

Interreg
Alpine Space



I SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO NELLE ALPI | UNA GUIDA PRATICA



I Servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi

Una guida pratica



I Servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi

Una guida pratica

A circular logo consisting of two concentric white circles on a dark brown background. The text "Caring for Soils" is written in the upper half and "- Where Our Roots Grow" in the lower half, both in white.

Caring for Soils
- Where Our Roots Grow

Lo sapevate?

- Il suolo svolge un ruolo attivo nel ciclo dei nutrienti, contribuendo a renderli disponibili per le piante e gli altri organismi viventi.
- Una manciata di suolo contiene miliardi di organismi viventi.
- Secondo una stima della FAO, il 33% dei suoli del mondo è degradato a causa di acidificazione, compattazione, salinizzazione, inquinamento e perdita di nutrienti.
- Il suolo è considerato una risorsa naturale non rinnovabile, poiché si forma in tempi molto lunghi, nell'ordine delle migliaia di anni per qualche cm di spessore.

Ringraziamenti

Questa pubblicazione è stata finanziata dal progetto Interreg IIB Spazio alpino Links4Soils. Gli Autori ringraziano il Programma Spazio Alpino per il supporto e l'assistenza durante le varie fasi del progetto. Un ringraziamento speciale a Jean-Baptiste Barré, Ludwig Pertl, Emanuele Pintaldi, Aleš Poljanec, Nicola Colombo, Davide Viglietti, Csila Hudek, Thomas Peham per il loro contributo ed i preziosi suggerimenti.

Un ringraziamento particolare ai partner del progetto Links4Soils per tutto il lavoro svolto. Senza di loro, questo libro non sarebbe stato pubblicato.

Informazioni generali sulla pubblicazione

Editor: Borut Vrščaj (edizione in Inglese), Silvia Stanchi (edizione in Italiano)

Autori: Clemens Geitner, Michele Freppaz, Jurka Lesjak, Elisabeth Schaber, Silvia Stanchi, Michele D'Amico, Borut Vrščaj

Traduzione Inglese-Italiano: Silvia Stanchi

Contributi:

Logo design: GeaArt d.o.o.

Graphic design and DTP: Lirion

Production: GeaArt d.o.o.

Publisher: Università degli Studi di Torino, 2020

ISBN 978-88-99108-18-2

www.alpinesoils.eu

Premessa

La Convenzione delle Alpi, primo trattato internazionale sullo sviluppo e la protezione transfrontaliera della catena alpina, è stata sottoscritta da Austria, Francia, Germania, Italia, Liechtenstein, Slovenia e Principato di Monaco, e dall'Unione Europea, diventando effettiva nel 1995. I Paesi membri si sono impegnati a mettere in atto misure per ridurre i danni sia qualitativi che quantitativi al suolo, in particolare applicando pratiche agricole e forestali rispettose, a basso impatto, che minimizzino l'erosione e l'impermeabilizzazione.

Il Protocollo "Difesa del Suolo" della Convenzione delle Alpi definisce in dettaglio misure per l'estrazione sostenibile delle risorse minerarie, la conservazione dei suoli delle aree umide e delle torbiere, l'individuazione e corretta gestione delle aree a rischio di erosione, la limitazione dell'uso di sostanze potenzialmente inquinanti, la gestione degli impatti di turismo ed infrastrutture. Altri obiettivi specifici riguardano la ricerca, l'istruzione e divulgazione, il monitoraggio delle proprietà del suolo.

La XV Conferenza delle Alpi (Aprile 2019) ha evidenziato la necessità di maggiore cooperazione tra i Paesi contraenti, poiché le pressioni che minacciano i suoli delle Alpi sono in crescita, anche a causa dei cambiamenti climatici. Pertanto, è stato istituito un gruppo di lavoro sulla protezione del suolo, con lo scopo di: a) migliorare la collaborazione tra i Paesi aderenti alla Convenzione; b) sostenere l'implementazione del Protocollo "Difesa del Suolo", costituendo database armonizzati e stabilendo reti di monitoraggio permanente; c) approfondire aspetti qualitativi e quantitativi della conservazione del suolo; d) promuovere lo scambio di esperienze e la divulgazione.

Il Progetto Links4Soils e la presente pubblicazione sono un punto di partenza per una migliore conoscenza dei benefici che noi esseri umani possiamo ottenere dai suoli delle Alpi, attraverso una gestione accorta e sostenibile. In questo modo, il Progetto contribuirà ad implementare il Protocollo "Difesa del Suolo".

Alenka Smerkolj
Segretaria Generale della Convenzione delle Alpi

European Soil Partnership

Il suolo è una delle risorse naturali che rendono possibile la vita sulla Terra. A differenza di aria e acqua, il suolo è immobile, e su di esso sono tracciati i confini nazionali, ma le funzioni del suolo, come la produzione agricola, la regolazione del clima o del ciclo dell'acqua vanno al di là dei confini! Anche se la gestione e protezione del suolo continueranno ad essere gestite attraverso leggi e regolamenti nazionali, da circa 20 anni si sta facendo strada un concetto di gestione e protezione del suolo a livello internazionale. La Global Soil Partnership, istituita nel 2012 dalla FAO in risposta a questo impegno, ha lo scopo di facilitare e promuovere lo scambio di conoscenze e tecnologie per la conservazione di suoli "in buona salute". La European Soil Partnership (ESP), basata sull'adesione volontaria dei Paesi membri, è un'alleanza regionale che tiene conto delle priorità e specificità riscontrabili a livello europeo. Poiché l'Europa racchiude una grande varietà di condizioni ecologiche, ma anche numerose specificità culturali e locali, è importante istituire strutture a carattere sub-regionale quali l'Alpine Soil Partnership, per valorizzare le iniziative locali e collegarle a quelle più ampie. La regione alpina ha infatti caratteristiche molto tipiche a livello ecologico e socio-economico, e si trova a fronteggiare specifiche minacce quali i dissesti di versante e la degradazione del permafrost. I suoli, nella loro diversità, sono parte invisibile ma essenziale dei paesaggi delle Alpi: l'Alpine Soil Partnership si propone di agire in linea con la ESP (<http://www.fao.org/3/a-bs972e.pdf>), contribuendo al raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile ed assicurando uno sviluppo durevole e sostenibile nella regione alpina.

Elena Havlicek
Coordinatrice European Soil Partnership
Ufficio Federale per l'Ambiente, CH

Alpine Soil Partnership

L'Alpine Soil Partnership (AlpSP) è una iniziativa a supporto della protezione e gestione sostenibile del suolo nell'arco alpino, una regione geografica con caratteristiche uniche.

I principali obiettivi dell'AlpSP sono:

- collegare gli obiettivi della European Soil Partnership (ESP)/Global Soils Partnership (GSP) ai contesti regionali e locali in cui vengono prese le decisioni sulla gestione e protezione del suolo;
- implementare il Protocollo "Difesa del Suolo" della Convenzione delle Alpi (https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Convention/IT/Protocol_Soil_Concervation_IT.pdf).

Queste azioni sono necessarie poiché il suolo fornisce servizi essenziali per la società e gli ecosistemi, e la loro gestione è tema complesso, interdisciplinare e di grande rilievo per professionisti di numerosi settori, nonché per i pianificatori e per la comunità scientifica. Inoltre, i suoli delle Alpi sono particolarmente vulnerabili e si formano molto lentamente, per cui sono a tutti gli effetti una risorsa non rinnovabile.

L'AlpSP è stata istituita a Grenoble con la firma di un Protocollo di Intesa nel marzo 2018. Da allora, si è allargata, a partire dai partner del Progetto Links4Soils. Attualmente include anche numerosi Enti ed Istituzioni, nonché cittadini.

Le attività in programma si concentreranno su questi cinque aspetti fondamentali:

- gestione sostenibile del suolo
- consapevolezza del suolo, formazione e didattica
- informazione e ricerca sul suolo
- cooperazione regionale
- armonizzazione di dati e metodi.

Oltre ai temi tipici della regione di appartenenza, l'AlpSP si propone di agire in stretto collegamento con la European Soil Partnership e la FAO-Mountain Partnership, collegandosi con altri Enti ed Istituzioni (es. European Land and Soil Alliance), promuovendo così nuove adesioni.

Per saperne di più: <https://alpinoils.eu/>

Thomas Peham
Parlamento Regionale del Tirolo

Il progetto Links4Soils

Introduzione

Gli ecosistemi delle Alpi sono soggetti a crescenti pressioni dovute alle attività antropiche ed ai cambiamenti climatici in atto. Il suolo è una risorsa fondamentale per gli ecosistemi, specialmente nella regione alpina, che è molto vulnerabile ai disturbi esterni. Attraverso l'uso sostenibile e la protezione del suolo, le popolazioni dell'arco alpino possono contribuire a migliorare il funzionamento e la resilienza dei servizi ecosistemici, a conservare le risorse naturali e la biodiversità e, così facendo, assicurare il benessere umano.

La protezione del suolo nelle Alpi ha avuto inizio con il Protocollo “Difesa del Suolo” della Convenzione delle Alpi (www.alpconv.org), che ha lo scopo di mantenere efficiente il suolo in modo sostenibile, assicurandone la funzione produttiva, di archivio della storia naturale e culturale, e garantendone l’utilizzo agricolo e forestale, ma anche turistico e abitativo, e tutti gli altri utilizzi economici. Purtroppo il Protocollo, ad oggi, non è ancora adeguatamente implementato.

Obiettivi

Il progetto Links4Soils si propone di superare alcuni ostacoli che tuttora impediscono un’adeguata protezione e gestione del suolo nelle Alpi. Ha come obiettivo la divulgazione della scienza del suolo al grande pubblico, la raccolta di dati, informazioni e conoscenze, il miglioramento generale della consapevolezza sul suolo ed i servizi ecosistemici da esso forniti.

Alcuni dei risultati sono già disponibili on-line sulla Piattaforma dei Suoli Alpini (<https://alpinesoils.eu>). Tra questi, una raccolta di buone pratiche per la gestione sostenibile del suolo destinata a decisori ed amministratori dell’arco alpino, una raccolta di dati disponibili sui suoli delle Alpi, ed infine numerose informazioni a carattere divulgativo. Ci auspichiamo che i risultati possano aiutare lo sviluppo di strategie efficienti per la protezione del suolo a livello locale e regionale, nei diversi settori.

In questo modo, il progetto Links4Soil potrà contribuire all’implementazione del Protocollo “Difesa del Suolo” della Convenzione delle Alpi.

Borut Vrščaj
Agricultural Institute - Slovenia

Il suolo nella pianificazione territoriale nelle Alpi

Il suolo costituisce quel sottile strato – pochi centimetri - di superficie terrestre in cui la roccia, l’atmosfera e la vita biologica interagiscono per dare origine ad un sistema peculiare destinato a svolgere le funzioni fondamentali per assicurare la vita sulla Terra. Un punto di vista per leggere queste funzioni è quello dei servizi ecosistemici, ossia dei benefici che il suolo contribuisce a fornire all’uomo e alle sue attività.

Un suolo in equilibrio con l’insieme dei fattori che hanno contribuito a costituirlo – siano essi fisici, biologici, climatici - è un suolo in buona salute che può fornire al meglio i propri “servizi”, svolgendo efficacemente le quattro funzioni fondamentali (di supporto, regolazione, approvvigionamento e culturale) e contribuendo positivamente al benessere umano in armonia con gli ecosistemi terrestri.

La varietà dei suoli delle Alpi riflette quella dei substrati rocciosi e del rilievo delle nostre montagne, unita alla grande biodiversità, e contribuisce in modo determinante alla straordinaria ricchezza dei paesaggi alpini, siano essi riflesso di ambienti incontaminati, siano frutto del duro lavoro dei suoi abitanti.

Ne deriva con grande evidenza che conoscere per apprezzare e conseguentemente operare per conservare la ricchezza dei suoli alpini vuol dire assicurare equilibrio agli ecosistemi e forza ai paesaggi. Su queste basi e prendendo a riferimento la qualità dei servizi ecosistemici come chiave per costruire una proposta di governo del territorio dipende molto della qualità della vita degli abitanti della montagna.

Pare a questo punto evidente che trovare chiavi di lettura comuni, al di qua come al di là delle Alpi, per un governo del territorio che ponga come criterio di riferimento generale la conservazione del suolo, in termini quantitativi come qualitativi, è un passo necessario e improrogabile. La complessità del tema e il necessario approccio interdisciplinare sono una sfida che deve essere accettata da tutti gli attori della gestione del suolo – decisori politici, tecnici, ricercatori, divulgatori scientifici, abitanti e fruitori della montagna - con una energia nuova motivata dall’emergenza di far fronte ai crescenti problemi dell’abitare nella Alpi, da lungo tempo insediate ma il cui ambiente è sempre più minacciato dagli effetti del cambiamento climatico.

