a cura di
Alessandra Landi,
Sandra Notaro,
Sandro Sacchelli

Foreste e benessere

Evidenze scientifiche e potenzialità per lo sviluppo territoriale

SOCIOLOGIA DEL TERRITORIO
OPEN ACCESS

FrancoAngeli

Sociologia del territorio

Collana diretta da Marco Castrignanò

Comitato scientifico: Giandomenico Amendola, Maurizio Bergamaschi, Paola Bonora, Ada Cavazzani, Pier Luigi Cervellati, Matteo Colleoni, Alberto Gasparini, Nancy Holman, Richard Ingersoll, Jean François Laé, Alessandra Landi, Ezio Marra, Antonietta Mazzette, Alfredo Mela, Fiammetta Mignella Calvosa, Harvey L. Molotch, Giampaolo Nuvolati, Fortunata Piselli, Asterio Savelli, Mario L. Small, Simona Totaforti, Francesca Zajczyk.

Comitato editoriale: Mattia Fiore, Maria Grazia Montesano, Tommaso Rimondi.

SOCIOLOGIA DEL TERRITORIO

La collana *Sociologia del territorio* (già collana *Sociologia urbana e rurale*, fondata da Paolo Guidicini nel 1976), attraverso la pubblicazione di studi e ricerche, si propone come luogo di confronto fra studiosi, operatori ed esperti interessati al rapporto che l'uomo intrattiene con il territorio.

La collana si articola in tre sezioni:

1) Città e territorio

2) Ambiente, migrazioni e sviluppo rurale

3) Turismo e loisir

Le trasformazioni del mondo urbano e di quello rurale, le nuove forme dello sviluppo, i fenomeni di impoverimento ed esclusione sociale, i problemi del governo urbano, i movimenti migratori su scala locale e globale, le tematiche ambientali, il turismo e il tempo libero sono solo alcuni degli ambiti di ricerca che la collana intende promuovere attraverso la pubblicazione di monografie e volumi collettanei.

La collana *Sociologia del territorio* si propone di contribuire alla riflessione intorno alle forme contemporanee del territorio su scala locale, nazionale e internazionale.

Sulla base della loro rilevanza all'interno del dibattito scientifico ed accademico, tutte le proposte di pubblicazione vengono sottoposte alla procedura del referaggio (*peer review*), fondata su una valutazione che viene espressa sempre e per ogni lavoro da parte di due referee anonimi, selezionati fra docenti universitari e/o esperti dell'argomento.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

OPEN ACCESS
la soluzione FrancoAngeli

Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (http://bit.ly/francoangeli-oa).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più: Pubblica con noi

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: *www.francoangeli.it* e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

a cura di
Alessandra Landi,
Sandra Notaro,
Sandro Sacchelli

Foreste e benessere

Evidenze scientifiche e potenzialità per lo sviluppo territoriale

SOCIOLOGIA DEL TERRITORIO
OPEN ACCESS

FrancoAngeli

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Alessandra Landi, Sandra Notaro, Sandro Sacchelli, *Foreste e benessere. Evidenze scientifiche e potenzialità per lo sviluppo territoriale*
Milano: FrancoAngeli, 2026
Isbn ebook: 9788835192640
Isbn cartaceo: 9788835185567

La versione digitale del volume è pubblicata in Open Access sul sito www.francoangeli.it.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. Pubblicato da FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italia, con il contributo del Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'economia dell'Università di Bologna.

Pubblicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0).
Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it

Gli eventuali link attivi e QR code inseriti nel volume sono forniti dall'autore.
L'editore non si assume alcuna responsabilità sui link attivi e QR code ivi contenuti che rimandano a siti non appartenenti a FrancoAngeli.

Indice

Introduzione, di *Sandro Sacchelli* pag. 9

Le pratiche forestali per il miglioramento del benessere individuale, di *Sandro Sacchelli, Sofia Baldessari, Elena Barbierato, Francesco Becheri, Iacopo Bernetti, Arianna Cerutti, Gioele Gavazzi, Guido Martini, Sandra Notaro, Stefano Orsolini, Alessandro Paletto, Righi Stefania, Alessandra Landi, Beatrice Ruggieri, Tommaso Rimondi* » 13

1. Analisi di letteratura » 13
2. Le caratteristiche forestali e il loro impatto sul benessere psico-fisico » 16
   - 2.1. Inquadramento generale » 16
   - 2.2. Materiali e metodi » 18
   - 2.3. Risultati » 24
3. Analisi di idoneità di aree boscate per le pratiche forestali legate al benessere umano: un modello GIS » 27
   - 3.1. Inquadramento » 27
   - 3.2. Metodologia » 28
   - 3.3. Risultati » 31
4. Discussione » 33

Prospettive e opinioni dei portatori d'interesse sulle attività di forest bathing in Italia, di *Sofia Baldessari, Alessandro Paletto, Sandro Sacchelli* » 41

1. Introduzione » 41
2. Materiali e metodi » 43
3. I risultati dello studio » 50

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

4. Fattore 1: Approccio medico-scientifico pag. 51
5. Fattore 2: Approccio gestionale » 52
6. Fattore 3: Approccio naturalistico » 54
7. Fattore 4: Approccio socio-economico » 55
8. Conclusioni » 57

Riconnettersi con la natura: i benefici psicologici e rigeneranti dello Shinrin-yoku, di *Sandra Notaro, Arianna Cerutti, Alessandro Paletto, Gianluca Grilli, Diana Tedoldi, Sandro Sacchelli* » 63
1. Introduzione » 63
   1.1. Shirin-yoku: origini e definizione » 63
   1.2. Shirin-yoku: il ruolo della guida » 63
   1.3. Shirin-yoku: connessione e benessere » 64
   1.4. Shirin-yoku: impatti su mente e corpo » 64
2. Materiali e metodi » 65
   2.1. Il sito: Parco del Respiro, Fai della Paganella » 65
   2.2. Procedura » 66
   2.3. Descrizione dell'attività all'interno della foresta » 67
   2.4. Misure » 68
   2.5. Partecipanti » 70
   2.6. Analisi dei dati » 70
3. Risultati » 71
   3.1. Rapporto iniziale con la natura » 71
   3.2. Effetti rigenerativi » 72
   3.3. Effetti sulla connessione con la natura » 72
4. Discussione » 73
5. Considerazioni finali » 74

Servizi ecosistemici forestali socio-culturali: uno studio esplorativo delle potenzialità e dei limiti dello sviluppo di percorsi di terapia forestale in Val di Rabbi, di *Marco Castrignanò, Alessandra Landi, Beatrice Ruggieri* » 78
1. Introduzione » 78
2. Servizi ecosistemici forestali: una panoramica qualitativa » 79
3. Obiettivi, metodologia e caso di studio » 82

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

3.1. Area di studio pag. 83
3.2. Studio preliminare » 85
3.3. Studio esplorativo tramite il focus group » 86
3.4. Organizzazione e svolgimento del focus group » 87
4. Analisi » 89
5. Tra cura e cambiamento: il ruolo dei bagni di foresta e della terapia forestale nel futuro delle aree montane » 92

