo e la produzione di cibo è ancora troppo frequente nella mentalità comune.

La pandemia ha messo in rilievo che la mancanza di agevoli spostamenti tra nazioni o continenti significa minori possibilità di importare prodotti agricoli fondamentali per la nostra sussistenza, consumare suolo significa dunque diminuire la nostra sicurezza alimentare. Allo stesso modo il collegamento tra suolo e la qualità delle acque sotterranee, la biodiversità, la qualità dell'aria e in generale il benessere umano è un concetto ancora poco conosciuto a cui solo di recente una platea più ampia di cittadini. Lo stesso mondo dei tecnici è impreparato alle richieste normative che sottendono conoscenze scientifiche non ancora pienamente in possesso degli studiosi del suolo; a questo si aggiunge che lo stesso concetto di suolo spesso non è condiviso tra gli specialisti di scienze diverse. Il primo passo da fare è quello di uniformare le conoscenze sul suolo tra i tecnici delle varie discipline, le definizioni

normative e di dargli un'identità giuridica: solo così le amministrazioni potranno fare fronte a richieste troppo spregiudicate di sfruttamento e saranno in grado a loro volta di sensibilizzare l'opinione pubblica sull'importanza del suolo e della sua protezione.

Il coinvolgimento della popolazione deve essere inoltre previsto durante le diverse fasi del processo di pianificazione territoriale, a cominciare dalla Valutazione Ambientale Strategica, al fine di aumentare il grado di condivisione e di consapevolezza rispetto a strategie di sviluppo e di trasformazione territoriale proposte.

Altrettanta importanza riveste la diffusione e la condivisione di **buone pratiche** e riferimenti progettuali o normativi, nonché la disponibilità di banche dati territoriali aggiornate e consultabili.

3.3 Proposte e buone pratiche in ambito agricolo: le linee guida volontarie per la gestione sostenibile del suolo

La gestione sostenibile dei suoli affronta una delle sfide cruciali individuate tra gli obiettivi del millennio. Secondo la FAO “...Il suolo è una risorsa naturale fondamentale e non rinnovabile che fornisce beni e servizi vitali per diversi ecosistemi e per la vita umana stessa. I suoli sono essenziali per produrre colture, mangimi, fibre, combustibili. Essi filtrano e purificano decine di migliaia di Km³ di acqua l'anno. Essendo tra i più importanti serbatoi di carbonio, i suoli contribuiscono a regolare le emissioni di anidride carbonica e di altri gas a effetto serra, il che è alla base della per la regolazione del clima”.

La sfida principale dei prossimi anni sarà, dunque, trovare il giusto equilibrio (o compromesso) per riuscire a sfamare una popolazione globale in costante crescita riuscendo, nello stesso tempo, a preservare le risorse naturali e gli indispensabili servizi che esse generano.

Nel 2017 con le Linee Guida Volontarie per la Gestione Sostenibile del Suolo, la FAO ha raccolto la sfida e, grazie alla collaborazione con autorità nazionali, istituti di ricerca, organizzazioni internazionali governative e non, il mondo accademico, la società civile e il settore privato, ha segnalato in modo mirato, per ogni minaccia collegata al suolo agricolo, principi e pratiche utili per i decisori politici, gli agricoltori e, più in generale, a tutti i soggetti interessati.

A discendere dalle indicazioni delle Linee Guida e mediante la contestualizzazione all'agricoltura e ai territori italiani, CIA con ERSAF e CREA hanno elaborato e prodotto brevi schede tecniche rivolte agli agricoltori con il compito di indicare le buone pratiche per la migliore gestione del suolo, il rispetto delle necessità della produzione e la preservazione della risorsa suolo. Le schede sono immaginate per poter essere aggiornate con tutte le novità che la ricerca scientifica e in generale il progresso potrà offrire nei prossimi anni e per renderle disponibili per gli agricoltori in tempo reale. Gli agricoltori grazie alle linee guida volontarie possono scegliere di adottare le indicazioni e le buone pratiche che sono state elaborate e contribuire a produrre in modo sostenibile, preservando i loro beni, garantendo una continuità di servizi ecosistemici per le generazioni attuali e future.

Le principali indicazioni che provengono dalle linee guida FAO riguardano la necessità di cambiare il paradigma agricolo e puntare sulle "produzioni sostenibili" ciò significa: seguire la vocazionalità del territorio, mantenere la fertilità integrale del suolo e diversificare le produzioni.

Produrre quantità di alimenti sostenibili non è però sufficiente, una parte delle raccomandazioni si sofferma in modo mirato sulla necessità di produrre anche cibi sani e salubri, un tema direttamente connesso ai contenuti chimici dei suoli e da cui dipende anche il contenuto di nutrienti essenziali. Per produrre cibi qualitativamente idonei, dunque, occorre: mantenere la fertilità del suolo, conoscerne la composizione, evitare le perdite di nutrienti e calibrare le fertilizzazioni in base alle asportazioni. Così come è importante garantire la tracciabilità delle produzioni e attuare una idonea conservazione anche dopo la raccolta.

La fertilizzazione resta uno dei nodi principali nelle indicazioni per gli agricoltori. Parametro di base legato alla redditività delle produzioni non va demonizzata ma attuata in modo consapevole e tenendo in considerazione la necessità del mantenimento della fertilità del suolo a fronte delle asportazioni. Molti progressi sono stati fatti nel campo dell'economia circolare e, ripensare la fertilizzazione, chiudendo cicli biologici, sarà una delle chiavi di sviluppo sostenibile del futuro. Nelle raccomandazioni finalizzate alla fertilizzazione dei suoli occorre considerare: il bilancio dei nutrienti, la conoscenza della fertilità del suolo, il riciclo dei materiali presenti in azienda (da massimizzare), l'uso di soli prodotti di qualità e la appropriata conoscenza delle caratteristiche del fertilizzante.