Il progetto Links4Soils ha risposto positivamente alla chiamata al coinvolgimento auspicato dal Protocollo “Difesa del Suolo” della Convenzione delle Alpi, affiancandosi in modo molto collaborativo all’operato del Gruppo di lavoro della stessa Convenzione delle Alpi sulla protezione dei suoli, attraverso la sua proposta di costruzione di una rete degli attori locali interessati alle politiche che ruotano attorno al tema suolo per lo scambio di informazioni e la condivisione dei criteri e delle modalità di intervento nonché con le iniziative di divulgazione della conoscenza dei suoli, come testimonia in modo rigoroso ed efficace questa utile guida alla conoscenza dei servizi ecosistemici del suolo.

Chantal Trèves
Regione autonoma Valle d’Aosta
Membro del Gruppo di Lavoro sulla
conservazione del suolo
della Convenzione delle Alpi

Indice

LO SAPEVATE?	3
RINGRAZIAMENTI	4
INFORMAZIONI GENERALI SULLA PUBBLICAZIONE	4
PREMESSA	5
LA EUROPEAN SOIL PARTNERSHIP	6
L'ALPINE SOIL PARTNERSHIP	6
IL PROGETTO LINKS4SOILS	7
Introduzione	7
Obiettivi	8
IL SUOLO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE NELLE ALPI	8
INDICE	10
FIGURE	12
IL SUOLO NELLE ALPI	15
LE MINACCE PER IL SUOLO NELLE ALPI	17
INTRODUZIONE AI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO	20
I SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO IN PRATICA	21
I SIMBOLI DEI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO	22
DESCRIZIONE DEI SIMBOLI DEI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO	23
Produzione agricola	23
Produzione di biomassa forestale	23
Ritenzione idrica	23
Regolazione del regime idrologico	23
Regolazione del microclima	24
Stoccaggio e sequestro di carbonio	24
Filtrazione e purificazione dell'acqua	24
Regolazione del ciclo dei nutrienti	24
Qualità degli habitat e biodiversità	25

Archivio naturale e culturale	25
Servizi ricreativi e spirituali	25
I SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO NELLE ALPI	26
PRODUZIONE AGRICOLA	27
Produzione agricola in breve	31
PRODUZIONE DI BIOMASSA FORESTALE	31
Produzione di biomassa forestale in breve	37
RITENZIONE IDRICA	38
Ritenzione idrica in breve	42
REGOLAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO	43
Regolazione del regime idrologico in breve	46
REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA	47
Regolazione del microclima in breve	49
STOCCAGGIO E SEQUESTRO DI CARBONIO	50
Stoccaggio e sequestro di carbonio in breve	54
FILTRAZIONE E PURIFICAZIONE DELL'ACQUA	55
Filtrazione e purificazione dell'acqua in breve	58
REGOLAZIONE DEL CICLO DEI NUTRIENTI	59
Regolazione del ciclo dei nutrienti in breve	61
QUALITÀ DEGLI HABITAT E BIODIVERSITÀ	62
Qualità degli habitat e biodiversità in breve	66
ARCHIVIO NATURALE E CULTURALE	67
Archivio naturale e culturale in breve	70
SERVIZI RICREATIVI E SPIRITUALI	71
Servizi ricreativi e spirituali in breve	74
IMPRINT	76

Figure

Figura 1:	suoli del Tirolo, Austria. I suoli sono componenti fondamentali del paesaggio alpino. Le loro specifiche caratteristiche sono condizionate dall'ambiente (Foto: D. Schäfer)	16
Figura 2:	erosione invernale dovuta a scivolamento lento del manto nevoso e valanghe di fondo in Valle d'Aosta (Foto: M. Freppaz)	18
Figura 3:	erosione post-incendio in un suolo forestale della Valle Susa (TO) (Foto: S. Stanchi)	19
Figura 4:	erosione e scivolamenti superficiali causati da sovrappascolamento in Lombardia (Foto: M. D'Amico)	19
Figura 5:	pascolo montano in Lombardia (Foto: M. D'Amico)	28
Figura 6:	tipico paesaggio tirolese che mostra un mosaico di usi del suolo (agricoltura, foresta, pascolo) (Foto: C. Geitner)	29
Figura 7:	Cambisol moderatamente lisciviato in un pascolo sloveno (Foto: B.Vrščaj)	29
Figura 8:	suolo fortemente rimaneggiato in un vigneto dell'Alto Adige (Foto: C. Geitner)	30
Figura 9:	agricoltura di fondovalle in Alto Adige (Foto: C. Geitner)	30
Figura 10:	pecceta in Slovenia (Foto: S. Stanchi)	33
Figura 11:	suolo di pecceta, podzolizzato, su morena carbonatica. Pokljuka, Slovenia (Foto: B.Vrščaj)	34
Figura 12:	suolo poco profondo, su morena carbonatica molto alterata, ricco di sostanza organica. Pokljuka, Slovenia (Foto: B.Vrščaj)	35
Figura 13:	podzolizzazione sotto lariceto alpino (Foto: M. D'Amico)	36
Figura 14:	suolo forestale profondo su sedimenti di origine fluviale in Baviera (Foto: C. Geitner)	39
Figura 15:	suolo forestale profondo della Valle dell'Inn, Austria (Foto: C. Geitner)	40
Figura 16:	suoli organici (Histosols) con elevato contenuto idrico (Foto: B.Vrščaj)	41
Figura 17:	ruscellamento superficiale in un pascolo durante un temporale (Foto C. Geitner)	44
Figura 18:	accumulo recente di materiale originato da un debris-flow in Austria (Foto: C. Geitner)	45
Figura 19:	suolo molto ricco di scheletro che si sviluppa su sedimento originato da un debris-flow. Valle dell'Inn, Austria (Foto: C. Geitner)	45
Figura 20:	le Alpi sono un paesaggio molto ricco di acque (Foto: C. Geitner)	48
Figura 21:	regolazione del microclima in bosco (Foto: M. D'Amico)	49
Figura 22:	suolo di torbiera in Slovenia (Foto: S. Stanchi)	51
Figura 23:	suolo di faggeta con orizzonti organici molto sviluppati, a 1500 m slm. Tirolo, Austria (Foto: C. Geitner)	52
Figura 24:	profilo della torbiera di alta quota di Rotmoos in Tirolo, a 2300 m slm (Foto: C. Geitner)	52
Figura 25:	un Podzol, capace di immagazzinare grandi quantità di carbonio organico negli orizzonti profondi (Foto: M. D'Amico)	53
Figura 26:	sorgente di montagna che sgorga dal tronco di un vecchio albero (Foto: M. D'Amico)	56
Figura 27:	le cascate di Savica in Slovenia (Foto: B.Vrščaj)	57
Figura 28:	fertilizzazione organica di suoli agrari in Slovenia (Foto: J. Lesjak)	60
Figura 29:	i suoli sulle Alpi ospitano una grandissima biodiversità (Foto: T. Peham)	63
Figura 30:	raro esemplare di lombrico azzurro/verde (<i>Allolobophora smaragdina</i>), che colonizza il legno in decomposizione nella Valle di Brixen, in Tirolo (Foto: C. Geitner)	64
Figura 31:	canali prodotti da lombrichi in un Cambisol del Tirolo, a circa 60 cm di profondità (Foto: C. Geitner)	64
Figura 32:	prateria alpina con elevata biodiversità (Foto: M. D'Amico)	65
Figura 33:	le torbiere contribuiscono alla diversità del paesaggio delle Alpi (Foto: B.Vrščaj)	65
Figura 34:	sedimenti eolici accumulatisi su rocce carbonatiche in Tirolo (Foto: C. Geitner)	68
Figura 35:	scavo che mostra un focolare di oltre 7000 anni fa, rinvenuto in Tirolo a 2000 m slm (Foto: C. Geitner)	69
Figura 36:	dettaglio di coproliti in un suolo organico (Foto: M. D'Amico)	69
Figura 37:	una prateria della Baviera caratterizzata da alta biodiversità (Foto: C. Geitner)	70
Figura 38:	escursionisti nelle Alpi, Tirolo (Foto: C. Geitner)	72
Figura 39:	i suoli sono una componente fondamentale del paesaggio delle Alpi (Foto: C. Geitner)	73
Figura 40:	sci nordico nelle Alpi Marittime (Foto: S. Stanchi)	73
Figura 41:	il numero di visitatori è in costante crescita nelle Alpi. Rifugio nelle Alpi Giulie, Slovenia (Foto: B.Vrščaj)	74

Suolo, servizi ecosistemici e minacce nelle Alpi

Il suolo nelle Alpi

I suoli dell'arco alpino hanno caratteristiche che li differenziano in maniera significativa da quelli che si sviluppano in altri ambienti. Sono estremamente eterogenei e spesso complessi. Le Alpi, che sono la più alta catena montuosa europea, comprendono infatti numerose fasce vegetazionali ed anche la transizione con l'ambiente mediterraneo. Di conseguenza, nelle Alpi possiamo trovare sia suoli di torbiera, tipici dei climi freddo-umidi, che suoli di ambiente steppico. La varietà di substrato geologico e geomorfologia contribuisce ad aumentare la diversità pedoambientale. Grazie all'enorme eterogeneità e complessità ambientale, i suoli che qui si sviluppano si differenziano per:

- elevata variabilità nei fattori di formazione (geologia, vegetazione, rilievo etc.) anche su distanze molto piccole;
- scarsa evoluzione del profilo, soprattutto alle quote più elevate;
- tipiche variazioni di alcune proprietà di suolo con l'aumento della quota, come ad esempio la prevalenza di suoli a tessitura più grossolana, più ricchi di scheletro, meno strutturati;
- possibilità di rinvenire suoli sepolti per effetto di disturbi naturali o antropici.

Nonostante queste tendenze generali, esistono numerose eccezioni che rendono l'ambiente alpino particolarmente interessante e stimolante per gli scienziati del suolo.

In generale, i suoli sulle Alpi non sono molto antichi e quindi mostrano una certa somiglianza col materiale parentale da cui derivano, riflettendo la variabilità geologica locale. A differenza della maggior parte dei suoli di alta quota, molto pietrosi, i suoli di fondovalle (Fluvisols) sono caratterizzati da tessiture più fini, data la loro origine alluvionale, e da maggiore fertilità. I medi e bassi versanti, per lo più coperti da boschi di latifoglie, ospitano di solito suoli più sviluppati (Cambisols e Luvisols). I Podzols sono invece suoli acidi, tipici delle foreste di conifere o degli arbusteti subalpini. Al di sopra della linea degli alberi, i suoli sono generalmente poco profondi e molto pietrosi (Leptosols), mentre alle quote più elevate sono diffusi i suoli a permafrost (Cryosols). Laddove le precipitazioni sono abbastanza abbondanti, è possibile trovare suoli di torbiera (Histosols) in aree pianeggianti a quote variabili.

In generale, i suoli svolgono numerose funzioni ecosistemiche e supportano la biodiversità al di sopra e al di sotto della superficie terrestre. Gli esseri umani non possono fare a meno del suolo, ma allo stesso tempo lo trasformano e ne modificano le proprietà, soprattutto per l'utilizzo agricolo e produttivo. Poiché nell'arco alpino le aree coltivabili sono naturalmente limitate dalla conformazione del paesaggio, la coltivazione dei versanti più ripidi è spesso stata resa possibile con i terrazzamenti.

A causa delle elevate pendenze e delle proprietà caratteristiche, i suoli nelle Alpi sono molto vulnerabili a minacce come l'erosione, le frane superficiali, la perdita di nutrienti e sostanza organica, la degradazione in conseguenza di improvvise variazioni d'uso (es. l'impermeabilizzazione delle aree edificabili e indu-

striali), ma anche ai cambiamenti climatici. Si rendono quindi indispensabili strategie per la pianificazione e l'uso sostenibile del suolo progettate in modo specifico per la regione alpina.

Nella maggior parte della regione alpina, inoltre, i dati disponibili relativi ai suoli sono limitati alle aree agricole e alle zone di fondovalle. Molto meno sappiamo dei suoli forestali, ed ancora meno di quelli d'alta quota. Di conseguenza, una maggiore conoscenza dei suoli dell'arco alpino e delle minacce che li mettono a rischio diventa fondamentale per la loro conservazione.