Ringraziamenti » 97

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Le pratiche forestali per il miglioramento del benessere individuale

di *Sandro Sacchelli, Sofia Baldessari, Elena Barbierato, Francesco Becheri, Iacopo Bernetti, Arianna Cerutti, Gioele Gavazzi, Guido Martini, Sandra Notaro, Stefano Orsolini, Alessandro Paletto, Righi Stefania, Alessandra Landi, Beatrice Ruggieri, Tommaso Rimondi*

1. Analisi di letteratura

A causa della crescente tendenza delle persone a vivere lontano dagli ambienti naturali – tendenza causata in primis dall'urbanizzazione e dalla perdita di aree verdi – si registra un aumento della necessità di trascorrere il proprio tempo libero nella natura. Una meta-analisi condotta da Bowler *et al*. (2010) ha rilevato come in tutte le ricerche analizzate sia evidente l'associazione tra salute ed esposizione ad ambienti naturali, in particolare per quanto riguarda la riduzione dello stress. Uno studio finlandese ha inoltre concluso che anche visite di breve durata ad aree boscate sono utili per ridurre lo stress percepito e i livelli di cortisolo (Tyrväinen *et al*., 2014). Le foreste svolgono infatti un ruolo centrale nell'ottenimento di benefici psicologici e fisiologici degli individui.

Negli ultimi decenni, la comunità scientifica internazionale si è concentrata sempre di più sulle cosiddette pratiche forestali per il miglioramento del benessere umano (PFMB), un termine recentemente introdotto e definito come «tutte le attività forestali (ad esempio, bagni di foresta, terapia forestale, iniziative sociali all'aperto) importanti per il miglioramento della salute e dello stato emotivo delle persone» (Paletto *et al*., 2025).

Le PFMB possono quindi impattare positivamente sulla sfera psicologica, su quella fisiologica, nonché sulla componente delle interrelazioni sociali.

Nonostante l'evidenza empirica degli effetti positivi delle foreste sulla salute umana sia riconosciuta da lungo tempo (si veda ad esempio il lavoro di Cleveland, 1910), si è registrato un incremento delle analisi scientifiche legate agli impatti sul benessere a partire dagli studi sulla teoria del ripristino dell'attenzione o *Attention Restoration Theory* (Kaplan, Kaplan, 1989).

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Dagli anni ’80 del secolo scorso, infatti, diversi ricercatori hanno evidenziato quantitativamente come l’immersione in ambienti forestali possa favorire il recupero dallo stress e alleviare gli effetti dell’affaticamento mentale (White *et al*., 2023).

In Giappone, il concetto di Shinrin-yoku – noto a livello internazionale come “bagno di foresta” (BF) – è stato introdotto come pratica rigenerante che combina il rilassamento con l’immersione nei profumi e nei suoni della natura (Paletto *et al*., 2024a). Gli effetti psicologici (documentati) di questa pratica includono un miglioramento generale delle emozioni e dell’umore (Miyazaki *et al*., 2011).

In seguito, sempre in Giappone, il BF è stato istituzionalizzato nel programma sanitario nazionale per incoraggiare le persone a trascorrere del tempo nelle foreste per motivi di salute e benessere (Li, 2023). Nella prima concettualizzazione, il BF è stato definito come una passeggiata “consapevole” che coinvolge i cinque sensi nella contemplazione dell’ambiente naturale circostante (McEwan *et al*., 2021). In seguito, a partire dagli anni 2000, la Società Giapponese di Medicina Forestale e la Nippon Medical School hanno intrapreso una serie di attività di ricerca sugli effetti positivi della “terapia forestale” (TF), definita come un insieme di pratiche volte a ottenere effetti medici preventivi sulla salute umana. Questa pratica ha poi iniziato a diffondersi oltre il Giappone, prima in altri paesi dell’Asia orientale (ad esempio, Cina, Taiwan e Corea del Sud) e successivamente nei paesi occidentali (Europa, Canada e Stati Uniti), combinando le visite in foresta con un turismo orientato alla salute e al benessere (Clifford, 2018).

BF e TF sono spesso trattati come sinonimi. Tuttavia, letteratura grigia e scientifica distinguono i due termini: i BF si riferiscono a pratiche basate sulla natura sviluppate in aree forestali per ripristinare l’equilibrio psicologico e fisiologico e un miglioramento del benessere generale, mentre la TF implica pratiche strutturate promosse da professionisti formati per lavorare a livello terapeutico con effetti sulla salute derivanti dell’esposizione all’ambiente forestale clinicamente testati (Kim, Shin, 2021).

Procedendo con un’analisi di letteratura sull’argomento, la ricerca prodotta può essere distinta in lavori incentrati sulla salute fisica, psicologica/mentale o su entrambe le tematiche.

Nel primo gruppo, diverse pubblicazioni si sono concentrate sugli effetti positivi delle PFMB. In particolare, Chae *et al*. (2021) hanno indagato i benefici fisiologici delle PFMB su adulti affetti da preipertensione o ipertensione. Park *et al*. (2021) hanno esaminato l’efficacia dei programmi di guarigione forestale attraverso una revisione sistematica della letteratura utilizzando quattro database elettronici per il periodo 2000-2021. Antonelli *et al*. (2020) hanno studiato gli effetti dei COV (composti organici volatili) forestali sulla

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

salute umana attraverso l'analisi di oltre 140 articoli, mentre Roviello *et al*. (2022) si sono concentrati sul ruolo delle PFMB come misura preventiva degli effetti del Covid-19. Timko Olsen *et al*. (2023) hanno esaminato gli effetti delle PFMB su 2.786 sopravvissuti al cancro.

Altre pubblicazioni hanno considerato gli effetti degli ambienti forestali sulla componente psicologica. Tra questi, Timko Olsen *et al*. (2020) hanno valutato l'impatto della mindfulness e dello Shinrin-yoku in riferimento alla risposta emotiva, mentre Berghmans (2023) ha analizzato la ricerca empirica condotta dal 2000 al 2022 sugli effetti delle PFMB sulla salute mentale (nello specifico, la migliore gestione dello stress e delle emozioni e la riduzione degli indicatori di depressione e ansia). Più recentemente, Mazzoleni *et al*. (2024) hanno indagato i risultati psicologici dovuti a sessioni di PFMB con particolare attenzione all'ambito europeo.

Paletto *et al*. (2025) hanno evidenziato come il sostanziale aumento di interesse per le PFMB abbia portato a una crescita della produzione scientifica sull'argomento, oltre al fatto che le complesse interazioni tra variabili forestali, fattori socioeconomici e caratteristiche individuali che influenzano le condizioni psicofisiologiche, richiedano strumenti per gestire la grande quantità di informazioni fornite dalla ricerca.

A tal proposito gli Autori hanno sviluppato un'analisi quantitativa della letteratura integrando la tecnica della Big Data analysis a livello mondiale e di singole regioni geografiche, con metodo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) per:

1. l'analisi delle variabili forestali impattanti sul benessere delle persone;
2. la valutazione delle metodologie e degli strumenti per la quantificazione del benessere fisico.