Dell'importante ruolo della sostanza organica si è già ampiamente parlato nel paragrafo 2.3.1 relativo all'agricoltura conservativa. È comunque importante sottolineare che non è sufficiente immettere tanta materia organica per arricchire i suoli, dal momento che, la formazione di uno stock non labile di sostanza organica nei suoli è il risultato di processi microbiologici regolati da equilibri complessi che dipendono dalle condizioni ambientali e pedologiche, dall'uso e dalla gestione dei terreni e dalle reciproche interazioni tra questi fattori.

La difesa fitosanitaria ha un impatto inevitabile sull'ecosistema suolo. Le soluzioni tecniche e in particolare l'applicazione dei principi del PAN (Piano d'Azione Nazionale di cui alla direttiva n. 2009/128/CE) costituiscono un'indicazione importata per limitare e attenuare i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente. Tra le raccomandazioni utili rivolte agli agricoltori per limitare i danni conseguenti alla dispersione nell'ambiente di prodotti fitosanitari, occorre agevolare: l'utilizzo di disciplinari di agricoltura biologica o di altri sistemi certificati, l'agevolazione di metodi di prevenzione (come la rotazione colturale), il ricorso a metodi di cattura e monitoraggio dei parassiti e l'applicazione di misure di controllo che si attivano solo al superamento di soglie critiche di infestazione, la priorità a metodi di contrasto fisici o biologici (sempre da privilegiare), l'utilizzo laddove necessario di prodotti chimici selettivi, e solo nelle quantità strettamente necessarie, mettendo in pratica la verifica della strategia di contrasto impegnata, il mantenimento in efficienza gli strumenti e i mezzi utilizzati per la distribuzione.

Il ruolo di connessione delle infrastrutture verdi è di importanza anche per il suolo agricolo. Le infrastrutture verdi sono connettori biologici che coadiuvano e sostengono la biodiversità e consentono, attraverso l'agroecosistema, la continuità di importanti funzioni ecosistemiche. Per valorizzare il ruolo delle infrastrutture verdi a livello agricolo occorre: conservare o costruire elementi di diversificazione del paesaggio agrario, praticare l'inerbimento delle colture arboree, mantenere o estendere prati permanenti e pascoli, ricostruire la vegetazione ripariale (anche nei canali artificiali), costruire aree umide (compresi laghetti multifunzionali), pianificare aree di conservazione della natura anche in concorso tra più agricoltori in aree confinanti.

L'erosione del suolo è la causa maggiore di perdita del suolo a livello globale, dovuta a cause naturali o ad azione antropica ed il suo contrasto è una delle principali attività per la preservazione dei suoli. Limitando il campo alle attività agricole molte tecniche possono essere attuate al fine di un contrasto efficace al fenomeno, tra le

indicazioni principali troviamo: il mantenimento di una copertura vegetale o con residui organici soprattutto nei periodi di maggiore rischio (pioggia, vento, etc.), effettuare opportune sistemazioni idraulico-agrarie, ridurre il tasso di deflusso delle acque (con colture a strisce o alberi), impegnare fasce tampone lungo i corsi d'acqua, evitare lavorazioni lungo la massima pendenza nei terreni declivi, evitare l'uso di erbicidi, favorire i terrazzamenti dove la pendenza è importante, garantire un'intensità di pascolo adeguato alla disponibilità di terra. La biodiversità del suolo, come ricordato più volte, è una delle componenti del suolo spesso ignorata che costituisce la base della fertilità e delle funzioni del suolo stesso. Il mantenimento della biodiversità edafica è possibile grazie a buone regole di base, come ad esempio: la diversificazione delle colture praticate, l'incremento di infrastrutture verdi, la diversificazione delle pratiche agricole, evitando l'introduzione di specie alloctone invasive.

L'acqua è un fattore imprescindibile della pratica agricola e il suo utilizzo in agricoltura dovrà essere ottimizzato anche per contrastare i cambiamenti climatici e conservare la biodiversità. Fonte di preoccupazione spesso per gli agricoltori, sia quando carente che quando in eccesso, costituisce spesso un connubio unico con il suolo nei campi agricoli. Tra le maggiori raccomandazioni rappresentate nelle linee guida per il razionale impiego dei fattori della produzione agricola si suggerisce: di quantificare il reale fabbisogno irriguo della coltura, di effettuare piani irrigui in base alle disponibilità dei territori (vocazionalità), misurare i reali volumi irrigui, impiegare metodi irrigui ad alta efficienza, adottare interventi per la captazione e l'utilizzo dell'acqua piovana, favorire il contenuto di sostanza organica nel suolo, agevolare l'uso di acque reflue depurate, irrigare nei momenti idonei.

L'inquinamento del suolo è una delle minacce più insidiose nei paesi sviluppati, spesso il suolo è stato considerato un depuratore naturale ed è divenuto il terminale di smaltimento di molte sostanze tossiche. Un suolo e gli organismi che lo popolano possono non sopravvivere a determinati livelli di inquinamento e la bonifica dei siti inquinati oltre ad essere costosa spesso non può restituire all'ecosistema suolo i servizi resi alla collettività. In campo agricolo bisogna fare estrema attenzione a: concimare secondo i piani di utilizzazione agronomica, praticare la difesa fitosanitaria come indicato in precedenza, utilizzare solo biomasse organiche e di origine certa, caratterizzare l'acqua di irrigazione, non bruciare i residui di coltivazione, praticare la pacciamatura con materiali biodegradabili.