◀ **Figura 1:**
suoli del Tirolo, Austria.
I suoli sono componenti
fondamentali del paesaggio
alpino. Le loro specifiche
caratteristiche sono
condizionate dall'ambiente
(Foto: D. Schäfer)

Le minacce per il suolo nelle Alpi

Nelle Alpi, per le condizioni climatiche estreme e le caratteristiche topografiche (es. elevate pendenze), i suoli sono esposti a processi morfodinamici intensi che includono erosione, trasporto ed accumulo per effetto di acqua e vento, ma anche frane, debris-flows, scivolamenti del manto nevoso e valanghe. Tutti questi fenomeni naturali sono influenzati dal clima, e risentono quindi dei cambiamenti climatici in atto. Inoltre, sono fortemente condizionati dai cambiamenti di uso del suolo, come il taglio del bosco ed altri disturbi, sia naturali che antropici. Erosione e trasporto possono facilmente degradare la già sottile coltre pedologica e compromettere, o addirittura annullare, le funzioni ed i servizi che il suolo svolge. L'erosione accelerata è un serio problema sulle Alpi, poiché la formazione del suolo, specialmente alle quote più alte, è estremamente lenta. Oltre all'erosione, altre minacce più o meno nascoste possono colpire il suolo, come ad esempio la perdita di sostanza organica, che riguarda sia i suoli organici che quelli minerali, ed è per lo più indotta da usi non sostenibili, come il drenaggio di aree umide e torbiere, oppure il sovrasfruttamento delle aree agricole, ma può essere accelerata dal cambiamento climatico. In ogni caso, la perdita di sostanza organica peggiora la capacità di trattenuta idrica del suolo e altera il ciclo dei nutrienti, con effetti molto evidenti ad esempio su quello del carbonio. Infatti, la diminuzione del contenuto di sostanza organica contribuisce all'incremento dei gas serra in atmosfera e quindi al riscaldamento globale. Poiché i suoli che troviamo sulle Alpi sono generalmente poco sviluppati, soprattutto alle quote maggiori, gli orizzonti superficiali sono fondamentali perché ospitano gli apparati radicali, stoccano la sostanza organica e concentrano al loro interno la limitata fertilità e l'acqua disponibile. Nonostante l'importanza della sostanza organica del suolo e delle sue trasformazioni, spesso non sappiamo abbastanza sugli stock di carbonio contenuti nel suolo, e sul rischio effettivo di perdita o degradazione della sostanza organica. Un'altra minaccia parzialmente nascosta è la compattazione del suolo, cioè la riduzione della sua porosità a seguito di notevoli pressioni superficiali, generalmente prodotte da attività umane e macchinari pesanti. Un suolo compattato ostacola la penetrazione radicale e favorisce il ruscellamento superficiale rispetto all'infiltrazione delle acque meteoriche. Ancora più gravi sono gli effetti dell'impermeabilizzazione, cioè della copertura del suolo con cemento e asfalto. Nella maggior parte dei casi, si tratta di una trasformazione irreversibile che comporta la perdita definitiva dei servizi ecosistemici del suolo. L'impermeabilizzazione è particolarmente preoccupante nelle aree urbanizzate dei fondovalle alpini, nelle aree industriali e negli insediamenti turistici. Un'ulteriore minaccia è data dall'inquinamento, per lo più di origine antropica, che mette a rischio la salute umana e l'ecosistema. L'inquinamento del suolo può derivare da sorgenti puntuali quali discariche o smaltimenti di reflui, ma avviene anche per deposizione diffusa (es. traffico, emissioni industriali e domestiche), o in conseguenza alle attività agricole (uso di pesticidi e fertilizzanti). Il declino della biodiversità è una minaccia nascosta per i suoli e le loro funzioni. I suoli sono infatti dei serbatoi di biodiversità a tutti i livelli (habitat, specie e pool genetico), e questa può impoverirsi notevolmente sia in termini di quantità di specie presenti che di numero di individui, compromettendo i servizi ecosistemici del suolo. L'uso del suolo può avere notevoli impatti sulla biodiversità. Oltre alle attività edilizie ed

all'impermeabilizzazione, anche un uso agricolo o forestale non sostenibile (es. eccessiva compattazione, uso eccessivo di pesticidi) possono danneggiare la biodiversità. Tutte queste minacce agiscono a diversa scala spazio-temporale nell'ambiente alpino. Per mitigarne le conseguenze ed utilizzare i suoli in modo sostenibile occorre conoscere nel dettaglio i processi e meccanismi di degradazione. Per assicurare l'uso sostenibile del suolo e sua conservazione per le generazioni future è inoltre fondamentale una partecipazione dei cittadini grazie ad una sempre maggiore consapevolezza del valore di questa risorsa.



▲ **Figura 2:**
erosione invernale dovuta a scivolamento lento del manto nevoso e valanghe di fondo in Valle d'Aosta (Foto: M. Freppaz)



▲ **Figura 3:**
erosione post-incendio in un suolo forestale della Valle Susa (TO) (Foto: S. Stanchi)



▲ **Figura 4:**
erosione e scivolamenti superficiali causati da sovrappasciamento in Lombardia (Foto: M. D'Amico)

Introduzione ai servizi ecosistemici del suolo

I **servizi ecosistemici** definiscono i benefici che gli esseri umani possono ricevere dalla natura, o meglio dagli ecosistemi. Alcuni, come la produzione agricola, di foraggio e biomasse, sono ovvii e ben riconosciuti. Altri invece sono meno evidenti e riguardano le funzioni di supporto e regolazione. Si tratta per esempio del ciclo dei nutrienti, la funzione di habitat per gli organismi viventi, la biodiversità, la purificazione delle acque e lo stoccaggio di carbonio sotto forma di sostanza organica, e molti altri ancora.

In genere, gli esseri umani apprezzano la natura e le bellezze del paesaggio, inclusi gli aspetti culturali. Tutti questi servizi soddisfano esigenze spirituali, scientifiche e ricreative importanti per il benessere delle persone e la loro qualità di vita, anche se non fondamentali per la sopravvivenza.

I suoli sono, insieme all'acqua e all'aria, un elemento fondamentale per la vita sulla Terra. E' quindi importante conoscere e quantificare il contributo del suolo ai servizi ecosistemici.

L'obiettivo principale di questa pubblicazione è portare a conoscenza dei cittadini l'importanza del suolo come fornitore di servizi ecosistemici. Infatti, circa il 95% del cibo viene prodotto sul suolo, che filtra anche le acque rendendole potabili e disponibili al consumo. Inoltre, il suolo fa da substrato per il ciclo dei nutrienti, è un serbatoio di carbonio molto importante, e conserva testimonianze del passato. Ospita miliardi di organismi estremamente diversi, ma tutti in qualche modo utili alla vita sul nostro pianeta; infine contribuisce alla biodiversità sulla superficie terrestre, ospitando comunità vegetali ed animali.

In questa breve pubblicazione vorremmo sottolineare come il suolo svolga un ruolo molto importante e assolutamente fondamentale per la vita e il benessere degli organismi viventi. Ecco perchè dobbiamo prendercene cura e gestirlo correttamente nei vari settori delle nostre attività.

Non esiste sviluppo sostenibile senza un uso sostenibile e attento del suolo.

I servizi ecosistemici del suolo in pratica

Il suolo contribuisce in qualche misura a tutti i servizi ecosistemici. Alcuni di essi sono di primaria importanza e vengono volutamente privilegiati rispetto ad altri in determinati contesti (ad esempio la produzione di cibo sui terreni agricoli), mentre altri vengono di conseguenza sacrificati o limitati (ad esempio la biodiversità nel contesto dell'agricoltura intensiva o delle foreste monospecifiche). Alcuni servizi ecosistemici possono essere messi a rischio da pratiche gestionali non sostenibili. Ad esempio un suolo soggetto ad agricoltura intensiva sarà meno in grado di filtrare e purificare l'acqua rispetto ad un suolo forestale.

I servizi ecosistemici del suolo sono interconnessi in modo più o meno evidente, e sono sicuramente influenzati dalle attività agricole e forestali, considerata la loro ampia estensione sul territorio. L'agricoltura intensiva che fa uso eccessivo di pesticidi e lavorazioni del terreno può seriamente ridurre il sequestro di carbonio nei suoli, trasformandoli da serbatoi di carbonio a sorgenti di CO₂. Al contrario, l'agricoltura conservativa può contribuire a mitigare i cambiamenti climatici, aumentando il sequestro di carbonio nel suolo, ed allo stesso tempo migliorando altri servizi ecosistemici (capacità di filtrare le acque, biodiversità etc.). Anche le utilizzazioni forestali sostenibili possono contribuire ad una migliore gestione del suolo limitando l'erosione, grazie all'uso accorto di macchinari, utilizzando le specie forestali più idonee all'ambiente e limitando i boschi monospecifici. In questo modo, è possibile mantenere il suolo più vivo e vitale, in grado di svolgere al meglio le funzioni ecosistemiche.

Più della metà della popolazione del mondo è concentrata nelle aree urbane, ed anche i suoli urbani svolgono importanti servizi ecosistemici, benchè spesso non siano presi nella dovuta considerazione. E' quindi fondamentale, nella pianificazione territoriale, preservare il più possibile anche i suoli urbani (parchi, aree verdi etc.) e le loro funzioni, per garantire una migliore qualità dell'aria ed un clima più gradevole. Anche le attività nel settore edilizio devono prestare adeguata attenzione al suolo, limitando il più possibile la compattazione, l'erosione e l'inquinamento. Gli impianti industriali dovrebbero essere progettati in modo da prevenire l'inquinamento del suolo e le emissioni atmosferiche, contenendo gli impatti negativi. E' importantissimo quindi, in tutti i settori produttivi, diminuire le pressioni negative sul suolo e preservarne la qualità ed il funzionamento.

I simboli dei servizi ecosistemici del suolo

Non è facile riassumere in poche parole i servizi ecosistemici del suolo (SES). Nell'ambito del Progetto Links4Soils abbiamo sviluppato dei simboli che rappresentano visivamente i principali servizi ecosistemici del suolo. Essi possono essere usati per vari scopi, come ad esempio schematizzare graficamente i principali contributi forniti da un certo uso del suolo o da una specifica pratica gestionale.



Descrizione dei simboli dei servizi ecosistemici del suolo

Produzione agricola



I diversi orizzonti (strati) del suolo e la rappresentazione grafica del profilo simboleggiano la capacità di sostenere la crescita delle colture e la produzione di cibo. La spiga di grano e la mela indicano la diversità e varietà delle colture.

Produzione di biomassa forestale



L'immagine rappresenta, come nel caso della produzione agricola, il profilo di suolo, al di sopra del quale sono rappresentati gli alberi (conifere e latifoglie) e la produzione legnosa utilizzabile come materiale da costruzione, per usi energetici etc.

Ritenzione idrica



Nell'immagine, la goccia d'acqua rappresentata all'interno del suolo sta ad indicare la sua capacità di trattenere e rendere gradualmente disponibile l'acqua per le piante e gli altri organismi viventi, nonché il processo di evaporazione dalla superficie del suolo.

Regolazione del regime idrologico



Nell'immagine, tre gocce che percolano lungo il profilo del suolo indicano l'infiltrazione dell'acqua, che riduce il ruscellamento superficiale. Le gocce inoltre, infiltrandosi in profondità, permettono la ricarica della falda.

Regolazione del microclima



L'immagine rappresenta i processi di evaporazione dalla superficie del suolo e traspirazione delle piante (nel complesso definiti evapotraspirazione). L'evapotraspirazione riduce la temperatura superficiale del suolo e della vegetazione, contribuendo a rinfrescare il clima.

Stoccaggio e sequestro di carbonio



L'immagine rappresenta vari orizzonti del suolo che sono in grado di contribuire al ciclo del carbonio, in primo luogo immagazzinandolo al loro interno. Il carbonio, presente in atmosfera sotto forma di CO₂, un gas serra, viene trasformato in forma organica dalle piante e va a costituire la sostanza organica del suolo e gli organismi viventi. Al termine del ciclo, il carbonio può essere nuovamente rilasciato nell'atmosfera come CO₂.

Filtrazione e purificazione dell'acqua



L'immagine indica gli orizzonti del suolo, caratterizzati da differenti capacità di infiltrazione e filtrazione dell'acqua, e quindi di degradazione di sostanze potenzialmente pericolose. Le acque così filtrate e purificate raggiungono la falda.