Tra i risultati del lavoro di Paletto *et al*. (2025) è stato confermato come alcune regioni (ad esempio l'Asia orientale) siano più avanzate nello studio dell'argomento e come in quest'area le PFMB siano state introdotte anche a livello terapeutico. In altri contesti geografici, il tema viene trattato anche alla luce dei potenziali trade-off con altri servizi ecosistemici (es. servizi di approvvigionamento, mantenimento di habitat e biodiversità ecc.) e del rischio rappresentato dai cambiamenti climatici e socioeconomici in atto. In Europa, alcuni autori hanno sottolineato il ruolo della stagione, delle caratteristiche sito-specifiche e del popolamento forestale sugli effetti positivi delle PFMB. In particolare, questi studi hanno evidenziato l'importanza di una gestione forestale sostenibile nell'ottica del miglioramento del benessere della popolazione e, più in generale, della fornitura di servizi ecosistemici culturali (Marušáková, Sallmannshofer, 2019). Altre pubblicazioni indicano le

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

aree in cui il servizio culturale di miglioramento del benessere fornito dalle foreste potrebbe essere considerato una leva per lo sviluppo di aree interne, marginali e montane (Cvikl, 2022). In quest'ottica sembra essere di notevole importanza l'affiancamento di guide ed esperti (ad es. le Guide Certificate per il Forest Bathing) per l'ottimizzazione degli effetti terapeutici delle foreste (Gürbey, Karabudak, 2021).

L'analisi PRISMA rivela che, sebbene gli aspetti psicologici siano i più studiati in termini di impatto sul benessere, anche le risposte fisiologiche sono ampiamente analizzate, principalmente attraverso misurazioni cardiovascolari (ad esempio, pressione sanguigna e frequenza cardiaca).

La misurazione delle reazioni biochimiche, della conduttanza della pelle e altre tecniche sono state indagate per quantificare l'impatto fisico delle PFMB. Tra queste ultime, la valutazione neurologica è una promettente linea di ricerca da approfondire ulteriormente (elettroencefalografia, analisi dell'ossigenazione neuronale mediante metodi fNIRS, fMRI, ecc.).

In definitiva, una combinazione di risposte psicologiche e fisiologiche può promuovere un'indagine olistica del benessere umano, offrendo approfondimenti sulla complessità dello stato di salute delle persone durante l'immersione e/o la visualizzazione di ambienti forestali.

2. Le caratteristiche forestali e il loro impatto sul benessere psicofisico

2.1. Inquadramento generale

Nonostante le prove scientifiche dell'impatto positivo delle risorse forestali sul benessere umano, esiste una lacuna significativa nella letteratura sulla comprensione delle variabili forestali che contribuiscono maggiormente a questi effetti psicologici e fisici (Paletto *et al*., 2024b; Paletto *et al*., 2025). Parametri forestali come tipologia, luminosità, indici di verde, stagionalità, densità dei fusti, grado di copertura delle chiome o altre variabili dendrometriche possono influenzare significativamente le preferenze individuali e il benessere mentale. Tuttavia, queste non sembrano essere state adeguatamente studiate in modo integrato.

Per quanto riguarda la composizione delle specie arboree, Lee *et al*. (2011) hanno dimostrato che individui esposti a una foresta di latifoglie hanno riportato un maggiore senso di calma, serenità e freschezza rispetto a quelli in un ambiente urbano. In un contesto simile, le foreste di conifere, dominate da alberi sempreverdi come pini e abeti, sembrano distinguersi per il loro contributo al benessere psicologico.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

La stagionalità aggiunge una dimensione fondamentale all'impatto psicologico, influenzando sia la percezione visiva che le risposte emotive dei visitatori. La presenza di vegetazione e l'irraggiamento solare favoriscono il benessere, creando un'atmosfera che facilita il rilassamento e la rigenerazione emotiva, rafforzando il sistema antinfiammatorio e le difese immunitarie dell'organismo (Huang *et al*., 2022). Tuttavia, l'influenza stagionale non sembra seguire un modello uniforme. Le foreste di latifoglie decidue, caratterizzate da una vegetazione più rigogliosa in primavera e in estate, non sembrano perdere il loro impatto positivo nemmeno durante l'inverno. Ad esempio, Bielinis *et al*. (2018) hanno dimostrato come una breve interazione invernale con l'ambiente boscato abbia un sostanziale effetto di beneficio emotivo e rigenerante. Questo risultato suggerisce che, sebbene l'estate sia generalmente la stagione più favorevole, le foreste possono offrire benefici anche in altre stagioni, a seconda della specie arborea e del contesto ambientale. Risposte fisiologiche e psicologiche positive sono state infatti dimostrate anche durante passeggiate in boschi con habitus autunnale (Joung *et al*., 2015; Wu *et al*., 2023; Pratiwi *et al*., 2024).

Un altro aspetto influente sulla percezione sono gli indici di verde, definiti come parametro quantitativo utilizzato per misurare la presenza e la distribuzione della vegetazione all'interno di un'immagine. Questi sono calcolati a partire dalla combinazione delle onde nel rosso, nel verde e nel blu (RGB) di una particolare immagine aerea, satellitare, di un rilievo fotografico o video e vengono ampiamente impiegate in agricoltura e nell'analisi dei sistemi ambientali, ad esempio al fine di valutare lo stato di salute dei popolamenti forestali o di colture (Birò *et al*., 2024). Grilli *et al*. (2022) hanno sottolineato che l'intensità del verde influenza significativamente le risposte psicologiche e fisiologiche degli individui. I risultati dello studio suggeriscono che il grado di vegetazione può avere un impatto diretto sul recupero psicologico e sul benessere generale.

La densità delle piante per unità di superficie e la copertura della volta (percentuale di superficie forestale occupata dalla proiezione verticale delle chiome degli alberi, nota come area di insidenza) rappresentano ulteriori fattori che potenzialmente influenzano le risposte a PFMB. Una vegetazione densa, caratterizzata da un elevato numero di alberi e da chiome folte, può creare ambienti che favoriscono un maggiore senso di sicurezza e intimità, riducendo la percezione degli stimoli esterni, facilitando il rilassamento psicologico, il recupero emotivo e la riduzione dello stress (Kobayashi *et al*., 2019). Al contrario, Takayama *et al*. (2017) hanno scoperto che la diminuzione della densità del fusto dovuta al diradamento non influenza direttamente l'indice dell'umore e le emozioni dei partecipanti. Wang *et al*. (2020) mostrano in un esperimento neuroscientifico come le foreste di bambù con

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

una maggiore densità della chioma possano migliorare significativamente il rilassamento. Una vegetazione meno densa, che offre spazi più aperti e visibilità, può avere effetti psicologici diversi. Le foreste con una minore densità di alberi sono spesso associate a paesaggi più panoramici, che stimolano sensazioni di libertà e di espansività, ma possono essere meno efficaci nel ridurre la percezione dello stress o nell'indurre un senso di protezione e sicurezza (Berman *et al*., 2008). La densità forestale può inoltre interagire con altre variabili, come la specie arborea e la stagionalità, creando effetti combinati sull'umore e sul benessere psicologico. In generale, la quantificazione dei trend legati alla misurazione del benessere psico-fisico sembra registrare un profilo a U inversa se correlato con la densità forestale (An *et al*., 2014).

