L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

Italian Journal of Forest and Mountain Environments

published by the Italian Academy of Forest Sciences

INSIGHTS / PROSPETTIVE
81 (3): 161-168, 2026 doi: 10.36253/ifm-1271

Ecosystem transilience: a conceptual framework for adaptive forest management under climate change

Transilienza ecosistemica: un quadro concettuale per la gestione adattativa delle foreste in condizioni di cambiamento climatico

Marco Borghetti

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali (DAFE), Università della Basilicata; viale dell'Ateneo Lucano 10 - 85100 Potenza (Italy); marco.borghetti@unibas.it

Abstract: This note proposes the notion of ecosystem transilience as an interpretive framework for forest management under climate change. The term is first traced to its origins in innovation studies, where it described the capacity of major innovations to reshape resources, competencies, and market relations, and is then connected to ecological concepts such as resilience, transformability, and post-disturbance reorganization. Building on this background, the note argues that ecosystem transilience offers a complementary lens for describing the process through which a forest ecosystem moves across a state transition while reorganizing its structures, processes, and functions under changing environmental constraints. Rather than replacing resilience or transformability, it focuses more explicitly on the transition itself and on the possibilities for its active management. A simple conceptual representation is proposed to distinguish resilience, understood as persistence within a domain of ecologically viable configurations, from transilience, understood as the quality of a transition toward new viable configurations while seeking to maintain or reconstitute priority ecosystem functions under uncertainty. Italian forests are presented as a particularly relevant testing ground for this perspective. Their marked biogeographical diversity, the widespread occurrence of structurally simplified stands, and the growing pressure of drought, fire, and climate-driven disturbance make it increasingly difficult to assume that maintaining current forest configurations is always realistic or desirable. Within this context, Regulation (EU) 2024/1991 on nature restoration is interpreted as a policy framework consistent with a transilience perspective. The note identifies four practical implications: defining environmental operating limits; establishing context-specific portfolios of ecosystem functions; accompanying transitions through silvicultural interventions; and developing adaptive indicators capable of monitoring ecosystem change and the quality of functions delivered during transition. Taken together, these elements position ecosystem transilience as a concept that can help bridge ecological theory, adaptive forest management, and restoration policy at a time of accelerating environmental change.

Key words: ecosystem state transition; adaptive forest management; climate change; ecosystem functions; restoration.

Citation: Borghetti, M. (2026). Transilienza ecosistemica: un quadro concettuale per la gestione adattativa delle foreste in condizioni di cambiamento climatico. *L'Italia Forestale e Montana, 81*(3), 161-168. https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1271

Received: 07/09/2026 **Revised version:** 01/10/2026 **Published online:** 13/11/2026

© 2026 Author(s). This is an open access, peer-reviewed article published by the Italian Academy of Forest Sciences and distributed by Firenze University Press under the terms of the Creative Commons Attribution License.

1. Origine ed evoluzione del termine

Il termine transilienza deriva dal verbo latino *transilīre*, composto da *trans* (oltre) e *salīre* (saltare), e rimanda dunque all'idea di oltrepassare con un balzo, di passare al di là di una soglia.[1] In ambito scientifico è stato impiegato in campi diversi, sia teorici sia applicativi, sempre con un significato che richiama il passaggio da una condizione a un'altra. La sua definizione tecnica risale ad Abernathy & Clark (1985), che lo introdussero negli studi sulle novità tecnologiche per descrivere la capacità di un'innovazione di modificare le risorse, le competenze e le relazioni di mercato di un'impresa. Nella loro "mappa di transilienza", le innovazioni sono classificate in quattro categorie, a seconda del grado in cui conservano o trasformano sia le competenze tecnico-produttive sia i legami con i mercati esistenti. Già in questa formulazione emerge il significato di fondo del termine: un "salto" da uno stato a un altro. In particolare, l'innovazione architetturale, nella tassonomia proposta dagli Autori, modifica in profondità le relazioni tra competenze e mercati esistenti e dà origine a un nuovo assetto.