Regolazione del ciclo dei nutrienti



I macronutrienti presenti nell'immagine (N, P, K), unitamente ai meso- e micronutrienti (es. Fe, Mn) determinano la fertilità del suolo. La capacità del suolo di trattenere i nutrienti e di supportare i cicli biogeochimici garantisce la crescita delle piante, sia spontanee che coltivate.

Qualità degli habitat e biodiversità



L'immagine rappresenta il biota, cioè l'insieme degli organismi viventi che popolano il suolo e che vivono sulla sua superficie. Il suolo ospita infatti una notevole biodiversità, molto maggiore rispetto a quella che si riscontra sulla sua superficie. Oltre alla numerosità e varietà di organismi e specie, esiste anche una elevata diversità a livello genetico. La biodiversità all'interno del suolo fornisce numerosi prodotti utili agli esseri umani, come ad esempio alcune sostanze medicinali.

Archivio naturale e culturale



L'anfora ed il fossile rappresentano gli artefatti ed i resti che possiamo ritrovare nel suolo a testimonianza del passato. Il suolo ci fornisce importanti informazioni sulla storia della civiltà, del clima, della vegetazione.

Servizi ricreativi e spirituali



L'escursionista è un esempio delle tante attività sportive e ricreative che il suolo può supportare. Specifiche caratteristiche del suolo permettono il suo utilizzo a scopo ricreativo e turistico. Inoltre il suolo, come parte integrante del paesaggio, può essere apprezzato per le sue qualità estetiche ed immateriali.

I servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi



Produzione agricola

Definizione: il termine “produzione agricola” si riferisce a cibo, foraggio, fibre tessili, piante medicinali, ma anche a piante o biomasse destinate alla produzione energetica.

Prodotti: cibo, foraggio, fibre tessili, piante medicinali, biocombustibili.

Processi coinvolti: questo servizio si basa su numerose proprietà chimiche, fisiche e biologiche del suolo ed è collegato alla sua fertilità. La produzione agricola dipende da diverse proprietà quali la profondità del suolo, la quantità e qualità della sostanza organica, la capacità di ritenzione idrica, il pH, la tessitura, la struttura, la mineralogia, il contenuto di scheletro, la presenza e abbondanza di organismi viventi. Questo servizio è strettamente collegato al ciclo dei nutrienti, del carbonio e dell'acqua.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: la produzione agricola è strettamente legata alla gestione del suolo. Le pratiche colturali adottate, più o meno sostenibili, influenzano significativamente la qualità dei suoli agricoli e dell'intero ecosistema. Le pratiche prevedono apporti variabili di nutrienti ed energia: si va da modalità più sostenibili che preservano la naturale fertilità del suolo, a forme di agricoltura meno sostenibili o più intensive, con impatti negativi su fertilità e biodiversità. La produzione agricola influenza notevolmente altri servizi ecosistemici quali il ciclo dei nutrienti, il sequestro di carbonio, la ritenzione idrica, la qualità degli habitat e la biodiversità. Anche i servizi di archivio naturale e culturale possono essere alterati dalle pratiche agricole.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: l'uso agricolo del suolo prevede la coltivazione di una o (più raramente) varie specie in combinazione, finalizzata ad ottenere adeguate rese produttive. L'agricoltura sostenibile promuove un uso sostenibile del suolo, volto a conservare e migliorare gli altri servizi ecosistemici quali lo stoccaggio di carbonio, la capacità di infiltrazione, la biodiversità nel suolo e, talvolta, anche al di sopra di esso. Quando le pratiche agricole non sono sostenibili, si hanno impatti negativi su altri servizi ecosistemici (es. riduzione degli stock di carbonio, squilibri nel ciclo dei nutrienti, riduzione della capacità di filtrazione ed infiltrazione delle acque).

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: i cambiamenti climatici contribuiranno ad aumentare la frequenza di fenomeni come siccità, inondazioni, infestazioni di patogeni che si ripercuoteranno negativamente sulla produzione agricola. I cambiamenti in atto stanno evidenziando la necessità di adattare le tecniche colturali e la gestione del suolo in modo da garantire la sicurezza alimentare per la popolazione del mondo, in continua crescita.

Aspetti legati alla domanda: la crescita della popolazione porterà sicuramente ad un aumento della domanda di produzione agricola.

Specificità per l'arco alpino: nelle Alpi, l'agricoltura ha sviluppato caratteristiche tipiche dovute sia a condizioni ambientali (clima, quota, pendenze) che ad usi e tradizioni locali. Le basse temperature e le precipitazioni estreme (molto alte o molto basse), la presenza di suoli poco evoluti, le pendenze elevate determinano condizioni difficili per l'agricoltura. Nel passato, larghe estensioni di praterie erano destinate a pascolo, mentre più recentemente si è verificato un declino dell'agricoltura nelle zone di versante, accompagnato da una intensificazione nei fondovalle, dove l'agricoltura tradizionale è stata spesso sostituita da colture foraggere, colture per uso energetico (es. mais), frutteti e vigneti.



▲ **Figura 5:**
pascolo montano in Lombardia (Foto: M. D'Amico)



▲ **Figura 6:**
tipico paesaggio tirolese che mostra un mosaico di usi del suolo (agricoltura, foresta, pascolo) (Foto: C. Geitner)



◀ **Figura 7:**
Cambisol moderatamente lisciviato in un pascolo sloveno (Foto: B.Vrščaj)

Produzione agricola in breve



▲ **Figura 8:**
suolo fortemente rimaneggiato in un vigneto dell'Alto Adige (Foto: C. Geitner)



◀ **Figura 9:**
agricoltura di fondovalle in Alto Adige
(Foto: C. Geitner)

- **Prodotti:** cibo, foraggio, fibre tessili, piante medicinali, piante o biomasse destinate alla produzione energetica.
- **Servizio:** la fornitura di questo servizio dipende dalla disponibilità di acqua e nutrienti, a sua volta controllata da numerose proprietà del suolo, dal clima e dalle pratiche gestionali.
- **Domanda:** al crescere della popolazione mondiale, anche la domanda di questo servizio ecosistemico è destinata ad aumentare.
- **Minacce:** pratiche agricole non sostenibili (es. sovrapascolamento, eccessive lavorazioni) e varie forme di degradazione del suolo (es. erosione, impermeabilizzazione, acidificazione, perdita di sostanza organica) influenzano in vari modi la produzione agricola. I cambiamenti climatici possono avere impatti diversi a seconda dell'ambiente ma richiedono comunque un adattamento.

Produzione di biomassa forestale



Definizione: il servizio ecosistemico “produzione di biomassa forestale” fa riferimento alla produzione di biomassa a partire dal bosco. Oltre ai prodotti legnosi, si includono quelli commestibili come funghi e frutti di bosco.

Prodotti: legname, legna da ardere, biocombustibili derivati dal legno, funghi e altri prodotti del sottobosco.

Processi coinvolti: esistono varie modalità di gestione forestale, più o meno intensive. In ogni caso, i turni produttivi sono sempre relativamente lunghi, e quindi le operazioni in bosco non sono molto frequenti. Tuttavia, è necessario adottare opportune misure di protezione per il suolo, per limitare gli impatti negativi delle operazioni in bosco (ad esempio, effettuando l'esbosco solo in condizioni idonee di umidità del suolo). E' molto importante preservare la fertilità del suolo forestale, che è frutto di una complessa interazione tra processi chimici, fisici e biologici, a loro volta collegati al ciclo dell'acqua e dei nutrienti. La produzione di biomassa forestale è influenzata da numerose proprietà del suolo quali la profondità, il contenuto di scheletro, la tessitura, la densità, la struttura, la quantità e qualità della sostanza organica, il pH, gli organismi che vivono nel suolo.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: a seconda delle specie presenti e delle caratteristiche del bosco, possono essere forniti numerosi altri servizi oltre alla produzione, come ad esempio la ritenzione idrica e la regolazione del regime idrologico, la regolazione del microclima, lo stoccaggio e sequestro di carbonio, la qualità dell'habitat e la biodiversità, i servizi ricreativi.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la produzione di biomassa forestale è in larga parte controllata dal clima, ma può essere modificata dalla gestione forestale. I cambiamenti di uso del suolo da foresta a suolo agricolo e viceversa possono produrre impatti significativi sul suolo e compromettere alcuni dei servizi ecosistemici da esso forniti.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: a seguito del riscaldamento globale, si prospetta un potenziale incremento della biomassa forestale prodotta. Tuttavia, eventi meteorologici estremi come siccità prolungata e tempeste di vento potrebbero avere impatti molto forti. Di conseguenza, è necessaria una gestione forestale che tenga conto dei cambiamenti in atto e permetta all'ecosistema un continuo adattamento.

Aspetti legati alla domanda: la domanda di prodotti legnosi, soprattutto come fonti di energia rinnovabile, è in crescita in larghe aree del mondo.

Specificità per l'arco alpino: nelle Alpi le foreste spesso svolgono anche un importante ruolo protettivo. In passato, le utilizzazioni forestali erano più intense nonostante le difficili condizioni topografiche e la scarsità di viabilità forestale. Negli ultimi decenni invece la superficie forestale è aumentata, anche a seguito dell'abbandono delle attività agricole. Di conseguenza, l'attuale composizione delle foreste non riflette sempre la vegetazione naturale ma è spesso il risultato di scelte del passato, che hanno privilegiato alcune specie arboree rispetto ad altre.



▲ **Figura 10:**
pecceta in Slovenia (Foto: S. Stanchi)



▲ **Figura 11:**
suolo di pecceta, podzolizzato, su morena carbonatica. Pokljuka, Slovenia. (Foto: B.Vrščaj)



▲ **Figura 12:**
suolo poco profondo, su morena carbonatica molto alterata, ricco di sostanza organica. Pokljuka, Slovenia. (Foto: B.Vrščaj)

Produzione di biomassa forestale in breve

- **Prodotti:** biomassa forestale, legname, legna da ardere, biomasse per uso energetico, funghi, frutti di bosco.
- **Servizio:** il servizio fornito dipende dalla disponibilità di acqua e nutrienti, a loro volta controllate dalle proprietà del suolo, dal clima e dalla gestione del bosco.
- **Domanda:** la domanda di biomasse legnose come fonti di energia rinnovabile e materiali da costruzione è in aumento.
- **Minacce:** una gestione forestale non sostenibile (es. utilizzazioni troppo intense, scelta di specie inadatte), incendi, cambiamenti climatici possono compromettere la fertilità del suolo e promuovere la degradazione (es. erosione).



▲ Figura 13:
podzolizzazione sotto lariceto alpino (Foto: M. D'Amico)

Ritenzione idrica



Definizione: il servizio ecosistemico “ritenzione idrica” fa riferimento alla capacità del suolo di trattenere, immagazzinare e rendere gradualmente disponibile l’acqua alle piante e agli altri organismi viventi.

Prodotti: acqua disponibile per gli organismi viventi (in particolare le piante) e per l’evaporazione.

Processi coinvolti: l’acqua, che normalmente giunge al suolo attraverso la fusione della neve, le piogge e talvolta l’irrigazione, penetra nel suolo e si muove all’interno dei pori. Nella rizosfera diventa disponibile alle radici ed agli organismi del suolo. La capacità di ritenzione idrica dipende sia dalla porosità totale del suolo che dalla distribuzione dimensionale dei pori. Queste proprietà sono a loro volta influenzate da: profondità del suolo, grado di compattazione, tessitura e struttura, quantità e qualità della sostanza organica. La struttura, la densità e la sostanza organica sono infine condizionate dall’attività degli organismi che vivono nel suolo, come ad esempio i lombrichi.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: la ritenzione idrica è uno dei servizi ecosistemici più rilevanti per la produzione di biomassa, sia legnosa che non. Contribuisce notevolmente alla regolazione del microclima grazie all’evaporazione ed alla traspirazione, nonché alla sopravvivenza degli organismi che vivono nel suolo e sul suolo.

Impatti dell’uso del suolo sul servizio ecosistemico: la capacità del suolo di trattenere e immagazzinare acqua dipende in larga misura dall’uso e dalla gestione. In agricoltura, la coltivazione e le lavorazioni possono ridurre la capacità di ritenzione idrica, ad esempio nel caso di forte compattazione da parte di macchinari pesanti, oppure aumentarla nel caso in cui si utilizzino ammendanti organici. Nell’ambito forestale, la composizione specifica influenza il servizio ecosistemico attraverso l’attività biologica, inclusa quella radicale.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: per effetto dei cambiamenti climatici è probabile che si verificheranno sempre più frequenti periodi di siccità. Di conseguenza, per garantire il servizio ecosistemico di ritenzione idrica, sarà cruciale la scelta delle specie agricole e forestali da impiegare. Nel caso invece di eccessive precipitazioni ed eventi estremi (es. inondazioni), i suoli potranno solo in parte contribuire a mitigarne gli effetti attraverso l’infiltrazione.