Anche gli effetti della luminosità sono stati analizzati in letteratura seppur in modo non approfondito: tra i risultati dello studio di Li *et al*. (2020) viene sottolineato come l'esposizione a livelli intermedi di luce naturale possa ridurre significativamente lo stress, rispetto a livelli eccessivamente bassi o alti di luminosità in ambiente forestale.

2.2. Materiali e metodi

Nel progetto FOR.WELL, la valutazione dell'impatto delle variabili forestali sul benessere psico-fisico delle persone è partita dalla selezione di stimoli legati ad aree boscate rappresentative per il contesto dell'Italia centro-settentrionale.

Sono state identificate tre aree geografiche, alpina, appenninica e mediterranea, per ognuna delle quali sono state selezionate due tipologie di foresta: un bosco puro e un bosco misto. Le realtà forestali hanno poi previsto l'identificazione di due diversi livelli di densità per ogni tipologia: bassa e alta. La densità è qui identificata con il valore soglia di 350 piante a ettaro in funzione delle caratteristiche dei territori analizzati. Per ciascun sito sono state effettuate delle riprese sferiche a 360° tramite videocamera Insta360 equipaggiata con due lenti da 180° in condizioni meteo omogenee (cielo sereno). I rilievi in campo hanno previsto la registrazione di variabili dendrometriche quali il diametro medio e l'area basimetrica a ettaro, oltre ai valori di intensità di illuminamento solare nel punto di ripresa (a 1,70 metri di altezza). I video sono stati ripetuti nella stagione invernale (febbraio-marzo 2024) ed estiva (giugno-luglio 2024) per un totale di 24 stimoli registrati. Per ognuno dei 24 stimoli sono stati calcolati in fase desk, tre diversi indici di verde analizzando i valori delle componenti di colore RGB nei fotogrammi estratti dai video registrati. Gli indici sono: l'Excess Green (ExG)

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

(Woebbecke *et al*., 1995), il Green Red Vegetation Index (GRVI) (Motohka *et al*., 2010) e il Vegetative Index (VEG) (Hague *et al*., 2006). Sono stati calcolati più indici al fine di determinare quello che meglio correlava con i dati psico-fisiologici.

I dodici siti selezionati ricadono in aree interne secondo la classificazione SNAI (Strategia Nazionale per le Aree Interne). L'elenco delle aree analizzate, con relative caratteristiche, è riportato nella *Tabella 1*.

Tabella 1. Caratteristiche delle aree forestali selezionate per le riprese sferiche (parte 1)

Area geografica	*Area interna (provincia, regione)*	*Composizione*	*Specie*	*Densità (alberi/ha)*	*ID stimolo*
Alpina	Val di Sole (Trento, Trentino-Alto Adige)	Bosco puro	Larice	Bassa	A_1_L_inv, A_1_L_est
			Larice	Alta	A_1_H_inv, A_1_H_est
	Tesino (Trento, Trentino-Alto Adige)	Bosco misto	Faggio, Abete bianco, Abete rosso	Bassa	A_2_L_inv, A_2_L_est
			Faggio, Abete bianco, Abete rosso	Alta	A_2_H_inv, A_2_H_est
Appenninica	Appennino Pistoiese (Pistoia, Toscana)	Bosco puro	Faggio	Bassa	B_1_L_inv, B_1_L_est
			Faggio	Alta	B_1_H_inv, B_1_H_sun
	Appennino Pistoiese (Pistoia, Toscana)	Bosco misto	Douglasia, Abete bianco	Bassa	B_2_L_inv, B_2_L_est
	Appennino Pistoiese (Pistoia, Toscana)	Bosco misto	Douglasia, Abete bianco	Alta	B_2_H_inv, B_2_H_est
Mediterranea	Colline Metallifere (Grosseto, Toscana)	Bosco puro	Cerro	Bassa	C_1_L_inv, C_1_L_est
			Cerro	Alta	C_1_H_inv, C_1_H_est
	Colline Metallifere (Grosseto, Toscana)	Bosco misto	Pino domestico, Sughera	Bassa	C_2_L_inv, C_2_L_est
			Pino domestico, Sughera	Alta	C_2_H_inv, C_2_H_est

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Tabella 1. Caratteristiche delle aree forestali selezionate per le riprese sferiche (parte 2)

Area geografica	*ID stimolo*	*Diametro medio (cm)*	*Area basimetrica (m²/ha)*	*Illuminamento (lx) (inverno, estate)*
Alpina	A_1_L_win, A_1_L_sum	81	50	41000, 4500
	A_1_H_win, A_1_H_sum	43	58	21000, 3500
	A_2_L_win, A_2_L_sum	35	36	11700, 2500
	A_2_H_win, A_2_H_sum	36	34	12300, 1000
Appenninica	B_1_L_win, B_1_L_sum	46	56	15500, 900
	B_1_H_win, B_1_H_sun	27	43	26000, 1700
	B_2_L_win, B_2_L_sum	64	77	2500, 1700
	B_2_H_win, B_2_H_sum	43	63	2400, 700
Mediterranea	C_1_L_win, C_1_L_sum	34	33	22000, 7800
	C_1_H_win, C_1_H_sum	28	46	21500, 650
	C_2_L_win, C_2_L_sum	31	25	12350, 4600
	C_2_H_win, C_2_H_sum	33	37	15300, 26000

Successivamente, sono state create due sequenze (T1 e T2), ciascuna composta da 12 video. Le sequenze sono state elaborate con il software CapCut, che ha consentito sia di ritagliare i video, aggiungendo una traccia audio uniforme (suoni della foresta) per eliminare la possibile variabilità del fattore uditivo, sia di integrare spiegazioni e domande direttamente visibili durante un'esperienza immersiva di realtà virtuale (RV). La tecnologia della RV offre una piattaforma controllata ma, appunto, immersiva per la presentazione di scene naturali, consentendo la manipolazione sistematica di parametri ecologici. Per la visualizzazione in RV, è stato utilizzato il visore Oculus Meta Quest 2.

Le analisi hanno previsto la selezione di un campione di intervistati com-

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

posto da 67 partecipanti (33 maschi e 34 femmine), distribuiti equamente tra le due sequenze. Ogni partecipante ha valutato una sola sequenza (T1 o T2) per un totale di 12 video forestali. Il campione è stato individuato su base volontaria nell'universo degli studenti iscritti a corsi di laurea triennale e magistrale presso l'Università di Firenze (corso di laurea in Pianificazione della città, del territorio e del paesaggio e corso di laurea magistrale in Pianificazione e progettazione per la sostenibilità urbana e territoriale, 69%) e l'Università di Trento (corso di laurea in Economia e Management, 31%). All'arrivo in laboratorio, i partecipanti hanno compilato un questionario preliminare che raccoglieva, tra gli altri dati, informazioni su sesso, età, livello di istruzione, residenza e frequenza delle visite ad aree naturali. Successivamente, è stato somministrato il test di Ishihara (Birch, 1997) per rilevare eventuali deficit della visione dei colori.