Anche il suolo agricolo produttivo può divenire impermeabilizzato per le necessità produttive. Occorre sempre ricordare che attuare la prevenzione dell'impermeabilizzazione è la regola fondamentale, anche quando si costruiscono manufatti indispensabili per l'attività agricola. Dove possibile è opportuno valutare alternative di riuso di altri manufatti oppure privilegiare opzioni di minima perturbazione delle funzioni ecosistemiche del suolo. Le buone pratiche contro il consumo di suolo rivolte agli agricoltori in sintesi sono: metter in campo azioni di contrasto al consumo di suolo, contestualmente favorire funzioni ecosistemiche del suolo (produzione agricola, sequestro del carbonio, biodiversità etc.) che ne incrementano il valore economico. Favorire il riuso dei fabbricati e dei manufatti agricoli, adottare tecniche di bioedilizia, promuovere convenzioni ed accordi tra enti locali ed agricoltori nell'ambito della multifunzionalità, mantenere parcelle di terreno nell'impianto di serre, privilegiare l'impianto di pannelli fotovoltaici sugli edifici ed utilizzare aree dismesse nella realizzazione di nuovi impianti, realizzando siepi o alberature per attenuare l'impatto visivo e il paesaggio.

L'azienda zootecnica nel panorama più ampio agricolo costituisce la principale fonte di gas climalteranti (ossidi di azoto e metano) sia per le emissioni da parte degli animali che per le loro deiezioni. Va precisato che ci sono diversità sostanziali tra i diversi tipi di imprese in rapporto agli impatti più importanti sul clima. Relativamente ai casi più incisivi, le buone pratiche che vanno prese in considerazione riguardano: la scelta di soluzioni strutturali per ridurre la superficie interessata dagli effluenti, l'uso della paglia per la lettiera degli animali, una corretta alimentazione bilanciata per gli animali, la gestione efficace dello stoccaggio degli effluenti, lo stoccaggio delle deiezioni solide essiccate in capannoni, la trasformazione in biogas e digestato, il compostaggio degli effluenti, la sperimentazione dell'uso di inibitori della nitrificazione.

I danni causati dagli incendi sono in costante aumento nelle aree mediterranee; complici i cambiamenti climatici e l'abbandono agricolo, in vaste aree gli incendi hanno già causato enormi danni all'ambiente. Sul suolo i danni sono molteplici e spesso possono comportare la perdita di molti servizi resi dai suoli. Il ripristino spesso è lungo e non sempre scevro di rischi. Le cause degli incendi sono nella maggioranza dei casi di origine antropica. In agricoltura molto si può fare per prevenire gli incendi iniziando dal considerare i residui vegetali come sottoprodotti da reimpiegare. Gli utilizzi sono molteplici, dal reimpiego agronomico a seconda delle possibilità delle singole aziende o di loro raggruppamenti, si possono inoltre valutare anche l'utilizzo come biomassa a fini energetici oppure il conferimento per fini produttivi industriali

alternativi (cosiddetta chimica verde). Qualora nessuna di queste opzioni sia perseguibile i residui possono essere considerati rifiuti e conferiti al gestore. Anche la bruciatura resta possibile, alle condizioni previste dalle norme generali e disciplinate dalle autorità locali. Si tratta tuttavia di una pratica deleteria per il suolo e la circolarità dei nutrienti, oltre che per i rischi di incendi, l'inquinamento atmosferico e l'aumentata suscettibilità all'erosione, richiede di essere superata e ovunque abbandonata a favore di tecniche che portino alla reintegrazione nel suolo, con le modalità più adeguate, dei residui colturali con il loro carico di sostanza organica.

Tra le buone pratiche idonee a prevenire gli incendi in azienda è possibile applicare: il presidio costante del territorio, la creazione di interruzioni perimetrali dei campi e zone lavorate nelle vicinanze di fabbricati, la bruciatura dei residui solo in spazi vuoti e puliti da vegetazione, la creazione di piccoli invasi collinari o laghetti, anche condivisi tra agricoltori, con funzione plurima.

I contenuti delle linee Guida della FAO, rappresentano, come abbiamo potuto sottolineare, un vero punto di riferimento per il settore agricolo che persegue una vera sostenibilità del processo produttivo da un punto di vista ambientale. La diffusione di tecniche, esperienze ed approcci metodologici, appare uno dei grandi obiettivi anche delle Organizzazioni Professionali Agricole. L'agricoltura professionale è sempre più attenta alla dinamica della sostenibilità ovviamente economica ma anche e fortemente attenta alle esigenze ambientali. Le tecnologie oggi consentono di prefigurare un modello produttivo agricolo che sia in equilibrio, capace di trovare spazi funzionali a tecniche e metodiche che vedono il suolo come un bene fondamentale per garantire un futuro.

4 UNA NUOVA STRATEGIA NAZIONALE PER UN USO SOSTENIBILE DEL SUOLO

4.1 Gli impegni internazionali ed europei: PAC, il New green deal, nuova Strategia Tematica

A livello europeo, quasi il 20% della superficie subisce perdite di suolo superiori a 10 tonnellate per ettaro all'anno. Tenendo conto del basso tasso di formazione del suolo, perdite superiori a 1 tonnellata per ettaro all'anno possono comportare una perdita irreversibile della risorsa (González-Sánchez et al, 2017). I suoli europei

stanno affrontando una serie di sfide, tra cui l'erosione, il degrado e la desertificazione, nonché la perdita della sostanza organica e della biodiversità. In questo contesto, l'agricoltura è strettamente legata alla salute del suolo poiché i terreni agricoli rappresentano circa il 50% della superficie dell'UE.

Molti dei problemi che minacciano la salute del suolo sono legati alle pratiche agricole e alla pressione per soddisfare la crescente domanda di cibo. Tra questi ricordiamo ad esempio:

1. degradazione del suolo, causato da pratiche agronomiche intensive e non adeguate;
2. compattazione del suolo, causato dall'uso di macchinari pesanti;
3. danni alla biodiversità causati dalle monocolture e da altre pratiche di uso e gestione del suolo;
4. inquinamento da sostanze chimiche (es. pesticidi, metalli pesanti, prodotti farmaceutici, plastica, ecc.);
5. abbandono delle terre.

Per affrontare queste sfide, è essenziale attuare nuove strategie per garantire che l'agricoltura sia in linea con le politiche di protezione e gestione sostenibile del suolo e del territorio, come stabilito dall'attuale strategia tematica per il suolo (https://ec.europa.eu/environment/soil/soil_policy_en.htm), dalla politica agricola comune (PAC) e dal Green Deal europeo (https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it), al fine di garantire che l'agricoltura sia in linea con le politiche di protezione del suolo dell'UE.