Aspetti legati alla domanda: a seguito dell’aumento della popolazione, si prevede un aumento della domanda del servizio, vista la sua cruciale importanza per la produzione agricola e forestale.

Specificità per l’arco alpino: nelle Alpi, analogamente ad altre regioni montuose, la capacità di ritenzione idrica del suolo è generalmente scarsa, nonostante il rapido drenaggio, a causa della limitata evoluzione e delle tessiture grossolane, con elevata presenza di scheletro. Nei fondovalle si possono invece riscontrare suoli con elevata capacità di ritenzione idrica, soprattutto nelle pianure alluvionali con tessiture più fini. Anche se nelle Alpi le abbondanti precipitazioni limitano i problemi di siccità, alcune aree interne a clima più secco possono risentire di stress idrico durante il periodo vegetativo.



▲ **Figura 14:** suolo forestale profondo su sedimenti di origine fluviale in Baviera (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 15:**
suolo forestale profondo della Valle dell'Inn, Austria (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 16:**
suoli organici (Histosols) con elevato contenuto idrico (Foto: B.Vrščaj)

Ritenzione idrica in breve

- **Servizio:** il suolo può trattenere grandi quantità di acqua, variabili a seconda della sua profondità, porosità, tessitura, struttura, e del contenuto di sostanza organica. Quest'acqua diventa disponibile alle piante e agli altri organismi.
- **Prodotti:** acqua disponibile per piante ed organismi viventi.
- **Domanda:** la disponibilità di acqua è essenziale per la produzione di biomassa, sia agricola che forestale. Pertanto, questo servizio ecosistemico sarà sempre più richiesto a seguito dell'incremento della popolazione e dei cambiamenti climatici.
- **Minacce:** uso del suolo e pratiche non sostenibili possono mettere a rischio il servizio ecosistemico. In particolare, la crescente impermeabilizzazione del suolo può comportare una riduzione di questo ed altri servizi collegati.



Regolazione del regime idrologico

Definizione: questo servizio ecosistemico si riferisce alla riduzione del ruscellamento superficiale, a favore dell'infiltrazione delle acque provenienti da precipitazioni, fusione nivale etc.

Prodotti: riduzione del ruscellamento superficiale e prevenzione delle inondazioni.

Processi coinvolti: la riduzione del ruscellamento superficiale attenua i picchi di piena dei corsi d'acqua ed il rilascio e trasporto di sedimenti per erosione. L'acqua infiltrata nel suolo contribuisce al deflusso subsuperficiale e va a ricaricare la falda. La disponibilità idrica dipende dal tasso di infiltrazione e dalla permeabilità, a loro volta influenzati da profondità del suolo, tessitura, densità, contenuto di scheletro, struttura, quantità e qualità della sostanza organica, attività biologica inclusa quella radicale, spessore degli orizzonti organici superficiali ed eventuale presenza di rocciosità e pietrosità superficiali. Ovviamente, molte delle proprietà nominate dipendono a loro volta dalla copertura vegetale, naturale e non. Suoli profondi, ricchi di scheletro, con tessitura grossolana forniscono un buon drenaggio. Una vegetazione densa, con radici fitte e profonde, ed una buona attività biologica nel topsoil garantiscono un servizio di regolazione idrologica ottimale.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: l'infiltrazione dell'acqua nel suolo riduce il ruscellamento e di conseguenza l'erosione, con effetti positivi sulla conservazione dei nutrienti e della sostanza organica, e sul filtraggio e la purificazione delle acque. Tuttavia, non sempre l'acqua infiltrata viene trattenuta nel suolo, perchè il drenaggio talvolta è troppo veloce e non permette di svolgere al meglio i servizi di filtro e purificazione. In generale, la presenza di suoli ben drenati e senza ristagni facilita anche l'uso sportivo e ricreativo del suolo.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la capacità di svolgere questo servizio è influenzata dall'uso e gestione del suolo (es. foresta, prateria, pascolo, coltivato o incolto). A seconda delle specifiche pratiche gestionali applicate, il servizio può essere migliorato (ad esempio favorendo l'attività biologica) o ridotto (ad esempio con l'impermeabilizzazione e la compattazione).

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: a seguito dei cambiamenti climatici ci si attende un incremento delle temperature, accompagnato da lunghi periodi secchi, frequenti incendi che potrebbero determinare la formazione di croste idrofobiche sulla superficie del suolo, con conseguente riduzione dell'infiltrazione. Anche il contemporaneo aumento della frequenza di eventi piovosi estremi potrebbe aumentare la domanda di questo servizio. Nelle zone di montagna, a seconda delle condizioni locali, si potrebbero generare eccessi di acqua dovuti a precipitazioni intense, e/o rapida fusione della neve e dei ghiacci. In zone a forte pendenza, dove il deflusso superficiale si incanala

facilmente, si potranno verificare portate di piena nei torrenti ed eventuali flash-floods. Poichè i fondovalle sono densamente insediati ed impermeabilizzati, il rischio di inondazione aumenterà ulteriormente.

Aspetti legati alla domanda: a fronte del continuo aumento delle aree impermeabilizzate, che contribuiscono ad aumentare il ruscellamento, il servizio di regolazione del regime idrologico assume notevole importanza per garantire la sicurezza delle aree abitate e delle infrastrutture.

Specificità per l'arco alpino: il controllo del ruscellamento superficiale nelle aree delle Alpi è di primaria importanza. L'entità del ruscellamento generato dipende in larga misura dalle proprietà del suolo quali il contenuto di scheletro e la compattazione (es. nei pascoli), e dalla copertura vegetale. In generale, le aree boscate danno un buon contributo a questo servizio, ma in ogni caso è necessario porre attenzione alla composizione specifica, ai metodi di utilizzazione, alle pratiche di gestione che possono ridurre l'infiltrazione modificando alcune specifiche proprietà del suolo (densità, spessore e tipo di lettiera, tipo di humus, porosità dovuta all'attività biologica).



▲ **Figura 17:**
ruscellamento superficiale in un pascolo durante un temporale (Foto C. Geitner)



▲ **Figura 18:**
accumulo recente di materiale originato da un debris-flow in Austria (Foto: C. Geitner)



◀ **Figura 19:**
suolo molto ricco di scheletro che si sviluppa su sedimento originato da un debris-flow. Valle dell'Inn, Austria (Foto: C. Geitner)

Regolazione del regime idrologico in breve

- **Prodotti:** riduzione del ruscellamento superficiale a favore dell'infiltrazione.
- **Servizio:** l'infiltrazione delle acque nel suolo riduce la proporzione di ruscellamento superficiale, limitando i fenomeni erosivi e le inondazioni. Inoltre, favorisce la ricarica della falda. La fornitura di questo servizio dipende dalla capacità di infiltrazione del suolo e dalla permeabilità, controllate dalle proprietà del suolo e dalla sua gestione.
- **Domanda:** i cambiamenti climatici presumibilmente determineranno un aumento della frequenza di eventi piovosi estremi, potenzialmente in grado di determinare intenso ruscellamento. Questi fenomeni, uniti alla presenza di ampie superfici impermeabilizzate, renderanno necessaria una sempre maggiore attenzione alla regimazione delle acque.
- **Minacce:** lo sviluppo urbano e turistico possono determinare un'intensa impermeabilizzazione del suolo. Pratiche di gestione del suolo non sostenibili determinano compattazione ed erosione, riducendo la capacità del suolo di limitare il ruscellamento superficiale.



Regolazione del microclima

Definizione: questo servizio ecosistemico fa riferimento alla capacità che ha il sistema suolo-pianta di abbassare la temperatura dell'aria (ad esempio rinfrescando il microclima in estate).

Prodotti: regolazione di temperatura e umidità, a scala locale.

Processi coinvolti: l'evaporazione dell'acqua richiede energia e di conseguenza determina una riduzione della temperatura dell'aria. La capacità del suolo di regolare la temperatura locale dipende dai processi di evaporazione (dal suolo) e di traspirazione (delle piante), nel complesso denominati evapotraspirazione. Maggiore è l'evapotraspirazione, maggiore sarà l'energia richiesta per il processo, e quindi più consistente la riduzione della temperatura. In aree densamente vegetate, la traspirazione è più rilevante dell'evaporazione. All'interno del suolo, la capacità di ritenzione idrica controlla sia l'evaporazione che la traspirazione, e dipende principalmente dalla quantità e dimensioni dei pori. Le caratteristiche dei pori a loro volta variano in funzione di: profondità del suolo, contenuto in scheletro, struttura, tessitura, quantità e caratteristiche della sostanza organica etc. Nonostante il suolo abbia un ruolo importante nel regolare l'evapotraspirazione, essa rientra nel ciclo dell'acqua che viene influenzato dalle proprietà dell'intero ecosistema.

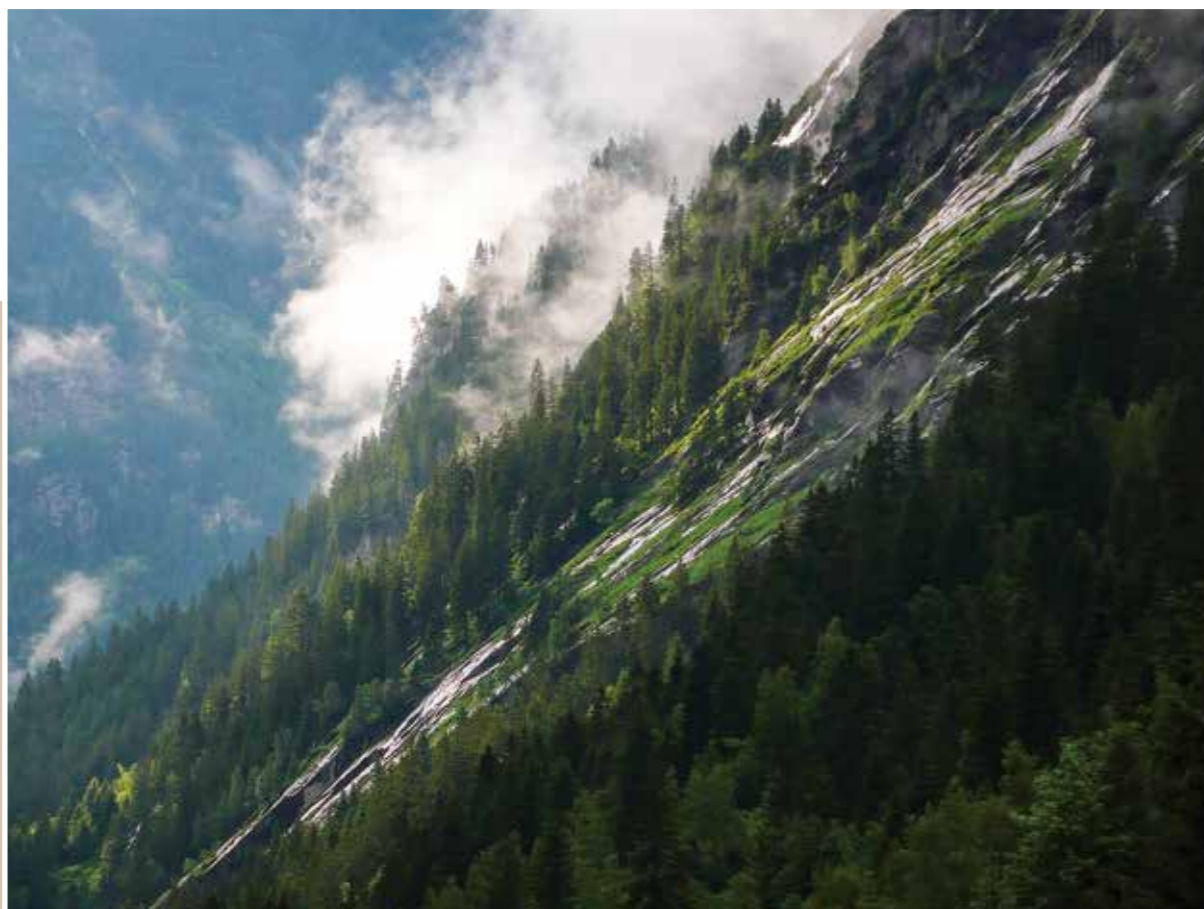
Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: il servizio di regolazione del microclima è strettamente collegato a quello di ritenzione idrica, ma anche alla produzione di biomassa, sia agricola che forestale.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la capacità del suolo di regolare il microclima è collegata alla capacità di ritenzione idrica e può essere influenzata dall'uso e gestione. In agricoltura, può essere incrementata adottando sistemi e pratiche di tipo conservativo, rotazione delle colture, fertilizzanti organici etc, che favoriscono la ritenzione dell'acqua nel suolo. Nel settore forestale, la scelta delle specie vegetali incide sulla capacità di ritenzione idrica, in quanto condiziona l'attività biologica ed i sistemi radicali.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: l'aumento delle temperature determinerà un aumento dell'evapotraspirazione nelle aree in cui l'acqua non è un fattore limitante. Tuttavia, variazioni nel regime di precipitazioni potrebbero ridurre la quantità di acqua disponibile nel suolo. Anche la formazione di croste e superfici idrofobiche, a seguito di vasti incendi, potrebbero diminuire l'infiltrazione nel suolo. Di conseguenza, l'effetto di regolazione del microclima potrà essere ridotto dai cambiamenti climatici.