L'esperimento di laboratorio ha avuto una durata di circa 24 minuti e, per ciascun intervistato, sono state registrate parallelamente sia la reazione psicologica che quella fisiologica.

La valutazione della componente emotiva ha previsto la somministrazione di un questionario basato sulla tecnica "Restorative Outcome Scale" (ROS) alla partenza (baseline, misurata a seguito della risoluzione di uno stress test) (Annerstedt *et al*., 2013) e dopo la visualizzazione in RV immersiva di ciascuno dei 12 video forestali.

La scala ROS è composta da sei diversi items: "Mi sento rigenerato e rilassato", "Mi sento calmo", "Ho entusiasmo ed energia per la mia routine quotidiana", "Mi sento concentrato e vigile", "Riesco a dimenticare le preoccupazioni quotidiane", "I miei pensieri sono chiari". Agli intervistati è stata richiesta una risposta verbale per ciascun item attraverso una scala Likert a 7 punti, da 1 (fortemente in disaccordo) a 7 (fortemente d'accordo).

Per la parte psicologica, l'analisi dei dati è stata condotta utilizzando il software R per esaminare come le caratteristiche forestali influenzano il punteggio medio delle risposte ROS (variabile dipendente). In primo luogo, è stato eseguito il test di normalità di Shapiro-Wilk per valutare la distribuzione dei punteggi ROS medi. Poiché i dati non soddisfacevano l'ipotesi di normalità, è stato selezionato il test non parametrico di Kruskal-Wallis per confrontare le differenze di gruppo. È stato applicato anche il test post-hoc di Dunn con correzione di Bonferroni. In questo caso, la variabile indipendente era composta dall'insieme delle caratteristiche forestali, ovvero la composizione delle specie arboree (foreste pure o miste), la stagione (inverno o estate), la densità del soprassuolo, l'indice di verde, la luminosità, il diametro medio e l'area basimetrica media a ettaro.

Il modello predittivo è stato implementato partendo da una fase esplorativa, in cui sono state esaminate le distribuzioni dei dati e i modelli di poten-

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

ziale multicollinearità tra le variabili indipendenti. Successivamente, è stata utilizzata un'analisi Random Forest (RF) per valutare l'importanza relativa dei predittori al fine di selezionare le variabili più rappresentative. Sulla base di questa indagine preliminare, sono stati costruiti modelli lineari a effetti misti (per ulteriori dettagli metodologici cfr. Sacchelli *et al*., 2025).

La quantificazione delle risposte fisiologiche ha invece previsto l'applicazione della tecnica fNIRS (functional Near Infra-Red Spectroscopy o spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso) una tecnica di neuroimaging in grado di misurare le variazioni di concentrazione di emoglobina ossigenata (O_2Hb) e deossigenata (HHb) associate con l'attività cerebrale.

Le tecniche di monitoraggio cerebrale applicate nel campo delle valutazioni ambientali possono essere infatti suddivise in due gruppi principali che includono rispettivamente:

1. registrazioni elettriche mediante l'applicazione dell'elettroencefalografia (EEG) che misura la variazione dell'attivazione neuronale in diversi punti del cervello attraverso l'utilizzo di particolari dispositivi dotati di elettrodi;
2. altri metodi per misurare le risposte metaboliche o emodinamiche all'attività neuronale.

Le tecniche non invasive basate sulle variazioni dell'ossigenazione cerebrale appartengono al secondo gruppo e sono principalmente identificate come risonanza magnetica funzionale (fMRI) (Sawe, 2017) e, appunto, spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS) (Park *et al*., 2017). La fNIRS è un'alternativa più economica rispetto alla fMRI, in quanto a oggi esistono numerosi strumenti portatili con costi più contenuti rispetto a quelli legati alla prima; inoltre, la fNIRS riesce a mappare l'attivazione cerebrale in modo migliore (dal punto di vista spaziale) rispetto alla tecnica EEG, seppur con una latenza di 2/3 secondi rispetto alla risposta di quest'ultima (Norwood *et al*., 2019).

Negli ultimi anni, la tecnica fNIRS si è affermata come uno strumento prezioso per misurare le risposte emodinamiche corticali agli stimoli ambientali, consentendo la quantificazione delle variazioni di O_2Hb e HHb nella corteccia prefrontale (CPF) durante l'esposizione ad ambienti naturali rispetto a quelli artificiali.

Un crescente numero di prove suggerisce che la riduzione di O_2Hb all'interno della CPF sia indicativa di una ridotta attivazione corticale, di un minore carico cognitivo e di un maggiore rilassamento. Mentre l'interpretazione delle variazioni di HHb rimane più controversa – con alcuni studi che riportano andamenti inversi rispetto a O_2Hb e altri che riportano tendenze parallele –

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

entrambi i cromofori forniscono informazioni complementari sulle risposte neurovascolari all'esposizione ambientale. Tuttavia, la magnitudo e la tipologia di relazione con cui queste variabili influenzano le risposte emodinamiche durante l'esposizione a stimoli forestali rimangono poco esplorate.

Con queste premesse, la ricerca ha mirato all'analisi della reazione della componente fisiologica dovuta agli effetti della densità degli alberi, della luce, della composizione specifica e della stagionalità, oltre che alla valutazione della coerenza tra i canali O_2Hb e HHb nelle risposte emodinamiche.

La registrazione dei livelli e delle variazioni di O_2Hb e HHb è avvenuta in laboratorio tramite il Brite Lite Frontal, uno strumento portatile e non invasivo dell'azienda Artinis, compatibile con il visore per RV. Il Brite Lite Frontal è caratterizzato da una fascia in neoprene e contiene 4 optodi trasmettitori e 4 optodi ricevitori per un totale di 8 canali atti all'analisi della risposta emodinamica della CPF. La distanza tra gli optodi nella fascia è impostata a 30 mm.

Lo strumento è correlato con il software OxySoft v. 3.0 necessario per il settaggio dei parametri di base, la gestione e l'esportazione del segnale fNIRS in formato proprietario .oxy5. Il segnale acquisito con la tecnica fNIRS contiene, oltre alla risposta emodinamica, anche componenti che costituiscono artefatti fisiologici (legati a battito cardiaco, frequenza respiratoria, oscillazioni alle bassissime frequenze e onda di Mayer) e altre fonti di disturbo assimilabili a rumore di misura casuale (Brigadoi, 2011). La rimozione degli artefatti è avvenuta con i seguenti passaggi:

1. su OxySoft è stato creato manualmente il posizionamento degli optodi in 3D e sono state esportate le coordinate secondo il template MNI ICBM 152, al fine di ottenere il layout degli optodi e permettere il dialogo con il software Matlab;
2. utilizzando delle funzioni fornite da Artinis vengono importati su Matlab i file .oxy5 e sono calcolati i valori relativi di O_2Hb e HHb, al netto degli artefatti.