Nello specifico, la Strategia europea per la biodiversità presentata a maggio 2020 dalla Commissione UE, insieme al piano "Farm to Fork" e alla legge europea sul clima, rientra nel quadro generale del "Green Deal" che nelle intenzioni dell'attuale Commissione Europea rappresenta il più grande e ambizioso sforzo a livello europeo verso una transizione verde sostenibile.

Una migliore gestione del suolo si pone come elemento trasversale nelle varie strategie essendo un elemento di fondamentale importanza da un punto di vista ambientale (EU Biodiversity Strategy for 2030), agricolo (Farm To Fork) e climatico (European Climate Law). In tutti i documenti viene sottolineata la necessità di avere suoli di buona qualità ponendo una serie di obiettivi da raggiungere entro il 2030: riduzione dei pesticidi e dell'eccesso dei nutrienti del 50%, riduzione dei fertilizzanti

del 20%, aumento dell'agricoltura biologica del 25%, miglioramento dei paesaggi, aumento del 30% di aree protette e tutela delle aree umide, fondamentali nell'immagazzinamento della sostanza organica e nei delicati equilibri che regolano la produzioni di gas climalteranti. È chiaro che in questo contesto appare fondamentale avere un sistema funzionale di monitoraggio del carbonio organico dei suoli da attuarsi individuando dei siti di riferimento caratterizzati da lunghe serie storiche di misurazioni, l'allineamento delle reti esistenti a livello europeo (LUCAS) con le banche dati regionali/locali e l'utilizzo dei dati provenienti da fonti satellitari (programma Copernicus, missione PRISMA, etc.).

Nella nuova strategia tematica recentemente pubblicata i suoli vengono definiti come un "tappeto magico di pochi centimetri" e per la loro tutela e conservazione vengono confermati una serie di obiettivi da raggiungere nel breve (2030) e nel lungo termine (2050). Oltre a ribadire la protezione di suoli organici (tutela di aree umide e torbiere), la conservazione del carbonio nei suoli agricoli (promozione di sistemi agroforestali e pratiche agro-ecologiche), il riutilizzo di terre e rocce da scavo (limitazione di nuovo consumo di suolo che incentiva allo tempo stesso l'economia circolare) e la riduzione del rischio di contaminazione dei suoli, la Commissione ha indicato la fine del 2023 come data ultima per adottare una normativa che tuteli la salute del suolo ("healthy soils"). A metà 2024 ci saranno le nuove elezioni europee con l'insediamento di una nuova Commissione, c'è bisogno quindi di uno sforzo affinché la deadline venga mantenuta e si arrivi ad una nuova direttiva da adottare nei tempi previsti.

4.2 Le politiche nazionali: il consumo di suolo e il nuovo PNRR

La necessità di un quadro di politiche e di riferimenti legislativi, a livello nazionale oltre che europeo, è oggi resa ancora più impellente nella fase di fuoriuscita dalla crisi pandemica. È già chiaro che il post-pandemia si sta caricando di aspettative di ripresa economica che, in assenza di una attenta regia e di un quadro di certezze normative, espongono a rischio di fenomeni speculativi, di cui il suolo potrebbe fare le spese. È anche evidente che i soggetti istituzionali che saranno maggiormente in difficoltà ad arginare tali aspettative saranno proprio gli enti territoriali, sempre più in carenza di risorse per affrontare la crescente domanda di servizi e di funzioni, ed

abituati - da un quadro di regole urbanistiche distorte - ad usare il territorio come risorsa 'a perdere' per alimentare i flussi di entrate locali. Preoccupa in particolare la dinamica dirompente del settore economico emergente della logistica industriale, che esprime una crescente domanda di suoli 'pronti all'uso' per insediare le proprie piastre produttive (e le connesse infrastrutture stradali) e che, proprio a causa della mancanza di meccanismi sufficientemente fluidi di riutilizzo e reimmissione sul mercato di sedimi dismessi, finisce sistematicamente per rivolgere le proprie attenzioni al green field.

Il PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) elaborato dal Governo per sostenere la ripresa post pandemica, e approvato dalla Commissione Europea, contiene sicuramente, almeno a livello di auspici, indicazioni utili, tra cui il richiamo alla necessità di una legge sul suolo. Indicazioni che però rischiano, in assenza di un'azione politica mirata, di risultare inefficaci o tardive rispetto alle dinamiche che dovrebbero governare e che il PNRR stesso con le proprie iniezioni finanziarie alimenterà in misura determinante.

La prima proposta di legge per la protezione del suolo è del 2006 e coincide con l'approvazione della prima strategia tematica europea per il suolo. Risale invece al 2012 il disegno di legge "valorizzazione delle aree agricole e contenimento del consumo di suolo"⁷ presentato dall'allora l'allora Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali in occasione dell'evento "Costruire il futuro: difendere l'agricoltura dalla cementificazione"⁸; la proposta non fu approvata e non divenne legge dello Stato a causa della fine anticipata della Legislatura.

Un nuovo disegno di legge di iniziativa governativa fu presentato nel 2014 e, dopo oltre due anni di discussione, approvato alla Camera il 12 maggio 2016. Forti critiche arrivarono, tuttavia, al testo finale che, a detta di molti, risultava poco efficace e non in grado di assicurare un reale contenimento del consumo di suolo a causa delle numerose deroghe previste, della complessa procedura di definizione dei limiti e del fatto che non erano stabilite le percentuali di riduzione da raggiungere nel corso degli anni fino al 2050. Rimanevano, inoltre, disattese molte aspettative legate alle esigenze di rilancio dell'attività edilizia verso una strategia di riqualificazione dell'esistente, così come quelle di rigenerazione di tessuti urbani finalizzata al miglioramento della qualità della vita dei cittadini, al miglioramento dell'ambiente e

⁷ AS 3601 dell'11 dicembre 2012.