Aspetti legati alla domanda: a seguito dei cambiamenti climatici il servizio di regolazione del microclima sarà sempre più richiesto dalla società, perchè cruciale per il benessere umano e degli altri organismi viventi.

Specificità per l'arco alpino: la catena alpina è caratterizzata da un'elevata variabilità climatica. Poichè la copertura vegetale è anch'essa piuttosto eterogenea, la capacità di regolazione del microclima risulta molto variabile nello spazio. La capacità di traspirazione dipende non solo dalla quantità di precipitazioni, ma anche dalla capacità delle piante di accedere all'acqua contenuta nel suolo. Ad esempio l'abete rosso, molto diffuso sulle Alpi, è dotato di un apparato radicale superficiale e quindi non riesce ad approvvigionarsi di acqua in profondità. Nelle zone di fondovalle, più densamente insediate e costruite, la necessità di regolazione del microclima si fa più evidente. Ecco quindi che la scelta di specie forestali con elevata attività di traspirazione aiuta ad avere temperature più fresche nel periodo estivo, rendendo il clima più gradevole.



▲ **Figura 20:**
le Alpi sono un paesaggio molto ricco di acque (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 21:**
regolazione del microclima in bosco (Foto: M. D'Amico)

Regolazione del microclima in breve

- **Prodotti:** controllo del microclima.
- **Servizi:** l'evapotraspirazione da parte di suolo e vegetazione permette un abbassamento della temperatura dell'aria, modificando il microclima. La capacità del suolo di svolgere questo servizio dipende dalla capacità di ritenzione idrica, a sua volta influenzata da altre proprietà come tessitura, densità e contenuto di sostanza organica.
- **Domanda:** a seguito del cambiamento climatico, l'effetto di regolazione del microclima diventerà sempre più importante per il benessere umano.
- **Minacce:** processi di degradazione del suolo come l'impermeabilizzazione e la compattazione, o la scelta di specie forestali inadatte, possono limitare la capacità di ritenzione idrica del suolo, mettendo a rischio il servizio ecosistemico di regolazione del microclima.

Stoccaggio e sequestro di carbonio



Definizione: il servizio ecosistemico fa riferimento alla capacità che il suolo hanno di trattenere e potenzialmente incrementare il proprio stock di carbonio (C).

Prodotti: stoccaggio di C e mitigazione dei cambiamenti climatici.

Processi coinvolti: i suoli immagazzinano enormi quantità di C (2,700 Gt), più di quanto possano fare l'atmosfera (780 Gt) e la vegetazione terrestre (575 Gt) insieme. Questa funzione dipende dall'equilibrio tra l'accumulo di sostanza organica nel suolo e le emissioni di CO₂ e CH₄ in atmosfera. L'accumulo nel suolo è reso possibile dalla trasformazione di C prelevato dall'atmosfera, sotto forma di anidride carbonica, in sostanza organica tramite la fotosintesi. La sostanza organica inizialmente va a costituire i tessuti delle piante e successivamente viene restituita al suolo come lettiera, poi decomposta e trasformata dai microrganismi. La persistenza del C nel suolo è molto variabile e dipende dalle condizioni ambientali (soprattutto il clima) e dall'uso del suolo. La quantità e persistenza della sostanza organica nel suolo, e quindi il potenziale del suolo come serbatoio di C, dipendono inoltre da varie proprietà tra cui: tessitura, struttura, pH, disponibilità di nutrienti (es. N). In generale, un aumento della quantità di C stoccato nel suolo aiuta a mitigare il cambiamento climatico.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: gli stock di C nel suolo sono fondamentali praticamente per tutti gli altri servizi, soprattutto quelli collegati alla produzione agricola, alla purificazione delle acque e al ciclo dei nutrienti.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: l'uso del suolo condiziona significativamente lo stoccaggio e sequestro di C, e quindi la regolazione del clima. Ad esempio, la conversione da foresta e terreno agrario o area urbana riduce notevolmente il servizio ecosistemico, o addirittura lo annulla. Anche l'estrazione di torba e il drenaggio di torbiere comporta un rapido aumento delle emissioni di CO₂ dal suolo, trasformandolo da serbatoio a sorgente di C.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: a seguito dei cambiamenti climatici, la necessità di questo servizio ecosistemico diverrà sempre più urgente. Inoltre, in alcuni tipi di suolo il riscaldamento globale potrà determinare un rapido aumento delle emissioni di CO₂ a seguito della riduzione del contenuto idrico (es. torbiere).

Aspetti legati alla domanda: questo servizio ecosistemico è di vitale importanza per la mitigazione dei cambiamenti climatici in atto, per cui la domanda è in continuo aumento.

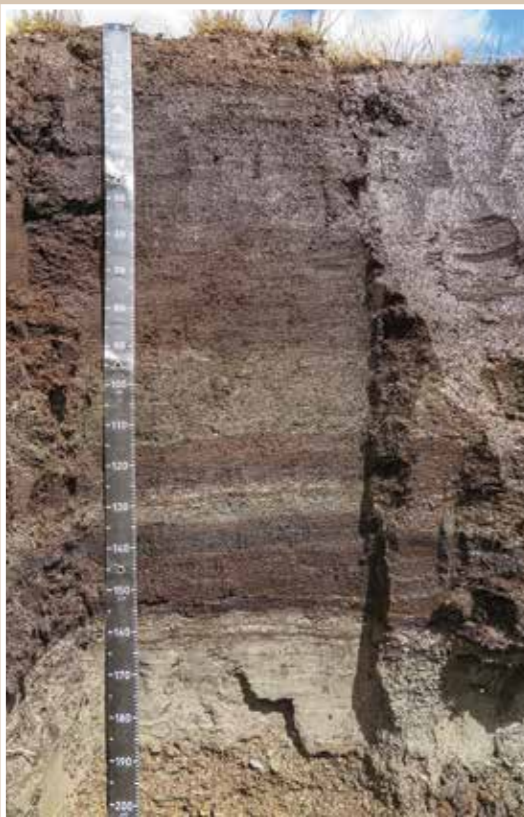
Specificità per l'arco alpino: escludendo le aree a quote più elevate, che sono per lo più prive di vegetazione, le Alpi sono dominate da foreste e pascoli, che possono immagazzinare elevati stock di C. Tuttavia, gli orizzonti più superficiali del suolo sono anche molto sensibili ai cambiamenti climatici e di uso del suolo. Sulle Alpi, un'accorta gestione del suolo può contribuire a mantenere e persino aumentare la capacità di immagazzinare C. Un ruolo ecologico molto importante è svolto dalle torbiere, che sono serbatoi di carbonio particolarmente efficienti. Come in altre zone del mondo, anche sulle Alpi le torbiere in passato sono state spesso convertite in coltivi, trasformandosi così da serbatoi in sorgenti di C.



▲ Figura 22:
suolo di torbiera in Slovenia (Foto: S. Stanchi)



▲ **Figura 23:**
suolo di faggeta con orizzonti organici molto sviluppati, a 1500 m slm. Tirolo, Austria (Foto: C. Geitner)



◀ **Figura 24:**
profilo della torbiera di alta quota di Rotmoos in Tirolo, a 2300 m slm (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 25:**
un Podzol, capace di immagazzinare grandi quantità di carbonio organico negli orizzonti profondi (Foto: M. D'Amico)

Stoccaggio e sequestro di carbonio in breve

- **Prodotti:** regolazione del clima a scala globale e mitigazione dei cambiamenti climatici.
- **Servizio:** grazie alla fotosintesi, il carbonio è prelevato dall'atmosfera e va a costituire i tessuti vegetali. Successivamente è accumulato nel suolo sotto forma di residui e lettiera che vengono decomposti. Il suolo è in grado di accumulare più C dell'atmosfera e della vegetazione terrestre messe insieme.
- **Domanda:** per mitigare i cambiamenti climatici ed i loro impatti negativi (degradazione del permafrost, fusione dei ghiacciai, eventi meteorologici estremi etc.) la regolazione del clima diventa un servizio di primaria importanza.
- **Minacce:** una gestione non sostenibile del suolo può portare all'aumento delle emissioni di CO₂, trasformando il suolo da serbatoio di C a fonte di emissioni.



Filtrazione e purificazione dell'acqua

Definizione: il servizio ecosistemico "filtrazione e purificazione dell'acqua" si riferisce alla capacità del suolo di filtrare particelle solide, e trattenere e degradare inquinanti che si trovano nell'acqua di infiltrazione, rendendola potabile e adatta all'uso umano e non.

Prodotti: acqua di falda e sorgente pura e potabile.

Processi coinvolti: il suolo è in grado di filtrare particelle solide e trattenere nutrienti e pesticidi, composti organici ed inorganici (spesso inquinanti) prodotti da attività agricole, scarichi urbani o industriali. La capacità di agire meccanicamente come filtro dipende essenzialmente dalle dimensioni delle particelle trasportate, da quelle dei pori del suolo, e quindi dalla velocità di drenaggio. La capacità di trattenere chimicamente composti presenti nelle acque dipende invece dall'interazione con le superfici minerali (argille), la sostanza organica e gli organismi viventi. Il trasporto e il destino degli inquinanti dipende dalla capacità del suolo di neutralizzare, tamponare e trattenere queste sostanze tramite specifici processi chimici. La compattazione del suolo, la riduzione del contenuto di sostanza organica, la riduzione della componente vivente del suolo limitano questo servizio ecosistemico mettendo in pericolo la qualità delle risorse idriche.

Interazione con altri servizi ecosistemici del suolo: questo servizio è uno dei più rilevanti per la salute umana e dell'ecosistema. La vegetazione può dare il suo contributo, ad esempio agendo a sua volta come filtro e immobilizzando gli inquinanti. Suoli sani, con una buona dotazione di sostanza organica, ben funzionanti dal punto di vista ecosistemico sono fondamentali per garantirci acque pulite e potabili.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la capacità del suolo di fornire questo servizio dipende dall'uso del suolo in atto, e dalle pratiche di gestione adottate che possono influenzare pH, contenuto di sostanza organica, attività biologica.