Negli anni successivi il concetto è stato ripreso negli studi sull'innovazione e sulle organizzazioni, per descrivere come risorse, competenze e relazioni vengano riorganizzate in condizioni di cambiamento rapido (Henderson & Clark, 1990; Teece et al., 1997). In questo passaggio l'attenzione si è spostata in parte dalle innovazioni, considerate come oggetti, alle organizzazioni, considerate come soggetti capaci di passare da un modo di operare a un altro. Un utilizzo analogo compare anche al di fuori degli studi d'impresa, per esempio in ambiti che riguardano lo sviluppo personale (Zezza & Vitullo, 2014; Zezza, 2026).

Pur nella diversità dei contesti, questi usi condividono un nucleo semantico costante: la transilienza indica la capacità di attraversare una discontinuità e di approdare a un assetto nuovo, anziché ristabilire semplicemente la condizione precedente. È proprio questa idea di attraversamento, più che di ritorno, a suggerire un possibile trasferimento del concetto al campo ecologico e alla gestione forestale, che verrà discusso nelle sezioni seguenti.

2. Resilienza, trasformabilità e transilienza ecosistemica: un continuum concettuale

Il dibattito ecologico ha elaborato diversi concetti per descrivere come i sistemi naturali rispondono alle perturbazioni. Holling (1973) ha proposto una definizione di resilienza che mette l'accento sulla capacità di un sistema di assorbire le perturbazioni senza cambiare regime, cioè senza passare a un funzionamento profondamente diverso. In seguito, lo stesso autore ha distinto tra una forma di resilienza spesso definita "ingegneristica", che indica la velocità con cui un sistema ritorna al suo stato di equilibrio dopo un disturbo, e la resilienza "ecologica", centrata sulla persistenza del sistema nonostante le perturbazioni (Holling, 1996; cfr. anche Pimm, 1984). A queste elaborazioni si è affiancato il concetto di trasformabilità (Walker et al., 2004), ovvero la capacità di un sistema di assumere una configurazione radicalmente nuova quando le condizioni ambientali rendono insostenibile quella attuale. Presi insieme, questi concetti delineano un gradiente di risposte possibili, dall'assorbimento del disturbo entro lo stesso regime fino all'acquisizione di una configurazione radical-

[1] L'aggettivo *transilient* è attestato in inglese dal 1630 (Oxford English Dictionary, Layfield). Il sostantivo *transilience* compare nel Webster's del 1913. Transilienza entra in italiano dall'inglese in tempi recenti: Treccani la registra tra i neologismi, documentandone l'uso con esempi di stampa dal 2015.

mente diversa. Negli ecosistemi forestali, tuttavia, la lunga durata degli alberi e dei processi di sviluppo dei popolamenti rende particolarmente rilevante capire come questo gradiente si traduca in esiti concreti dopo un disturbo.

Un quadro specifico per le foreste è stato proposto da Seidl & Turner (2022), che interpretano la riorganizzazione post-disturbo richiamando l'attenzione sulla breve finestra temporale che segue l'evento: gli alberi che si insediano in quella fase determinano spesso struttura e composizione del bosco per decenni o addirittura secoli. Gli Autori descrivono uno spettro di risposte possibili. Da un lato si colloca la resilienza in senso stretto, cioè il recupero di una struttura e di una composizione equivalenti a quelle precedenti al disturbo. Seguono gli esiti in cui il bosco persiste ma cambia in modo qualitativo: solo nella struttura, solo nella composizione specifica, oppure in entrambe, fino alla sostituzione con un altro tipo di foresta. All'estremo opposto si trovano i cambiamenti di regime, in cui la traiettoria conduce a un ecosistema non forestale. Questo schema mette in evidenza che la semplice dicotomia tra resilienza e cambiamento di regime può nascondere trasformazioni profonde e che il ritorno allo stato precedente è solo uno dei possibili esiti. In condizioni di cambiamento climatico, tale ritorno spesso non è né realistico né auspicabile.