⁸ <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/8850>

del paesaggio urbano e suburbano, al recupero di funzioni ecosistemiche e all'adattamento ai cambiamenti climatici. Anche sulla base dei dati contenuti negli ultimi rapporti ISPRA e delle considerazioni legate ai riconosciuti limiti della legge, le Commissioni riunite Territorio e Ambiente e Agricoltura del Senato, tra il 2016 e il 2017, a seguito di un approfondito ciclo di audizioni, arrivavano alla revisione significativa di alcuni articoli del testo di legge e all'introduzione di importanti elementi innovativi in grado di rendere più efficace la norma, con particolare riferimento al sistema delle definizioni, adeguate a quelle comunitarie e internazionali, all'individuazione, all'attuazione e al monitoraggio dei limiti progressivi al consumo di suolo, al riuso e alla rigenerazione urbana, alla tutela delle aree verdi in ambito urbano. In particolare, il testo prevedeva una riduzione progressiva del consumo di suolo almeno pari al 15 per cento ogni tre anni. Anche in questo caso, però, la fine della legislatura non consentì di arrivare all'approvazione finale.

Manca ancora oggi, quindi, nel nostro Paese, una legge fondamentale per la tutela dell'ambiente, del territorio e del paesaggio, indispensabile anche per assicurare un futuro adeguato ai cittadini di oggi e di domani, in un'ottica di sviluppo sostenibile dell'uso del suolo e di aumento della resilienza delle aree urbane di fronte a vecchie e nuove sfide, dovute sia alla nota fragilità del nostro territorio, sia alla necessità di adattamento ai cambiamenti climatici in atto⁹.

Nell'ultima legislatura sono state presentate diverse proposte di legge che, in parte, riprendono e aggiornano il testo precedente mentre altre, come nel caso dell'AC 63 "Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e per il riuso dei suoli edificati", si riferiscono a una proposta d'iniziativa popolare presentata dal Forum Salviamo il Paesaggio nel 2018 e che si prefigge di arrestare da subito il consumo di suolo tutelando i suoli liberi, compresi quelli all'interno delle aree già urbanizzate, e riutilizzando il patrimonio edilizio esistente.

Anche nel testo inviato recentemente al Parlamento relativo al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), l'attuale Governo si impegna ad approvare una legge sul consumo di suolo, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana e limitazione del consumo dello stesso, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola.

⁹ Come, del resto, ribadito anche dalla Corte dei Conti con la deliberazione del 31 ottobre 2019, n. 17/2019/G in cui si ribadisce che il consumo di suolo contribuisce a rendere sempre più fragile il nostro Paese e a esporlo a una spesa pubblica crescente.

A livello nazionale si sta sviluppando il Piano strategico Space Economy, che nasce dai lavori della Cabina di Regia Spazio, l'iniziativa promossa dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri per la definizione della politica nazionale nel settore spaziale, e che vuole consentire all'Italia di trasformare il settore spaziale in uno dei motori propulsori della nuova crescita del Paese, attraverso l'integrazione delle politiche di sviluppo dei territori con la politica spaziale. Il sistema, attraverso la realizzazione di infrastrutture/sistemi innovativi abilitanti e la creazione di strutture operative nazionali, sarà basato su piattaforme Big Data di archiviazione, elaborazione e integrazione dei dati satellitari con altri dati osservativi e di previsione da modelli, in grado di abbattere le barriere di accesso alle informazioni utili per la fornitura di servizi su misura, per utenti istituzionali e privati. Moltissime le applicazioni che possono essere abilitate da tali piattaforme, come l'Infrastruttura Operativa Nazionale per il monitoraggio dell'ambiente a supporto del SNPA con alcuni servizi operativi relativi al monitoraggio del territorio e delle principali risorse ambientali, quali gestione della resilienza dell'ambiente costruito, sorveglianza marittima, nowcasting (previsione meteo marina a breve termine), agricoltura di precisione e suoi impatti sul territorio e sul suolo.

Il significato del suolo all'interno del PNRR merita un approfondimento, sia per l'innovatività dello strumento economico, sia per la sua inedita dimensione economica, che si motiva con l'esigenza di reagire agli effetti gravi sull'economia e sulla società di una prolungata recessione legata alla pandemia, e che ha l'ambizione di tracciare un sentiero di sviluppo secondo i sei pilastri previsti dal regolamento europeo del Dispositivo di Ripresa e Resilienza:

- Transizione verde
- Trasformazione digitale
- Crescita intelligente, sostenibile e inclusiva
- Coesione sociale e territoriale
- Salute e resilienza economica, sociale e istituzionale
- Politiche per le nuove generazioni, l'infanzia e i giovani

Il pilastro della transizione verde, che discende direttamente dal Green Deal europeo, ha una rilevante dotazione economica (il 37% delle risorse), ed inoltre tutte le azioni sviluppate dal PNRR devono rispondere al principio generale di 'non creare danno' significativo all'ambiente. Con queste premesse ci si può aspettare che nel PNRR il suolo occupi uno spazio adeguato, ma si tratta di uno spazio in cui, a quelle che al momento appaiono come importanti dichiarazioni di principio (a partire dalla

necessità di dotarsi di una disciplina nazionale sul suolo), si affiancano elementi di incognita e potenziali insidie: in definitiva, il suolo è la piattaforma su cui poggiano tutte le infrastrutture di sviluppo, ma anche la superficie dura su cui si schiantano i migliori propositi, se non sorretti da lungimiranti pianificazioni. Considerato il volume economico inedito che il PNRR mette in gioco, è chiaro che i rischi per il suolo saranno tanto maggiori quanto meno efficiente ed efficace sarà l'allocazione di risorse secondo trasparenti e riconosciute priorità di investimento