Infine, per ciascun partecipante e ciascuna condizione forestale, sono stati calcolati i valori medi di O_2Hb e HHb per i canali prefrontali appartenenti ai lobi cerebrali destro (Rx) e sinistro (Lx). Per quantificare la risposta fisiologica relativa all'esposizione a stimoli forestali, il valore della baseline per ciascun canale è stato sottratto al valore di esposizione allo stimolo boscato, ottenendo quattro variabili dipendenti, denominate O_2Hb_Rx_diff, HHb_Rx_diff, O_2Hb_Lx_diff e HHb_Lx_diff. Differenze positive indicano una maggiore attivazione emodinamica durante l'esposizione alla foresta rispetto al valore della baseline e viceversa.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Le variabili predittive utilizzate sono le stesse rispetto al modello psicologico, seppur gestite con le modalità riportate di seguito: composizione specifica (standardizzato), stagione (standardizzato), indice di verde (continuo e standardizzato), illuminamento (continuo e standardizzato), densità degli alberi (continuo e standardizzato), area basimetrica (continuo) e diametro medio degli alberi (continuo).

La variabile "densità" è stata modellata come fattore standardizzato in base ai quantili della sua distribuzione empirica per tenere conto di potenziali effetti non lineari o di soglia. Nello specifico, la distribuzione è stata suddivisa in cinque classi di densità: Molto bassa, Bassa, Media, Alta, Molto alta, corrispondenti ai percentili 12,5°, 37,5°, 62,5° e 87,5°. Questo approccio ha garantito dimensioni di gruppo equilibrate e ha consentito l'individuazione di potenziali effetti non lineari, come suggerito da analisi preliminari.

Per ciascuna variabile dipendente, è stato adattato un modello lineare a effetti misti utilizzando la funzione lmer del pacchetto lme4 del software R. Le prestazioni del modello sono state valutate tramite R^2 marginale e condizionale e i confronti tra i modelli sono stati eseguiti utilizzando il test del rapporto di verosimiglianza ANOVA. I livelli di significatività sono stati impostati a $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

2.3. Risultati

I risultati inerenti alla componente psicologica indicano che la media dei valori ROS migliora per tutti gli stimoli forestali (5,41) rispetto alla baseline (4,35). L'entità del miglioramento è rilevante per gli intervistati di sesso maschile rispetto a quello femminile, in particolare tenendo conto del luogo di residenza: spostandosi dalle aree rurali alle città medio-grandi, la differenza di punteggio tra foresta e baseline aumenta.

I singoli video sono stati inoltre analizzati per identificare quello preferito e percepito come più rilassante. I risultati del test di Kruskal-Wallis hanno mostrato differenze significative. I valori medi di ROS per ogni stimolo sono riportati nella *Tabella 2*.

L'analisi della stagionalità mostra differenze statisticamente significative nella percezione media nelle diverse stagioni. Il test post-hoc ha evidenziato che la stagione estiva ha un impatto più positivo sul benessere rispetto a quella invernale. I risultati sulla stagionalità indicano, in aggiunta, una potenziale influenza degli indici di verde nell'elicitazione del punteggio ROS. In particolare, l'indice di vegetazione (VEG) ha mostrato il coefficiente di correlazione più elevato e un p-value significativamente inferiore rispetto agli altri indici rivelandosi inoltre il parametro più correlato con i valori ROS.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Tabella 2. Valori medi di ROS per singolo stimolo

Stimolo	*ROS media*	*Stimolo*	*ROS media*
C_1_H_est	6,04	C_1_L_est	5,39
A_1_H_est	5,99	B_2_H_inv	5,24
B_1_L_est	5,94	A_1_L_est	5,22
A_2_L_est	5,75	C_1_H_inv	5,20
A_2_H_est	5,64	A_2_H_inv	5,18
C_2_L_est	5,61	B_1_H_inv	5,17
C_2_H_est	5,60	C_2_L_inv	5,09
B_2_H_est	5,57	C_1_L_inv	5,03
B_1_L_inv	5,55	C_2_H_inv	5,00
B_1_H_est	5,55	B_2_L_inv	4,90
B_2_L_est	5,51	A_1_H_inv	4,70
A_1_L_inv	5,49	Baseline	4,35
A_2_L_inv	5,42		

L'analisi della densità forestale non ha evidenziato differenze indicative tra aree a bassa e alta densità. Questi risultati sono stati ulteriormente confermati dal test post-hoc di Dunn. Ciò implica che la densità del fusto non sembra essere un fattore discriminante per il parametro analizzato. Tuttavia, estrapolando i dati per stagione, approfondimenti statistici hanno rivelato differenze significative in estate, ma non in inverno.

Le caratteristiche dendrometriche (diametro medio e area basimetrica) e della luminosità non hanno fatto emergere alcuna significatività statistica per la correlazione con i valori ROS.

Sulla base della tecnica Random Forest (RF) è stato dunque sviluppato il modello lineare a effetti misti per l'analisi combinata delle variabili. Nel complesso, il modello ha dimostrato una buona bontà di adattamento con un R^2 marginale di 0,27 (varianza spiegata da effetti fissi) e un R^2 condizionale di 0,64 (varianza spiegata sia da effetti fissi che casuali), valori considerati appropriati per i modelli a effetti misti nella ricerca psicologica e ambientale (Rights, Sterba, 2020). I predittori che hanno dimostrato un'importanza relativa maggiore sono la stagione, l'indice di verde (VEG) e la luminosità, evidenziando ulteriormente potenziali effetti sulla componente psicologica legati alla combinazione degli stessi. La tipologia forestale ha evidenziato performance migliori per il bosco misto di abete bianco, faggio e abete rosso, seguito dal bosco puro di faggio e da quello di cerro.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Per quanto riguarda l'analisi delle risposte fisiologiche tramite fNIRS, diverse variabili ecologiche hanno mostrato associazioni statisticamente significative con le risposte emodinamiche della CPF durante l'esposizione a stimoli forestali rispetto alla baseline.

Considerando la variabile dipendente O_2Hb_Rx_diff, sono stati osservati coefficienti negativi per:

1. irraggiamento (β = -0,0037, p = 0,009);
2. diverse tipologie forestali (ad esempio, Pino domestico e sughera: β = -44,8, p = 0,034; Cerro: β = -39,5, p = 0,038; Abete bianco/Faggio/Abete rosso: β = -31,92, p = 0,035);
3. classi di densità più elevate (Media: β = -46,81, p = 0,048; Molto alta: β = -92,83, p = 0,050) e iv) parametri strutturali del popolamento (area basimetrica: β = -0,89, p = 0,046; diametro medio: β = -1,48, p = 0,050).

Nell'interpretazione degli output, questi coefficienti indicano una ridotta attivazione prefrontale, coerente con un maggiore rilassamento.

I modelli misti hanno mostrato tendenze apparentemente contrastanti, con il coefficiente legato all'interazione tra indice di vegetazione e irraggiamento (VEG × Lux) positivo (β = 0,00375, p = 0,010), suggerendo che un aumento della luce combinato con un elevato indice di verde possa parzialmente controbilanciare gli effetti benefici del rilassamento.