Sul piano empirico, un'evidenza coerente con questo quadro proviene dallo studio comparativo di Batllori et al. (2020), condotto su 131 siti di foreste e boschi in diversi biomi in cui la mortalità era associata alla siccità. Nelle rilevazioni effettuate, in media cinque anni dopo la mortalità, l'autosostituzione della specie dominante risultava prevalente soltanto nel 21% dei casi. In una quota consistente di siti la specie dominante era sostituita da altre specie legnose, spesso arbustive, e nel 10% dei siti la vegetazione legnosa non si ricostituiva. I cambiamenti andavano più spesso verso comunità più xeriche (55% dei casi), ma non mancavano spostamenti verso comunità più mesiche (24%). Tra gli esempi europei figurano la sostituzione di *Pinus sylvestris* con *Quercus pubescens* o *Q. ilex* e, in ambiente mediterraneo, di *Pinus pinea* con *Q. ilex*. Gli Autori sottolineano che la persistenza a lungo termine di questi cambiamenti resta da verificare e che gli esiti dipendono dalle caratteristiche della siccità, dai tratti delle specie, dalle eredità ecologiche e dalla gestione. Il recupero della configurazione forestale preesistente costituisce quindi solo una delle possibili traiettorie post-disturbo.

A fronte di queste evidenze, resta tuttavia meno esplicito il linguaggio con cui descrivere il processo di attraversamento della transizione, soprattutto quando esso diventa oggetto di attenzione gestionale. In questa prospettiva, la transilienza ecosistemica può essere proposta come nozione complementare per descrivere la qualità di una transizione di stato: una traiettoria attraverso cui un ecosistema forestale si riorganizza entro nuovi limiti ambientali, mantenendo o ricostituendo, per quanto possibile, funzioni e benefici socialmente rilevanti.

La riorganizzazione può avere origine spontanea o essere influenzata da interventi di gestione. La qualificazione di una traiettoria come transiliente non implica quindi che la transizione sia integralmente controllabile o intenzionale; nella sua declinazione gestionale, implica piuttosto che obiettivi funzionali, vincoli, incertezze e criteri di valutazione siano resi espliciti, sottoposti a monitoraggio e rivedibili nel tempo.

La prospettiva proposta si colloca accanto a contributi che hanno già riconosciuto la necessità di andare oltre strategie esclusivamente orientate alla resistenza al cambiamento. Il paradigma *Resist-Accept-Direct* distingue, tra le altre opzioni, l'orientamento attivo di trasformazioni ecologiche verso configurazioni desiderabili; analogamente, le strategie di risposta

al cambiamento climatico proposte per le foreste includono interventi capaci di facilitare il passaggio verso condizioni nuove (Millar et al., 2007; Schuurman et al., 2022). La transilienza non intende sostituire questi orientamenti né designare una tecnica specifica, quale l'*assisted migration*. Piuttosto, propone un lessico per mettere in evidenza la traiettoria complessiva della transizione, le funzioni da mantenere per quanto possibile, i compromessi tra esse e la necessità di rivedere iterativamente obiettivi e interventi alla luce dell'incertezza. In questo senso, può offrire una chiave di raccordo tra approcci di trasformazione diretta, gestione adattativa e gestione di sistemi forestali complessi e adattativi (Ciancio, 2011; Messier et al., 2013; Bower et al., 2024).

3. Resilienza e transilienza: una rappresentazione concettuale

La seguente rappresentazione ha finalità esclusivamente euristiche: non costituisce un modello predittivo né un indice direttamente applicabile. Essa serve a chiarire le differenze tra persistenza, trasformabilità e qualità delle traiettorie di transizione.

Per rappresentare lo stato di un sistema forestale al tempo t si può usare un vettore:

$$x(t) = \big(x_1(t),\ x_2(t),\ \ldots,\ x_n(t)\big)$$

dove ciascuna componente x_i rappresenta una caratteristica del sistema.