Il suolo viene richiamato nel capitolo sulla transizione ecologica, rilevando che il suo stato di contaminazione, unitamente a quello di acqua e aria, costituisca una fonte primaria di preoccupazione, riferita in particolare al bacino della Pianura Padana, in cui alle fonti storiche di contaminazione, puntiformi o diffuse, si aggiunge quella associata alle immissioni di inquinanti e di nutrienti in eccesso attribuibili all'agricoltura e alla zootecnia intensive: le misure per agricoltura ed economia circolare prevedono destinazioni di risorse per 5,27 G€. Purtroppo però in questo ambito gli investimenti appaiono circoscritti all'introduzione di nuovi macchinari e tecniche orientate all'agricoltura di precisione, in continuità con l'evoluzione contemporanea del paradigma agro-industriale: il termine agroecologia resta estraneo al vocabolario del PNRR. Il suolo è anche substrato implicito dei due grandi capitoli che racchiudono complessivamente oltre un quarto del budget del PNRR, poco meno di 50 G€: le misure per la transizione energetica e la mobilità sostenibile, includendo per intero il pilastro sulle infrastrutture per la mobilità (inclusivo di reti ferroviarie ad alta velocità/capacità, strade sicure e logistica integrata). Implicazioni rilevanti per il suolo derivano anche dalle misure per la tutela del territorio e della risorsa idrica (15,06 G€), e da quelle per efficienza energetica e riqualificazione degli edifici (15,36 G€), da cui ci si aspetta una formidabile spinta alla ripresa del settore edilizio, auspicabilmente sul comparto della riqualificazione e rigenerazione urbana, ma anche con rilevanti problematiche per quanto riguarda il tema dell'estrazione di materie prime e il riciclaggio e riuso di terre di scavo e materiali di demolizione. Il contenimento del consumo di suolo, in riferimento alla protezione del paesaggio, è richiamato anche come approccio da garantire nelle misure relative a 'turismo e cultura 4.0' (dotazioni per 6,68 G€).

Venendo alle misure specifiche, le politiche energetiche tratteggiate dal PNRR determinano una domanda importante di suolo e di superfici, e la domanda da porsi è quella relativa a come soddisfarla.

È chiaro che il raggiungimento di obiettivi alti di produzione di energie da fonti rinnovabili non può che poggiare sulla risorsa più disponibile ed economicamente accessibile in Italia, ovvero il solare, e pare inevitabile che gran parte del potenziale produttivo fotovoltaico finisca con l'atterrare su suoli liberi, per superfici importanti. Il discrimine risiede nelle modalità con cui si realizzeranno gli impianti fotovoltaici al suolo. Se, come avvenuto nel recente passato, si opterà per installazioni 'intensive' che precludano ogni altro uso del suolo, a partire da quello agricolo, una crescita di consumo di suolo nell'ordine delle centinaia di chilometri quadrati, costituito soprattutto da grandi installazioni (utility scale) sarà il portato inevitabile. Se viceversa verranno definite modalità installative che, per densità e gestione dei terreni sottostanti, consentano la coesistenza tra produzione energetica e uso agricolo (modello agrivoltaico) sulle medesime parcelle coltivate, ciò potrebbe tradursi in un beneficio reciproco per le due attività, specialmente al sud, nelle aree a clima più arido, con forte o perfino completa attenuazione degli impatti sul suolo. Al momento però manca in Italia una regolamentazione e una definizione di quali siano i requisiti di accettabilità ambientale e agronomica su cui dimensionare un'installazione solare al suolo affinché possa definirsi 'agrivoltaica': modalità a cui il PNRR destina risorse per investimenti pari a 1,04 G€, con una aspettativa di produzione elettrica modesta, 1,3 TWh, ovvero il 5% del fotovoltaico attualmente installato, lasciando dunque intendere che gran parte del potenziale produttivo fotovoltaico verrà realizzata con impianti che non prevedono la convivenza con l'agricoltura.

La questione rimane comunque estremamente delicata: gli oltre 5.000 ettari previsti nel PNRR da destinare all'agrovoltaico senza una pianificazione adeguata rischiano di rilevarsi un danno enorme per il settore agricolo che potrebbe essere letteralmente soppiantato da quello energetico. Se non verranno ben definiti i meccanismi pubblici incentivanti, le aziende agricole si potrebbero trovare nella condizione di trarre enormi profitti dall'affitto dei propri terreni che perderebbero così la loro funzione di produrre cibo.

In quest'ottica sarebbe auspicabile l'utilizzo in forma prioritaria, se non esclusiva, delle numerose superfici già degradate del nostro territorio (aree industriali dismesse, o aree già impermeabilizzate quali parcheggi, pensiline, tetti di edifici, etc.) rigenerando e recuperando spazi urbani e limitando il consumo di qualsiasi suolo libero a tutela della sostenibilità ambientale. Una buona parte dei tetti degli edifici esistenti, gli ampi piazzali associati a parcheggi o ad aree produttive e commerciali, alcune infrastrutture, le aree dismesse o i siti contaminati, rappresentano esempi

evidenti di come la produzione di energia da fonti rinnovabili sarebbe facilmente coniugabile con la transizione energetica, con la tutela del suolo, dei servizi ecosistemici e del paesaggio, in prospettiva di una vera transizione ecologica che non tenga in considerazione solo alcuni obiettivi specifici spostando l'impatto su altre risorse. Solo i tetti degli edifici esistenti (circa 3.500 km² in Italia al di fuori delle aree urbane centrali), secondo le ultime stime di ISPRA, sarebbero in grado di ospitare pannelli fotovoltaici per superfici comprese tra i 700 e i 900 km², considerando le aree effettivamente disponibili all'installazione di nuovi impianti ed escludendo, quindi, le aree non utilizzabili e assicurando le distanze necessarie alla manutenzione, con una potenza variabile dai 66 agli 86 GW che sarebbe possibile installare su fabbricati esistenti (Munafò, 2021). A questa potenza si potrebbe aggiungere quella installabile in aree di parcheggio, in corrispondenza di alcune infrastrutture, in aree dismesse o in altre aree impermeabilizzate, senza aumentare il consumo di suolo.