Anche per la variabile dipendente HHb_Rx_diff, sono state riscontrate associazioni negative e significative per l'irraggiamento (β = -0,00276, p = 0,001), per diverse categorie di specie arboree, per tutte le classi di densità (da Bassa a Molto Alta) e per entrambi i parametri dendrometrici, supportando ancora una volta un modello coerente con status emotivi benefici. I coefficienti positivi per la variabile sono invece limitati alle intercette e, intuitivamente, alla stagione invernale (β = 59,67, p = 0,016). Gli effetti di interazione hanno mostrato segni opposti per indice di vegetazione e stagione (VEG × Stagione) (negativo) e per indice di vegetazione e irraggiamento (VEG × Lux) (positivo), rispecchiando e integrando il modello O_2Hb_Rx_diff.

La risposta emodinamica del lobo cerebrale sinistro ha evidenziato esiti degli stimoli forestali meno evidenti: effetti di rilassamento statisticamente significativi emergono per la variabile dipendente O_2Hb_Lx_diff con l'indice di vegetazione (β = -8,65, p = 0,049) e per la variabile HHb_Lx_diff con l'irraggiamento (β = -0,00146, p = 0,043) e con l'interazione indice di vegetazione/stagione (β = -49,02, p = 0,017).

Il modello ha indicato un R^2 marginale (varianza spiegata da effetti fissi) variabile tra 0,049 (HHb_Lx_diff) e 0,205 (HHb_Rx_diff), mentre l'R^2

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

condizionale (inclusi gli effetti casuali) risulta sostanzialmente più elevato (0,47-0,55), evidenziando l'importanza della soggettività degli intervistati nella risposta fisiologica.

Nel complesso, la densità degli alberi, i parametri dendrometrici, la stagione, l'intensità luminosa e alcune tipologie forestali hanno mostrato costantemente associazioni negative con le differenze di O_2Hb e HHb, supportando il loro ruolo nel promuovere il rilassamento fisiologico durante l'esposizione alla foresta in VR. In particolare, il trend di densità sembra seguire il modello suggerito da alcuni studi denotando una correlazione a forma di U rovesciata tra livello del benessere e densità. Area basimetrica e diametro medio più alti (indicatori di popolamenti con piante – generalmente anche se non necessariamente – di maggiori dimensioni) comportano una minor risposta emodinamica, così come la stagione estiva. La significatività dell'indice di verde riscontrata per la parte psicologica è confermata anche nell'analisi fNIRS; tuttavia, la combinazione con elevati livelli di irraggiamento solare sembra diminuire gli effetti benefici degli stimoli forestali, suggerendo come gli effetti di interazione possano modulare la risposta emodinamica in modo complesso.

3. Analisi di idoneità di aree boscate per le pratiche forestali legate al benessere umano: un modello GIS

3.1. Inquadramento

Le PFMB rappresentano un tipico servizio ecosistemico culturale (SEC) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) caratterizzato da un elevato grado di intangibilità e incommensurabilità. Inoltre, la valutazione e la quantificazione di tale tipologia di fornitura di SEC in ambienti dinamici come le foreste suggeriscono la necessità di sistemi di supporto alle decisioni (SSD) standardizzati per la fornitura di informazioni per la gestione delle risorse boscate (Inistroza *et al*., 2017). I SSD attualmente disponibili per l'analisi dei SEC si concentrano principalmente sull'analisi del trade-off con altri servizi ecosistemici. La dimensione spaziale viene spesso indagata: in questo senso si possono citare i Sistemi Informativi Geografici partecipativi (Brown, Fagerholm, 2015), i modelli che applicano i social media (Langemeyer *et al*., 2018; Bernetti *et al*., 2019) o le tecniche basate su un approccio multi-metodo (Rovai *et al*., 2016; Saeidi *et al*., 2017).

Al fine di fornire informazioni quantitative e integrate ai gestori forestali nell'ottica della valorizzazione del benessere dei fruitori del bosco, risulta quindi importante avere a disposizione dei SSD su base spaziale in grado di

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

identificare l'idoneità delle aree e delle particelle forestali per la fornitura di tali SEC. L'utilità dei SSD ricade anche nel fatto che i risultati di questi strumenti possono porre le basi per la valorizzazione turistica del territorio e lo sviluppo economico di aree interne, montane o marginali.

Dalla letteratura scientifica emerge come, nel corso degli anni, siano stati sviluppati numerosi modelli di idoneità territoriale forestale incentrati primariamente sull'outdoor (Lehto *et al*., 2025). Tuttavia, sembrano essere meno diffusi i SSD su base geografica legati alla *suitability analysis* per l'identificazione di aree idonee all'implementazione di PFMB (Makhanova *et al*., 2022; Liu *et al*., 2023).

Con queste premesse e in base ai risultati delle azioni progettuali precedenti, obiettivo della presente fase di lavoro è stato quello di creare un Sistema Informativo Territoriale su base GIS (Geographic Information System) per la predisposizione di un SSD atto all'identificazione di aree forestali idonee a PFMB.

3.2. Metodologia

Il modello, denominato *r.forwell*, è stato implementato in modalità open source su software GRASS GIS vers. 8.4 al fine di renderlo libero, aggiornabile e trasferibile a diversi contesti territoriali. Sono state quindi integrate informazioni e geodatabase inerenti a variabili socio-economiche, climatiche, logistiche, geomorfologiche e legate a vari rischi per le persone. L'area di studio testata è la provincia di Trento.

Il flusso di lavoro ha innanzitutto previsto l'identificazione di criteri di valutazione all'interno dei quali ricercare le singole variabili da analizzare. Attraverso la rassegna bibliografica sviluppata in precedenza e con l'ausilio di focus group che hanno coinvolto esperti del settore, sono stati identificati cinque diversi criteri: psicologico, fisiologico, sicurezza, logistico e generale. Successivamente, è stato implementato il vero e proprio Sistema Informativo Territoriale (SIT) andando a reperire i geodati collocabili in ciascuno dei criteri precedenti. Le variabili indagate sono riportate in *Tabella 3*.