La dinamica del sistema può essere espressa in forma generale come:

$$\frac{dx}{dt} = f\big(x,\ e(t),\ u(t)\big)$$

dove $e(t)$ rappresenta le condizioni ambientali e i disturbi, inclusi clima, siccità, incendi e agenti biotici, mentre $u(t)$ rappresenta le azioni di gestione.

In determinate condizioni ambientali, un ecosistema può evolvere verso configurazioni diverse e relativamente stabili. Indichiamo con A_0 l'insieme delle configurazioni compatibili con il regime iniziale del sistema e con A_1 un diverso insieme di configurazioni ecologicamente praticabili quando le condizioni ambientali cambiano. A_0 e A_1 non devono essere intesi come stati singoli, pienamente prevedibili o immutabili: rappresentano insiemi di configurazioni possibili, che possono essere incerti, mobili nel tempo e sostituiti da ulteriori configurazioni in presenza di cambiamenti ambientali persistenti.

In questa rappresentazione, la resilienza ecologica corrisponde alla permanenza del sistema nel dominio A_0, oppure al suo ritorno verso configurazioni comprese in tale dominio dopo una perturbazione. Questo non implica necessariamente il ritorno a un unico punto di equilibrio: il dominio può includere configurazioni differenti, dinamiche cicliche o variabilità temporale funzionalmente compatibili.

La transilienza diventa rilevante quando il mantenimento del sistema nel dominio A_0 non è più possibile, oppure non è più ecologicamente o socialmente desiderabile. In tal caso, l'obiettivo non è predeterminare un unico stato futuro, ma accompagnare, ove possibile, il passaggio verso uno spazio di configurazioni ecologicamente praticabili, riducendo il rischio di traiettorie degradative e mantenendo opzioni aperte.

Indichiamo con:

$$F(x, e) = (F_1,\ F_2,\ \ldots,\ F_m)$$

il vettore delle funzioni ecosistemiche rilevanti, per esempio: protezione del suolo, regolazione idrologica, riduzione del rischio di incendio, mantenimento della biodiversità, sequestro di carbonio o produzione legnosa.

Una traiettoria di transizione Γ può essere descritta come l'insieme degli stati $x(t)$ attra-

versati tra t_0 e T, sotto date condizioni ambientali e possibili azioni di gestione $u(t)$.

$$\Gamma = \{ x(t) : t \in [t_0,\ T] \}$$

Una traiettoria può essere considerata transiliente quando la riorganizzazione del sistema non comporta perdite funzionali, misurate su F, incompatibili con gli obiettivi definiti per il contesto considerato, oppure quando eventuali perdite temporanee sono riconosciute, monitorate e valutate rispetto alla loro durata, intensità, reversibilità e ai benefici prioritari alternativi. Le funzioni prioritarie e le relative soglie di attenzione costituiscono pertanto riferimenti contestuali e rivedibili, non vincoli universali o immutabili.

In forma schematica, la resilienza è associata alla permanenza entro il dominio A_0, mentre la transilienza riguarda il passaggio orientato fra domini di configurazioni differenti:

Resilienza: $A_0 \rightarrow A_0$

Transilienza: $A_0 \rightarrow A_1$

La trasformabilità designa la possibilità o il potenziale del sistema di accedere a nuove configurazioni; la transilienza pone invece l'attenzione sul processo effettivo di attraversamento, sulle perdite e sui compromessi possibili, sulle opzioni di gestione e sulla loro revisione attraverso il monitoraggio adattativo.

La qualità transiliente di una traiettoria non è esprimibile, in via generale, mediante un unico indice. Essa richiede una valutazione multicriteriale che consideri almeno: la continuità o il recupero delle funzioni prioritarie; la compatibilità del nuovo assetto con i vincoli biofisici; i rischi e la reversibilità delle azioni; i costi e i benefici distribuiti nel tempo; e l'accettabilità sociale delle opzioni considerate.

Questi criteri non sono necessariamente compensabili tra loro e devono essere discussi e aggiornati nel corso del monitoraggio adattativo (Tab. 1).