Per quanto riguarda i biocombustibili, e in particolare il biogas, se esistono sicuramente importanti margini di valorizzazione per la produzione di biometano dalla valorizzazione circolare di matrici di scarto, liquami e sottoprodotti, occorre ancora confrontarsi con le problematiche aperte dalla prima generazione di installazioni per la generazione di biogas, che risultano tutt'ora alimentate in gran parte da biomasse agricole - in particolare mais, sorgo, triticale e altri cereali - per la cui produzione sono state convertite importanti superfici da produzioni agroalimentari a colture energetiche, incidendo soprattutto sulla dipendenza nazionale dall'importazione di materie prime mangimistiche, con rilevanti implicazioni sul degrado del suolo agricolo, sia a livello domestico che nei Paesi (Sud America ed Est Europa prevalentemente) da cui queste stesse materie prime vengono importate. Altro aspetto problematico è il futuro incerto delle centinaia di installazioni a biogas 'di prima generazione' alla scadenza del regime incentivante (prevista per il 2026-2027). Se da un lato questa scadenza dovrebbe porre fine alle coltivazioni energetiche dedicate e di primo raccolto, per il venir meno delle condizioni di redditività economica, d'altro canto appare improbabile che gli impianti possano tutti riconvertirsi ad installazioni per la produzione di biometano: è verosimile una stagione di dismissioni, in condizioni di difficile recuperabilità delle aree interessate dai sedimi impiantistici. Questa problematica è presente nel PNRR, che destina al biometano investimenti per 1,92 G€ (inclusi investimenti in pratiche atte a migliorare l'impiego di digestati in agricoltura al fine di migliorare il contenuto

di sostanza organica dei suoli) e prevede iniziative regolamentative per agevolare la conversione di vecchi impianti a biogas in nuove installazioni a biometano.

Sul versante della decarbonizzazione energetica, è invece presumibile la dismissione o riconversione di importanti complessi industriali attualmente interessati da centrali generative, impianti di raffinazione e altre infrastrutture connesse alle filiere delle fonti fossili; si tratta di aree che portano con sé un'eredità di compromissione dei suoli e sottosuoli non semplice da rimediare.

Il PNRR appare abbastanza robusto sugli investimenti per prevenire gli effetti del cambiamento climatico sul dissesto idrogeologico, voce che assomma ad oltre metà delle previsioni di investimento (aggregando però anche le azioni per l'efficienza energetica nei comuni) della misura relativa alla tutela del territorio e della risorsa idrica. Meno importanti, e sicuramente insufficienti al bisogno, appaiono invece le somme destinate alla bonifica dei siti orfani e al verde urbano ed extraurbano. Uno specifico progetto di 'restoration ecology' è poi previsto per l'asta del Po, finalizzato a recuperare la naturalità fluviale attraverso importanti escavazioni e rimodellazioni dell'alveo.

La rigenerazione urbana è protagonista indiscussa della misura relativa a 'infrastrutture sociali, famiglie e terzo settore', assorbendo oltre l'80% degli 11 G€ di investimenti appostati su questa misura. Il richiamo alla riduzione o al non consumo di suolo è ben presente nelle voci di investimento, che si prefiggono soprattutto di far fronte alla necessità di qualificare le funzioni sociali e residenziali, per il soddisfacimento di bisogni legati alla lotta alle povertà e alle marginalità sociali, da perseguire programmaticamente non attraverso l'espansione periferica ma con interventi sulla città costruita. Di sicuro in assenza di una legge quadro nazionale che introduca principi chiari e regole vincolanti per fermare il consumo di suolo, il rischio è che interpretazioni o deviazioni dalle indicazioni del PNRR su questa materia diventino, di fatto, la norma.

5 BIBLIOGRAFIA

Arcidiacono A., Canedoli C., di Martino V., Ronchi S., Assennato F., Munafò M., Di Simine D., Brenna S. (a cura di), 2021. Linee guida volontarie per l'uso sostenibile del suolo per i professionisti dell'area tecnica. Indirizzi per la tutela del suolo dai processi di impermeabilizzazione e dalla perdita di materia organica. INU Edizioni, Roma. ISBN: 978-88-7603-216-5 (eBook)

Arcidiacono, A., Di Simine, D., Oliva, F., Ronchi, S., & Salata, S. (2016). Nuove sfide per il suolo. Rapporto CRCS 2016. Roma: INU Edizioni.

Assennato, F., Braca, G., Calzolari, C., Capriolo, A., Di Leginio, M., Giandon, P., Marchetti, M., Marino, D., Mascolo, R., Morri, E., Pettenella, D., Pileri, P., Sallustio, S., Salvati, L., Santolini, R., Soraci, M., Strollo, A., Terribile, F., Ungaro, F., Vinci, I., Munafò, M. (2018). Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, Retrieved from:

http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/copy_of_Annesso_metodologicoalRapportoServiziecosistemici_2018.pdf

Assennato F., Di Leginio M., d'Antona M., Marinosci I., Congedo L., Riitano N., Luise A., Munafò M. (2020), Land degradation assessment for sustainable soil management. Italian Journal of Agronomy 2020. 15:1770

Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2007). Impacts of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. Soil Science Society of America Journal. 71 (4), 1166-1173.

Boardman J., Foster I.D.L., Dearing J.A. 1996. Soil erosion on agricultural land. John Wiley and Sons Eds. 687 pp.

Bullock P., Gregory P.J. (eds.) 1991. Soils in the Urban Environment. Blackwell Scientific Publications, Oxford (UK).

Carbonell-Bojollo, R., González-Sánchez, E.J., Veroz-González, O., Ordóñez-Fernández, R. (2011). Soil management systems and short term CO₂ emissions in a clayey soil in southern Spain. Science of the Total Environment. 409, 2929-2935.