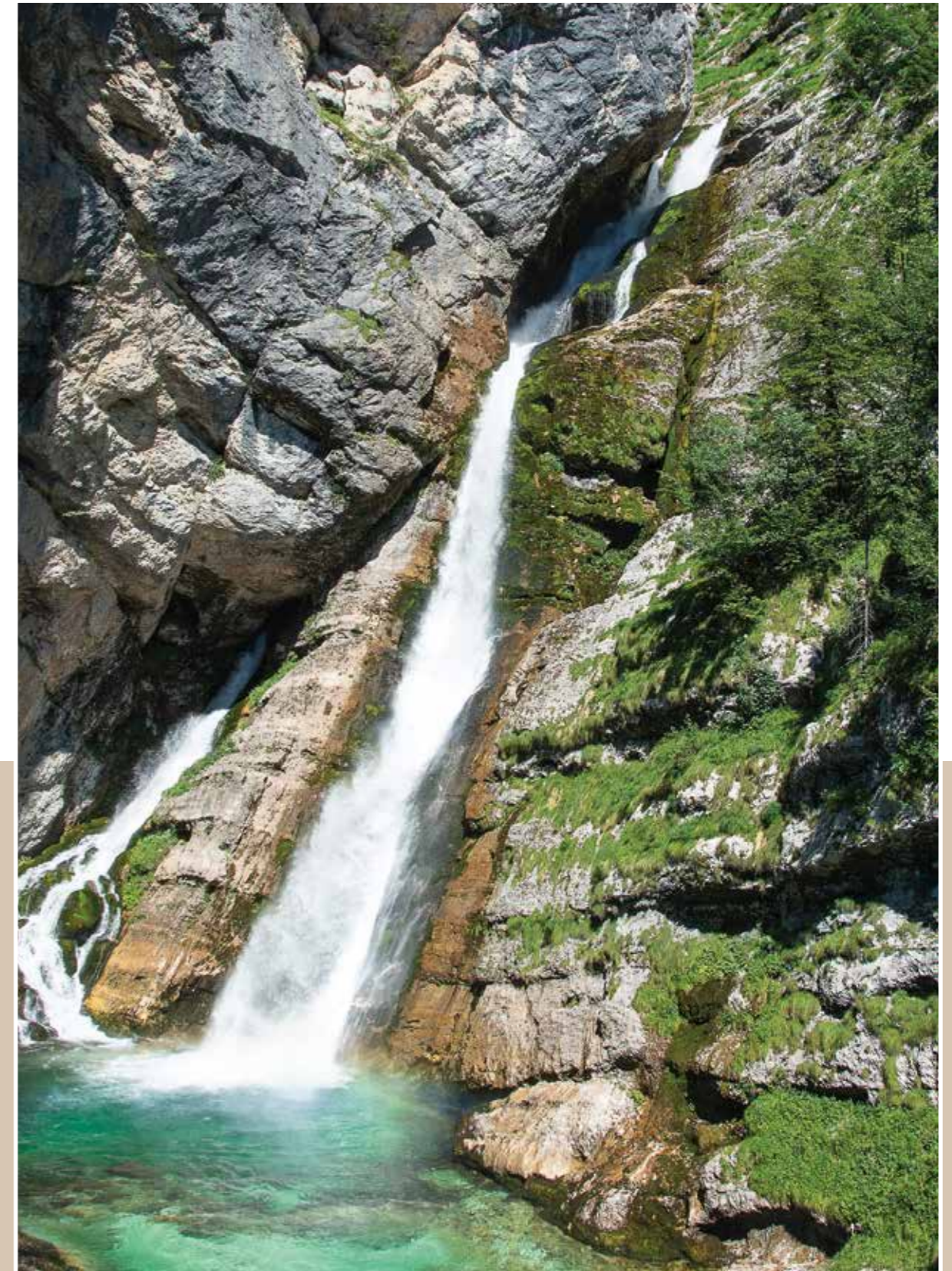
Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: a seguito dei cambiamenti climatici in atto la capacità idrica, e con essa la capacità filtrante del suolo potrà essere messa a rischio dall'innalzamento delle temperature e da lunghi periodi di siccità. Anche una riduzione del contenuto e della qualità della sostanza organica potrà determinare una riduzione della capacità filtrante e purificante.

Aspetti legati alla domanda: con l'aumento della popolazione, la domanda di acqua potabile aumenterà e così anche la richiesta di questo fondamentale servizio ecosistemico.

Specificità per l'arco alpino: molti suoli sulle Alpi sono poco profondi, pietrosi, con tessitura grossolana e basso contenuto di argilla, e di conseguenza svolgono limitatamente la funzione di filtraggio e purificazione delle acque. In generale, la quantità di argilla è importante ai fini di garantire una buona capacità di purificazione delle acque.



▲ **Figura 26:**
sorgente di montagna che sgorga dal tronco di un vecchio albero (Foto: M. D'Amico)



▲ **Figura 27:**
le cascate di Savica in Slovenia (Foto: B.Vrščaj)

Filtrazione e purificazione dell'acqua in breve

- **Prodotti:** acqua pulita (e potabile) per il consumo umano e altri usi.
- **Servizio:** sostanze potenzialmente inquinanti possono essere trattenute o degradate dal suolo durante il processo di infiltrazione dell'acqua. Il processo è controllato da: profondità del suolo, tessitura, struttura, quantità di sostanza organica, pH, attività biologica.
- **Domanda:** al crescere della popolazione, la domanda di acqua tenderà ad aumentare sia per l'uso potabile e domestico, che per quello agricolo e industriale.
- **Minacce:** la degradazione del suolo per inquinamento, erosione, compattazione, acidificazione, perdita di sostanza organica mette a rischio la sua capacità di filtrare e purificare le acque.



Regolazione del ciclo dei nutrienti

Definizione: il servizio ecosistemico “regolazione del ciclo dei nutrienti” fa riferimento all’accumulo, gli scambi e le trasformazioni che regolano i macro e micronutrienti del suolo. E’ collegato a vari processi quali: l’azotofissazione, la decomposizione della lettiera, la mineralizzazione, lo stoccaggio di C.

Prodotti: nutrienti disponibili alle piante e agli altri organismi del suolo.

Processi coinvolti: oltre a C, H e O provenienti da aria e acqua, le piante necessitano di numerosi altri macronutrienti (es. N, P, K, Ca, Mg, S) e di micronutrienti, ugualmente importanti ma richiesti in minore quantità, come Fe, B, Mo, Cu, Mn, Zn, Na, Cl, Co, Si. La decomposizione è operata praticamente da tutti gli organismi del suolo, anche se in misura diversa e con diversi meccanismi. Artropodi e lombrichi ad esempio frammentano meccanicamente la lettiera e i residui organici, e li rimescolano con la frazione minerale del suolo. Funghi e batteri sono anch’essi molto attivi nella decomposizione. Ad ogni stadio della decomposizione, vengono prodotti composti via via più semplici. Tra i composti organici, le sostanze umiche, che sono molto complesse, hanno un turnover molto lungo e contribuiscono a formare la struttura del suolo e conservarne la fertilità.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: i nutrienti sono fondamentali per garantire la fertilità del suolo. Una buona dotazione di nutrienti infatti permette una adeguata produttività (agricola e non), e favorisce la biodiversità sul suolo e nel suolo. A parità di clima, le comunità vegetali, e così gli altri organismi del suolo, sono fortemente influenzati dalla disponibilità di nutrienti. Il ciclo dei nutrienti inoltre è strettamente collegato alla qualità degli habitat, alla biodiversità ed alla qualità delle acque superficiali e sotterranee.

Impatti dell’uso del suolo sul servizio ecosistemico: l’uso del suolo e le pratiche gestionali, come la fertilizzazione e le lavorazioni, influenzano il ciclo dei nutrienti, generalmente aumentandone il contenuto. I suoli con la migliore dotazione di nutrienti vengono per lo più destinati all’agricoltura.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: i cambiamenti climatici, ed in particolare variazioni nei regimi termici e idrici, potranno ripercuotersi sul ciclo dei nutrienti. Per esempio, il perdurare di periodi caldi e asciutti potranno rallentare il ciclo dei nutrienti, mentre piogge eccessive potranno determinare perdite per lisciviazione, con conseguente riduzione della naturale fertilità del suolo.

Aspetti legati alla domanda: l'agricoltura sostenibile passa attraverso l'accorta gestione del ciclo dei nutrienti, ad esempio preservando la naturale fertilità del suolo, fertilizzando in modo non eccessivo, proteggendo la componente vivente del suolo. Il ciclo dei nutrienti è un servizio fondamentale per garantire la sicurezza alimentare ad una popolazione in costante aumento.

Specificità per l'arco alpino: soprattutto nelle zone di foresta fredda e umida, una lenta decomposizione della lettiera determina la formazione di spessi orizzonti organici. I nutrienti contenuti in questo tipo di orizzonti sono però poco disponibili per le piante. Anche i suoli molto giovani, i cui minerali sono poco alterati, mostrano generalmente una bassa fertilità. Al contrario i suoli più sviluppati, ad esempio nei fondovalle, risultano in genere più fertili e per questo motivo, insieme alla maggiore accessibilità, sono stati storicamente destinati all'agricoltura.



▲ **Figura 28:**
fertilizzazione organica di suoli agrari in Slovenia (Foto: J. Lesjak)

Regolazione del ciclo dei nutrienti in breve

- **Prodotti:** nutrienti disponibili per le piante e altri organismi viventi.
- **Servizio:** il suolo è attivamente coinvolto nel ciclo dei nutrienti, che divengono poi disponibili per le piante ed altri organismi.
- **Domanda:** una crescente domanda di cibo e biomasse richiede una adeguata disponibilità di nutrienti nel suolo.
- **Minacce:** una gestione scorretta del suolo con fertilizzazioni eccessive o troppo scarse determina squilibri nel ciclo dei nutrienti. Nel caso di sovralfertilizzazione si può verificare un inquinamento della falda.

Qualità degli habitat e biodiversità



Definizione: il suolo può ospitare numerosi organismi viventi, dai microrganismi (batteri, protozoi) sino a forme di vita visibili ad occhio nudo come la mesofauna (es. collemboli) e la macrofauna (es. insetti e lombrichi). Gli organismi del suolo interagiscono in modo complesso e contribuiscono in varia misura ai servizi ecosistemici. Per esempio, decompongono la sostanza organica e contribuiscono in questo modo al ciclo dei nutrienti. La biodiversità si esprime a livello sia di specie che genetico.

Prodotti: biodiversità, dal livello genetico a quello specifico.

Processi coinvolti: la biodiversità all'interno del suolo dipende da numerose proprietà come il volume totale dei pori (cioè gli spazi vuoti disponibili agli organismi viventi), la quantità di acqua disponibile, la presenza o meno di ossigeno, la quantità ed il tipo di sostanza organica. Inoltre, sono importanti le relazioni inter ed intra-specifiche, che regolano l'abbondanza e la diversità delle popolazioni di organismi del suolo. La biodiversità del suolo è una proprietà dinamica, che varia giornalmente e stagionalmente, così come a lungo termine, a seconda delle condizioni ambientali e dei processi di degradazione del suolo in atto. E' molto difficile quantificare e confrontare la biodiversità tra suoli differenti, perché i gruppi di organismi sono numerosissimi e le loro dinamiche molto complesse.

Interazioni con altri servizi ecosistemici del suolo: la biodiversità nel suolo e sulla sua superficie dipende da numerose proprietà, dal clima (e dai cambiamenti climatici) e dall'uomo (es. uso del suolo). L'importanza della biodiversità nel suolo è spesso sottostimata. Nei suoli agrari, essa condiziona la produttività e la sostenibilità dell'uso del suolo a lungo termine. Inoltre, le proprietà chimiche e fisiche del suolo (es. pH, profondità, sostanza organica) influenzano la biodiversità selezionando le comunità di organismi viventi, in primo luogo le piante ma anche animali, funghi batteri etc.. La biodiversità nel suolo è alla base di numerosi altri servizi ecosistemici e processi. Ad esempio, influenza direttamente la decomposizione della lettiera e i cicli dei nutrienti, contribuisce a immobilizzare e degradare inquinanti, contribuisce alla produzione di biomassa, alla purificazione delle acque, al ciclo del carbonio.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la biodiversità all'interno del suolo è il risultato delle proprietà e della gestione della risorsa. Le proprietà del suolo infatti influenzano la numerosità e varietà di organismi presenti sia nel suolo che sulla sua superficie. Molto spesso la biodiversità viene sacrificata a favore di altri servizi ecosistemici come la produzione agricola, o compromessa dall'ingresso di specie esotiche. Le varie forme di degradazione del suolo (erosione, salinizzazione, acidificazione...) e l'uso non sostenibile del suolo possono significativamente ridurla.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: il suolo inteso come habitat risente dei cambiamenti climatici (es. aumento delle temperature e dei periodi secchi), con effetti sulla biodiversità. A seguito dei cambiamenti climatici, le specie viventi potrebbero scomparire, migrare o adattarsi.

Aspetti legati alla domanda: la necessità di mitigare i cambiamenti climatici rende fondamentale la conservazione della biodiversità e la promozione della resilienza degli ecosistemi. Un uso responsabile e sostenibile del suolo in ciascun settore (agricoltura, foreste, turismo...) deve includere la protezione della biodiversità come fattore chiave per la conservazione di questa importante risorsa.

Specificità per l'arco alpino: la variabilità geografica, climatica, vegetazionale che si osserva sull'arco alpino determina un'elevatissima biodiversità, non soltanto nel suolo. In generale, suoli poco sviluppati, molto acidi, in clima freddo mostrano un ridotta attività biologica. La biodiversità all'interno del suolo può essere ridotta anche per cause antropiche, come accade nelle foreste monospecifiche o nell'agricoltura intensiva.