4. Prospettive applicative

Il contesto forestale italiano può offrire un utile banco di prova per la nozione di transilienza. Da un lato, la penisola presenta una forte eterogeneità biogeografica; dall'altro, la storia della gestione forestale ha spesso prodotto boschi con strutture semplificate e una composizione di specie ridotta. Come documentato da Travaglini et al. (2026), molti ecosistemi forestali italiani risultano poveri di elementi chiave per la biodiversità - legno morto, alberi di grande dimensione, strutture multiplane - il cui recupero richiede interventi mirati a ripristinare la funzionalità ecosistemica.

Sul piano normativo, il Regolamento UE 2024/1991 sul ripristino della natura rappresenta la cornice di riferimento più recente e ambiziosa. Esso prevede misure specifiche per rafforzare la biodiversità degli ecosistemi forestali attraverso un andamento positivo di diversi indicatori: quantità di legno morto in piedi e a terra, percentuale di foreste disetanee, connettività forestale, stock di carbonio organico e diversità delle specie arboree.

La lettura di questi indicatori come riferimenti per la transilienza costituisce qui una proposta interpretativa e non una conseguenza automatica del Regolamento. Gli indicatori non devono essere intesi come valori universali, definiti una volta per tutte, né come la prescrizione di uno stato forestale unico. Possono invece fornire riferimenti per valutare, in relazione ai diversi contesti ecologici e territoriali, se le traiettorie in atto rafforzino o indeboliscano complessità strutturale, biodiversità e capacità funzionale. La loro interpretazione richiede pertanto monitoraggio, confronto con le condizioni di sito e revisione periodica degli obiettivi.

Gli ecosistemi forestali italiani sono inoltre sottoposti a pressioni crescenti dovute al cambiamento climatico, in particolare per l'au-

Tabella 1 - Sintesi dei concetti ricorrenti nel testo.

Concetto	Domanda principale	Relazione fra stati	Criterio di successo gestionale
Resilienza ecologica	Quanto disturbo può essere assorbito senza cambiare regime?	$A_0 \rightarrow A_0$	Conservazione di configurazioni e funzioni compatibili con il dominio iniziale
Resilienza ingegneristica	Quanto rapidamente il sistema recupera dopo il disturbo?	Ritorno verso la configurazione di riferimento	Rapidità di recupero
Trasformabilità	Il sistema può accedere a nuove configurazioni?	$A_0 \rightarrow A_1$	Accesso a una nuova configurazione possibile
Transilienza ecosistemica	Come accompagnare una transizione preservando funzioni prioritarie e opzioni future?	$A_0 \rightarrow A_1$ lungo una traiettoria soggetta a monitoraggio e revisione	Riorganizzazione ecologicamente praticabile, funzionalmente adeguata e socialmente accettabile

mento della frequenza e intensità degli episodi siccitosi e degli incendi. La letteratura recente documenta come molte foreste mediterranee mostrino già segnali di declino della resilienza, con riduzione della produttività primaria e incremento della mortalità indotta dalla siccità (Borghetti et al., 2021).

In questo scenario, un paradigma gestionale centrato solo sulla resilienza - intesa come capacità di mantenere nel tempo la composizione e la struttura attuale - rischia di diventare non solo irrealistico, ma anche controproducente, se spinge a investire risorse nella difesa di configurazioni ecologicamente instabili. Una prospettiva di transilienza invita invece a chiedersi quali configurazioni future possano restare ecologicamente funzionali e quali funzioni ecosistemiche sia realistico sostenere nelle diverse condizioni ambientali.

Se la transilienza viene assunta come chiave interpretativa, la gestione forestale può essere ripensata lungo alcuni passaggi principali: (i) il riconoscimento dei limiti ambientali operativi, attraverso la mappatura dei gradienti di stress idrico, termico e legato al fuoco; (ii) l'identificazione di portafogli di funzioni ecosistemiche sostenibili e dei corrispondenti benefici per la società; (iii) l'accompagnamento attivo delle transizioni tramite strumenti selvicolturali; (iv) il monitoraggio adattivo. Pratiche come il sostegno alla rinnovazione naturale, l'aumento dell'eterogeneità strutturale, il mantenimento di livelli adeguati di provvigione, la conservazione di necromassa e di alberi habitat, la tutela delle dinamiche naturali e delle foreste vetuste possono essere lette come azioni di accompagnamento della transizione più che come semplici interventi di restauro dello stato pregresso.