Consiglio d'Europa (1972) – Carta Europea del Suolo

Derpsch, R. (1998). Historical review of no-tillage cultivation of crops, in JIRCAS Working Rep. 13. Japan Int. Res. Ctr. for Agric. Sciences, Ibaraki, Japan, pp. 1-18.

EEA (2016), Report No 8/2016 - The direct and indirect impacts of EU policies on land.

EEA (2016b), Report No 11/2016 – Urban sprawl in Europe.

EEA (2017), Landscapes in transition. An account of 25 years of land cover change in Europe, EEA Report n. 10/2017, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2017b), Soil resource efficiency in urbanised areas. Analytical framework and implications for governance. Report n. 7/2016.

EEA (2017c), Landscape fragmentation indicator effective mesh density (Seff).

EEA (2018), Technical specifications for implementation of a new land-monitoring concept based on EAGLE. EEA/IDM/RO/17/003.

EEA (2019), Thematic Content and Definitions of EAGLE Model Elements.

EEA (2020), The European Environment, State and outlook - SOER 2020, chapter 5, Land and Soil <https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020>

European Conservation Agriculture Federation (ECAAF, 2017) - Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. ISBN: 978-84-697-4303-4

European Commission (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006.

European Commission (2011), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM (2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011.

European Commission (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101.

European Commission (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo.

European Commission (2013b). Building a Green Infrastructure for Europe. <https://doi.org/10.2779/54125>

European Commission (2014), Mapping and assessment of ecosystems and their services Indicators for ecosystem as-sessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 second Report – Final, February 2014.

European Commission (2016), Future Brief: No net land take by 2050? April 2016.

European Commission (2021), Strategia tematica per il suolo al 2030, COM(2021) 699 final. Brussels, 17.11.2021

FAO (2015), <http://www.fao.org/soils-2015/en/>

FAO and ITPS (2018), Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) Technical Report. Rome.

González-Sánchez, E.J., Ordóñez-Fernández, R., Carbonell-Bojollo, R., Veroz-González, O., Gil-Ribes, J.A. (2012). Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of Conservation Agriculture. *Soil and Tillage Research*, 122, pp. 52-60

Hartemink, A. E., Nortcliff, S., & Dent, D. L. (2008). Soil - The living skin of planet earth. ISRIC - World Soil Information/IUSS. <https://edepot.wur.nl/13639>

Khan S. (2013). Biostratigraphy and microfacies of the cretaceous sediments in the Indus Basin, Pakistan.

Lal, Rattan & Follett, Ronald & Stewart, BA & Kimble, J.. (2007). Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change and Advance Food Security. *Soil Science*. 172. 943-956. 10.1097/ss.0b013e31815cc49

Lehmann A, David S., Stahr K. (2006), TUSEC (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions) a Method for the Assessment of Natural and Anthropogenic Soils - Pedological Manual. Contribution to Work Package 7 "Soil Evaluation", for the project TUSEC-IP prepared within the framework of the EU INTERREG III B Community Initiative Alpine Space, (Coordination Work Package 7: University of Hohenheim), Hohenheim.

Li, J., & Heap, A. D. (2011). A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. *Ecological Informatics*, 6(3), 228–241. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.12.003>

Marson, F.M. Arosio, L. Costanzo, A. Ferrara, I. Marinosci, M. Munafò, S. Pranzo (2017), Il paesaggio italiano nelle statistiche ufficiali. In: Rapporto sullo Stato delle Politiche per il Paesaggio, MiBACT, 2017. 47 – 77

MATTM (2017) - <https://www.mite.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>

Munafò, M. (a cura di), 2021. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021. Report SNPA 22/21

Munafò M., Marinosci I. (a cura di) (2018), Territorio, Processi e trasformazioni in Italia. ISPRA, Rapporti 296/2018

Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C. (2015) The new assessment of soil loss by water erosion in Europe, Environmental Science & Policy, Volume 54, 2015, Pages 438-447, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>.

Pileri P. (2017), Il suolo sopra tutto. Cercasi «terreno comune»: dialogo tra un sindaco e un urbanista, Altreconomia, Milano

Pileri P. (2018), 100 parole per salvare il suolo: piccolo dizionario urbanistico-italiano, Altreconomia, Milano

Pisante M., Stagnari F., Acutis M., Bindi M., Brilli L., Di Stefano V., Carozzi M. (2015). Conservation Agriculture and climate change (Chap.22: 579-620). In: Farooq, M., Siddique, K.H.M. (eds.), Conservation Agriculture, DOI 10.1007/978-3-319-11620-4_22

Progetto HelpSoil (2014) – Linee Guida per l'applicazione e la diffusione dell'Agricoltura Conservativa

Progetto SOS4LIFE (2018) - Valutazione dei servizi ecosistemici e stima degli impatti economici e ambientali conseguenti al consumo e all'impermeabilizzazione dei suoli nei comuni di Forlì, Carpi e S. Lazzaro di Savena. Report di progetto

Ronchi, S. (2017). La progettazione di infrastrutture verdi e blu per il mantenimento dei servizi ecosistemici. In Urbanistica Informazioni (Vol. 273–274, pp. 65–66). INU Edizioni.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. doi:10.1038/nature01014

USDA-NRCS Soil Survey Staff – United States Department of Agriculture, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, 2nd ed. Agriculture Handbook n. 436, USDA, Natural Resources Conservation Service, NY. 870 pp.

UN (2015), *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, A/RES/70/1, United Nations.

UNCCD (2017), *Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area*, https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-10/Good%20Practice%20Guidance_SDG%20Indicator%2015.3.1_Version%201.0.

Valera-Hernández F., Rey-Zamora, P.J., Sánchez-Lafuente, A.M., Alcántara-Gómez, J.M. (1997). Efecto de los sistemas de laboreo sobre las aves, in: García-Torres, L., González- Fernández, P. (Eds.), *Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos*. Asociación Española Laboreo de Conservación/Suelos Vivos, Córdoba, pp. 225-242