◀ **Figura 29:**
i suoli sulle Alpi ospitano una grandissima biodiversità
(Foto: T. Peham)



▲ **Figura 30:**
raro esemplare di lombrico azzurro/verde (Allolobophora smaragdina), che colonizza il legno in decomposizione nella Valle di Brixen, in Tirolo (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 32:**
prateria alpina con elevata biodiversità (Foto: M. D'Amico)



▲ **Figura 31:**
canali prodotti da lombrichi in un Cambisol del Tirolo, a circa 60 cm di profondità (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 33:**
le torbiere contribuiscono alla diversità del paesaggio delle Alpi (Foto: B.Vrščaj)

Qualità degli habitat e biodiversità in breve

- **Prodotti:** biodiversità a scala diversa (geni-specie) e benefici che ne derivano (es. specie medicinali, resilienza ai cambiamenti climatici e alle infestazioni di insetti etc.).
- **Servizi:** il suolo ha un'importanza essenziale come habitat per numerosi organismi viventi. Le sue proprietà influenzano la composizione delle comunità vegetali, animali e microbiche. Lo studio della biodiversità nel suolo è estremamente complesso, poiché sono molto complesse le interazioni tra gli organismi che lo popolano.
- **Domanda:** la biodiversità nel suolo è un indicatore di qualità e salute del suolo. Contribuisce alla resilienza del sistema e garantisce il benessere umano e dell'ecosistema.
- **Minacce:** tutti gli usi insostenibili del suolo si ripercuotono negativamente sulla biodiversità, e mettono a rischio la funzione di habitat.



Archivio naturale e culturale

Definizione: il suolo contiene e conserva importanti testimonianze naturali e culturali del passato. Inoltre, alcuni suoli sono estremamente rari e meritano speciali misure di tutela.

Prodotti: conservazione di testimonianze naturali e culturali.

Processi coinvolti: alcuni suoli, per le loro caratteristiche morfologiche, il loro contenuto (es. resti archeologici o fossili) o la loro storia, sono molto interessanti a livello scientifico, perché ci aiutano a ricostruire la storia della civiltà, della cultura, del clima. Ad esempio, i suoli di torbiera, grazie alle condizioni anossiche che li caratterizzano, hanno conservato per millenni resti vegetali importanti come pollini, semi etc. Questi resti possono essere datati con tecniche specifiche, e forniscono agli scienziati informazioni utili per ricostruire la storia del clima e della vegetazione. Altri esempi di suoli che preservano testimonianze del passato sono quelli che si sviluppano su sedimenti lacustri o eolici, ed i paleosuoli (suoli molto antichi). Le proprietà del suolo possono fornirci informazioni, oltre che sul clima, anche sull'uso e sulla gestione passati, aiutandoci a ricostruire la relazione tra suolo e paesaggio.

Interazioni con altri servizi ecosistemici: la conservazione delle testimonianze del passato nel suolo può essere in conflitto con altri usi del suolo.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: la capacità di conservare informazioni sul passato può essere compromessa da una gestione scorretta (es. drenaggio delle torbiere o lavorazioni profonde).

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: gli ambienti di torbiera in particolare sono a rischio per effetto dei cambiamenti climatici, soprattutto in relazione all'aumento delle temperature.

Aspetti legati alla domanda: al crescere della domanda turistica nelle Alpi e dell'interesse per il paesaggio possiamo attenderci un aumento di richiesta del relativo servizio ecosistemico.

Specificità per l'arco alpino: i suoli delle Alpi possono racchiudere un'ampia varietà di testimonianze del passato, grazie alla diversità delle condizioni ambientali e socio-culturali che caratterizzano l'arco alpino. Rappresentano quindi una ricchezza notevole a livello scientifico ed educativo. Grazie ai suoli di torbiera – ma non solo – siamo in grado di ottenere informazioni importanti per comprendere il passato delle Alpi e delle civiltà che le hanno popolate, studiando resti di piante, residui di carbone etc.. Conoscere le relazioni tra suolo e paesaggio, nonché la storia passata, può aiutarci a vivere in modo più sostenibile, gestendo il suolo in modo appropriato.



▲ **Figura 34:**
sedimenti eolici accumulatisi su rocce carbonatiche in Tirolo (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 35:**
scavo che mostra un focolare di oltre 7000 anni fa, rinvenuto in Tirolo a 2000 m slm (Foto: C. Geitner)



▲ **Figura 36:**
dettaglio di coproliti in un suolo organico (Foto: M. D'Amico)



▲ **Figura 37:**
una prateria della Baviera caratterizzata da alta biodiversità (Foto: C. Geitner)

Archivio naturale e culturale in breve

- **Prodotti:** conservazione di testimonianze naturali e culturali.
- **Servizio:** i suoli che contengono resti o testimonianze del passato (es. i suoli di torbiera) sono molto importanti a livello scientifico perché ci permettono di ricavare importanti informazioni sulla storia del clima, dell'uso del suolo e della civiltà.
- **Domanda:** al crescere della domanda turistica e dell'interesse per il paesaggio possiamo attenderci un aumento di richiesta del relativo servizio ecosistemico nella regione alpina.
- **Minacce:** le lavorazioni profonde, l'impermeabilizzazione e le costruzioni possono distruggere o rendere indisponibili le testimonianze del passato conservate nel suolo.



Servizi ricreativi e spirituali

Definizione: i suoli sono terreno per attività all'aria aperta, sport, attività turistiche ed offrono esperienze culturali, spirituali ed estetiche.

Prodotti: contributo alla salute umana, alle attività ricreative e spirituali.

Processi coinvolti: le proprietà del suolo (tessitura, drenaggio, densità) e le condizioni ambientali (pendenza, morfologia, vegetazione, suscettibilità all'erosione) condizionano l'utilizzo dei suoli montani a scopo ricreativo e sportivo. Alcune attività comportano specifiche operazioni a carico del suolo. Ad esempio, un campo da golf richiede un drenaggio ottimale e quindi una tessitura del suolo idonea, e deve avere una perfetta copertura erbacea. Le piste da sci richiedono superfici livellate e suoli adatti a supportare una copertura nevosa durevole e con elevata densità.

Interazioni con altri servizi ecosistemici: mentre la fruizione estetica di un suolo non influenza gli altri servizi ecosistemici, l'uso ricreativo può avere effetti significativi sul drenaggio e sulla purificazione dell'acqua, la ritenzione idrica, la regolazione del microclima, e la conservazione della biodiversità.

Impatti dell'uso del suolo sul servizio ecosistemico: molto spesso le aree in cui si praticano sport sono utilizzate anche come pascoli, foreste di produzione o di protezione. Quindi, la conservazione e protezione del suolo assicura lo svolgimento di molteplici servizi ecosistemici allo stesso tempo. La realizzazione di opere come le piste da sci possono avere impatti negativi sul suolo (proprietà chimiche, fisiche e biologiche) per effetto del passaggio dei macchinari pesanti, delle operazioni di livellamento e di battitura del manto nevoso. Un esempio di degradazione del suolo molto comune in questi ambienti è l'erosione, i cui effetti possono propagarsi anche nei fondovalle.

Impatti dei cambiamenti climatici sul servizio ecosistemico: i cambiamenti climatici stanno influenzando fortemente la quantità e durata dell'innnevamento alle quote inferiori a 1500 m slm. Secondo gli scenari elaborati dai climatologi, i comprensori sciistici delle Alpi dovranno fronteggiare gli effetti del riscaldamento globale spostandosi a quote maggiori, per garantire una durata sufficiente dell'innnevamento. Allo stesso tempo, l'innalzamento delle temperature permetterà lo svolgimento di attività come l'escursionismo a quote più elevate rispetto al passato, aumentando la domanda di servizi ricreativi e turistici collegati.

Aspetti legati alla domanda: molte attività ricreative praticate nelle Alpi (es. sci, mountain bike, escursionismo) sostengono le economie locali. Negli ultimi decenni l'afflusso di turisti nelle Alpi è au-

mentato, anche a causa delle frequenti ondate di calore estive nelle aree di pianura. Una conoscenza approfondita degli impatti delle attività ricreative e sportive sul suolo può aiutarci a definire linee guida per una gestione sostenibile del suolo per il futuro.

Specificità per l'arco alpino: le Alpi hanno una lunga storia di turismo estivo e invernale. Attualmente oltre il 15% dei turisti europei ha scelto le Alpi come destinazione. Nei decenni passati il turismo invernale ha avuto un enorme sviluppo. Le Alpi ospitano il 36% delle stazioni sciistiche e l'84% dei maggiori comprensori sciistici del mondo, attraendo l'80% degli sciatori. L'uso di macchinari pesanti per modellare i pendii durante la costruzione delle piste ha dei pesanti impatti sulle proprietà del suolo. Altri derivano dall'uso delle mountain bike, che negli ultimi anni si sta espandendo notevolmente. Inoltre, per diversificare l'offerta turistica sulle Alpi, sono stati costruiti numerosi campi da golf, spesso con effetti negativi sui suoli e sulla vegetazione esistente (es. riduzione della biodiversità).



▲ Figura 38:
escursionisti nelle Alpi, Tirolo (Foto: C. Geitner)



▲ Figura 39:
i suoli sono una componente fondamentale del paesaggio delle Alpi (Foto: C. Geitner)



◀ Figura 40:
sci nordico nelle Alpi Marittime
(Foto: S. Stanchi)



▲ **Figura 41:**
il numero di visitatori è in costante crescita nelle Alpi. Rifugio nelle Alpi Giulie, Slovenia (Foto: B.Vrščaj)

Servizi ricreativi e spirituali in breve

- **Prodotti:** ricreazione, attività all'aria aperta, sport, divertimento, fruizione estetica del paesaggio.
- **Servizio:** il suolo fornisce un supporto alla pratica di numerosi sport e attività legate al turismo. Esso ci permette di vivere esperienze di divertimento, ma riveste anche un significato estetico e spirituale. Per alcune attività sportive (es. sci, golf) si richiede una gestione specifica dei suoli destinati alla pratica, con impatti sulle proprietà chimiche, fisiche e biologiche.
- **Domanda:** sulle Alpi si svolgono molte attività ricreative (es. sci, mountain bike, escursionismo, golf) rilevanti per le economie locali. Il turismo sulle Alpi è in costante crescita e così la richiesta del servizio ecosistemico collegato.
- **Mlnacce:** una gestione scorretta delle infrastrutture sportive e ricreative (es. piste da sci, campi da golf, percorsi escursionistici e per mountain bike) può produrre processi erosivi anche intensi, che si ripercuotono sulla sicurezza e la futura fruibilità dell'area.

Imprint

Questa pubblicazione

I suoli sono una componente fondamentale degli ecosistemi delle Alpi. Rappresentano una risorsa naturale importante soprattutto nella regione alpina, molto fragile e vulnerabile. La gestione sostenibile dell'ambiente nell'arco alpino passa anche attraverso una gestione attenta e sostenibile del suolo, che può contribuire a migliorare i servizi ecosistemici e la resilienza degli ecosistemi stessi. Il Protocollo "Difesa del Suolo" della Convenzione delle Alpi ha come obiettivo proprio la salvaguardia e gestione sostenibile del suolo. La nostra pubblicazione "I Servizi Ecosistemici del Suolo nelle Alpi" tratta i servizi che il suolo può fornire all'ambiente e all'uomo nei vari settori produttivi (agricoltura, foreste, turismo etc.), e si propone di aumentare la consapevolezza sul tema del suolo, rivolgendosi ad un pubblico ampio, di non specialisti.

Il progetto Links4Soils

Il progetto Links4Soils promuove la divulgazione sul suolo nella regione alpina, la raccolta di dati pedologici a livello regionale e nazionale, il trasferimento di conoscenze e buone pratiche, la promozione di strategie efficienti per la protezione del suolo. Ha come obiettivo una migliore conoscenza del suolo, per contribuire all'implementazione del Protocollo "Difesa del Suolo" della Convenzione delle Alpi.

Partner del progetto

Agricultural Institute of Slovenia, SI (project leader) • Office of the Tyrolean Provincial Government, AT • Autonomous Region of Aosta Valley, IT • Municipality of Kaufering, Department of Environment and Nature, DE • National Research Institute of Science and Technology for the Environment and Agriculture, Grenoble Regional Centre, Mountain Ecosystem Research Unit, FR • Slovenian Forest Service, SI • Institute of Geography, University of Innsbruck, AT • Climate Alliance Tirol, AT • Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, IT

Ringraziamenti

Il progetto è co-finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e dal Programma Interreg – Spazio Alpino.

Siti web

www.alpine-space.eu/projects/links4soils

Contatti

info@alpinesoils.eu