La nozione di transilienza ecosistemica si colloca quindi nel quadro della gestione forestale adattiva, ma ne rende più esplicita la dimensione direzionale senza trasformarla in pianificazione rigida. Funzioni prioritarie, soglie di attenzione e traiettorie desiderabili non costituiscono obiettivi immutabili: sono ipotesi operative, definite in modo trasparente per specifici contesti territoriali e periodicamente riconsiderate alla luce del monitoraggio, dell'evoluzione

climatica, delle dinamiche ecologiche e degli esiti degli interventi. In questa prospettiva, il gestore non predetermina lo stato futuro del bosco, ma riduce i rischi di traiettorie degradative, mantiene opzioni aperte e favorisce configurazioni progressivamente riconosciute come ecologicamente praticabili e socialmente condivise.

5. Conclusione

La transilienza ecosistemica non intende proporre una categoria alternativa alla resilienza o alla trasformabilità. Il suo scopo è rendere esplicito un problema gestionale che nella pratica resta spesso implicito: come accompagnare sistemi forestali che, sotto nuove condizioni ambientali, non possono più essere mantenuti nella loro configurazione storica. La resilienza resta quindi un riferimento appropriato finché il dominio A_0 è compatibile con le condizioni ambientali attese e con le funzioni richieste al sistema. Quando questa condizione viene meno, o non è più realistica, la questione non è più soltanto quanto a lungo un sistema possa resistere, ma lungo quale traiettoria possa riorganizzarsi e quali funzioni sia ragionevole cercare di salvaguardare.

In questa prospettiva il concetto richiama l'attenzione sulla traiettoria della transizione, sulle funzioni da preservare, sulle incertezze che accompagnano ogni previsione e sui compromessi che occorre rendere espliciti nella pianificazione forestale. La rappresentazione concettuale proposta ha carattere euristico e non intende offrire un modello predittivo né un indice operativo. Il suo valore sta piuttosto nel fornire un lessico comune per discutere, in modo trasparente e rivedibile alla luce del monitoraggio, obiettivi e opzioni di gestione. In questo senso il quadro concettuale della transilienza può offrire un raccordo tra teoria ecologica, gestione adattativa e politiche di ripristino.

Ringraziamenti

L'Autore ha utilizzato un sistema di intelligenza artificiale generativa (Perplexity AI, model Claude Sonnet 5.5) come supporto alla prima formalizzazione presentata nella Sezione 3. L'Autore resta pienamente responsabile della formalizzazione definitiva, delle interpretazioni, della verifica delle fonti e della versione finale del manoscritto. Si ringraziano due revisori anonimi per i commenti costruttivi.

RIASSUNTO

La nota propone il concetto di transilienza ecosistemica come chiave interpretativa per la gestione forestale in condizioni di cambiamento climatico. Dopo una breve ricostruzione dell'origine del termine in ambiti non ecologici, il testo lo collega a resilienza, trasformabilità e riorganizzazione post-disturbo, mettendo in evidenza che il ritorno allo stato precedente è solo uno dei possibili esiti delle dinamiche ecosistemiche. Su questa base, la transilienza ecosistemica è presentata come nozione complementare, utile a descrivere la qualità delle traiettorie attraverso cui un ecosistema forestale attraversa una transizione di stato riorganizzando strutture, processi e funzioni entro nuovi limiti ambientali. Il contributo propone inoltre una semplice rappresentazione concettuale che distingue la resilienza, intesa come permanenza entro un dominio di configurazioni ecologicamente praticabili, dalla transilienza, intesa come transizione orientata verso nuove configurazioni e accompagnata dal mantenimento o dalla ricostituzione, per quanto possibile, delle funzioni ecosistemiche prioritarie. Il contesto forestale italiano è assunto come campo di applicazione. La nota conclude proponendo un'integrazione tra transilienza e gestione forestale adattiva, nella quale obiettivi, soglie di attenzione e traiettorie costituiscono ipotesi operative contestuali e rivedibili alla luce del monitoraggio e dell'incertezza.

BIBLIOGRAFIA

Abernathy, W. J., & Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research Policy, 14*(1), 3-22. https://doi.org/10.1016/0048-7333(85)90021-6

Batllori, E., Lloret, F., Aakala, T., Anderegg, W. R. L., Aynekulu, E., Bendixsen, D. P., Bentouati, A., Bigler, C., Burk, C. J., Camarero, J. J., Colangelo, M., Coop, J. D., Fensham, R., Floyd, M. L., Galiano, L., Ganey, J. L., Gonzalez, P., Jacobsen, A. L., Kane, J. M., . . . Zeeman, B. (2020). Forest and woodland replacement patterns following drought-related mortality. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*(47), 29720-29729. https://doi.org/10.1073/pnas.2002314117

Borghetti, M., Colangelo, M., Ripullone, F., & Rita, A. (2021). Ondate di siccità e calore, spunti per una selvicoltura adattativa. *Forest@, 18*, 49-57. https://foresta.sisef.org/contents/?id=efor0054-018

Bower, A. D., Frerker, K. L., Pike, C. C., Labonte, N. R., Palik, B. J., Royo, A. A., Anderson, S. M., Ferreira, A. R., & Brandt, L. A. (2024). A practical framework for applied forestry assisted migration. *Frontiers in Forests and Global Change, 7*, Article 1454329. https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1454329

Ciancio, O. (2011). La selvicoltura sistemica. Aspetti filosofici, epistemologici, metodologici. *L'Italia Forestale e Montana, 66*(3), 181-190. https://doi.org/10.4129/ifm.2011.3.01

Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly, 35*(1), 9-30. https://doi.org/10.2307/2393549

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics, 4*, 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

Holling, C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. In P. C. Schulze (Ed.), *Engineering within ecological constraints* (pp. 31-44). National Academy Press. https://doi.org/10.17226/4919

Messier, C., Puettmann, K. J., & Coates, K. D. (Eds.). (2013). *Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change*. Routledge.

Millar, C. I., Stephenson, N. L., & Stephens, S. L. (2007). Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications, 17*(8), 2145-2151. https://doi.org/10.1890/06-1715.1

Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature, 307*(5949), 321-326. https://doi.org/10.1038/307321a0

Schuurman, G. W., Cole, D. N., Cravens, A. E., Covington, S., Crausbay, S. D., Hawkins Hoffman, C., Lawrence, D. J., Magness, D. R., Morton, J. M., Nelson, E. A., & O'Malley, R. (2022). Navigating ecological transformation: Resist-Accept-Direct as a path to a new resource management paradigm. *BioScience, 72*(1), 16-29. https://doi.org/10.1093/biosci/biab067

Seidl, R., & Turner, M. G. (2022). Post-disturbance reorganization of forest ecosystems in a changing world. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 119*(28), Article e2202190119. https://doi.org/10.1073/pnas.2202190119

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509-533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z

Travaglini, D., Borghetti, M., & Piovesan, G. (2026). Interventi selvicolturali per il miglioramento delle foreste semplificate e la valorizzazione della biodiversità. *L'Italia Forestale e Montana, 81*(1s), 33-41. https://doi.org/10.36253/ifm-1203

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. P. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society, 9*(2), Article 5. https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205

Zezza, R. (2026). *Il potere della transilienza: Trasferire le competenze tra i ruoli della vita*. FrancoAngeli.

Zezza, R., & Vitullo, A. (2014). *MAAM: La maternità è un master che rende più forti uomini e donne*. BUR Rizzoli.