Gli indicatori appartenenti al criterio logistico, quali accessibilità e distanza da alloggi, da punti di ristoro e da presidi medici, sono stati elaborati con operazioni di distanza spaziale tra le particelle boscate e i singoli punti in esame considerando la viabilità principale, secondaria e forestale. La mappa della pendenza deriva invece dal modello digitale del terreno provinciale (DTM). I parametri fisiologici sono correlati alla presenza di specie emettitrici da un lato di composti allergenici e dell'altro di Composti Organici Volatili Biogenici (BVOC). Da sottolineare l'introduzione della mappa

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

dei BVOC creata con un'elaborazione ad hoc sul territorio provinciale, sulla base dei lavori di Pacheco *et al*. (2014) e di Martini e Sacchelli (2025). Si aggiungono a questa categoria altri indicatori fisiologici derivanti dalle azioni progettuali precedenti o elaborate dalla letteratura come, ad esempio, la risposta cardiovascolare o neuronale all'esposizione a diversi ambienti forestali. Le variabili psicologiche definiscono la reazione emotiva a stimoli naturali o artificiali che possono avere valenza positiva o negativa come il grado di copertura delle chiome, la presenza di specie invasive, la maestosità dei soprassuoli, la forma di governo e la presenza di alberi monumentali. Rientrano in questa categoria anche la vicinanza ad aree fortemente antropizzate o a elementi artificiali di disturbo (es. impianti a fune o tralicci), nonché il livello di impatto di fenomeni naturali di degrado dei soprassuoli (es. evento VAIA del 2018) e la presenza di elementi assimilabili ad accezioni positive quali punti di interesse o presenza di fiumi e torrenti. Come per i parametri fisiologici, anche quelli psicologici sono stati integrati in base ai risultati del progetto FOR.WELL considerando l'elicitazione del rilassamento (scala ROS) legata all'esposizione alle diverse tipologie forestali. La sicurezza delle persone nel caso di sessioni di PFMB è stata valutata con l'introduzione di mappe del rischio (incendio e frane) o di accidentalità del terreno (presenza di rocciosità e ostacoli naturali).

Tabella 3. Indicatori applicati nel modello r.forwell

Indicatore	*Criterio*	*Indicatore*	*Criterio*
Accessibilità	Logistico	Maestosità dei soprassuoli	Psicologico
Allergenicità	Fisiologico	Forma di governo	Psicologico
Emissione di BVOC	Fisiologico	Alberi monumentali	Psicologico
Copertura delle chiome	Psicologico	Indicatori fisiologici	Fisiologico
Distanza da alloggi	Logistico	Punti di interesse	Psicologico
Distanza da punti di ristoro	Logistico	Presenza di impianti a fune	Psicologico
Distanza da presidi medici	Logistico	Indicatori psicologici	Psicologico
Rischio d'incendio	Sicurezza	Presenza di fiumi e torrenti	Psicologico
Mappa di fragilità territoriale	Generale	Accidentalità del terreno	Sicurezza
Aree altamente antropizzate	Psicologico	Pendenza	Logistico
Presenza di specie invasive	Psicologico	Impatto dell'evento VAIA	Psicologico
Rischio di frane	Sicurezza	Presenza di acqua potabile	Generale

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Chiudono l'implementazione del geodatabase gli indicatori di natura generale come la presenza di acqua potabile e la mappa di fragilità territoriale su base comunale, come nel caso studio trattato *infra* (Cap. 4).

La possibilità di aggregare ognuno degli indicatori all'interno di un unico modello passa dalla necessità di normalizzazione degli stessi ovvero di riportare ogni mappa – caratterizzata da una propria unità di misura (es. metri di distanza dal bosco, percentuale di copertura delle chiome ecc.) – a un valore adimensionale confrontabile con gli altri parametri. Anche la normalizzazione è basata sull'analisi di letteratura e sulla partecipazione di esperti al processo di valutazione. Praticamente, la normalizzazione dei layers tematici è avvenuta sulla base della teoria degli insiemi sfocati (Zadeh, 1988). Rimandando alla letteratura specializzata per maggiori approfondimenti (Zimmemann, 1987), nella standardizzazione tramite i principi della logica sfocata si adottano specifiche "funzioni di appartenenza" (Chen, Hwang, 1992). Le stesse permettono (per ciascun indicatore) di stabilire il livello di appartenenza di ogni singola particella forestale (o di ogni minima unità territoriale indagata, es. pixel in mappe raster) all'intervallo di idoneità [0,1] dove "0" indica nessuna idoneità – per quel parametro – a PFMB e "1" denota l'idoneità massima.

A seguito delle operazioni di normalizzazione, il SSD ha previsto l'aggregazione degli indicatori attraverso un modello di analisi multicriteriale geografica (AMG) (Malczewski, 2010). Il risultato è derivante dalla media pesata di ciascuna variabile. L'analisi del trade-off, la classificazione, la valutazione e il confronto a coppie sono tra le tecniche di ponderazione comunemente impiegate nell'AMG. La definizione del peso da attribuire a ciascun parametro presentava però – nel caso di r.forwell – il problema della quantificazione dello stesso da parte di esperti, a causa della numerosità degli indicatori, della differenziazione degli stessi e della relativa novità e assenza di standardizzazione nella tematica affrontata.

Per questi motivi l'attribuzione dei pesi è stata incentrata sulla tecnica dell'*Entropy method* che quantifica in modo deterministico i pesi da attribuire a ciascun indicatore in base alle condizioni dell'area di studio. Il metodo riduce al minimo l'arbitrarietà presente nelle tecniche solitamente impiegate in AMG (Zou *et al*., 2006). L'*Entropy method* stabilisce infatti i pesi in base alle caratteristiche geografiche del territorio facendo riferimento al concetto di diversità dell'area e della variabilità territoriale calcolata partendo dall'indice ecologico di Shannon (Boroushaki, 2017; Saraswat, Digalwar, 2021; Yalcin *et al*., 2024).

Oltre agli indicatori di idoneità, il SSD ha previsto l'integrazione di vincoli di natura spaziale, ovvero di aree da escludere dalle PFMB a causa di limiti all'accesso per la garanzia di condizioni di sicurezza.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Tali vincoli sono stati identificati in:

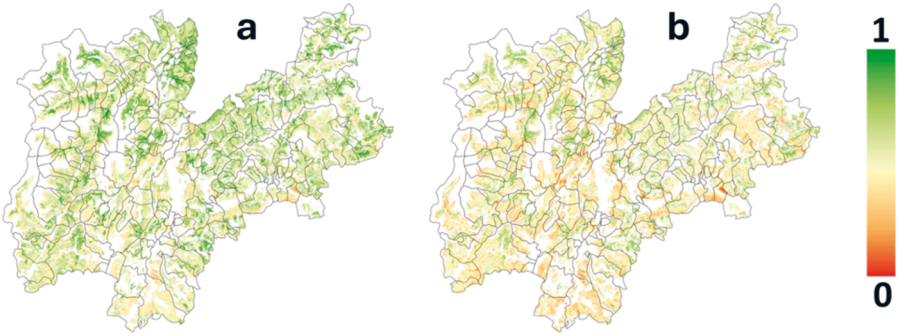
1. particelle forestali interessate dall'evento VAIA e con un livello di danno maggiore del 70%;
2. boschi con problemi fitosanitari causati dall'attacco di bostrico (Ips typographus).

Grazie alla presenza di variabili che modificano la propria valenza nelle diverse stagioni, la mappa di idoneità è stata realizzata per il periodo primaverile-estivo e per quello autunno-invernale.

3.3. Risultati

Le mappe ottenute sono riportate in *Figura 1*.

Figura 1. Mappe di idoneità a PFMB per i periodi primaverile-estivo (a) e autunno-invernale (b) in provincia di Trento



I risultati riportati in *Tabella 4* evidenziano – intuitivamente per l'area di studio – un'idoneità maggiore per il periodo primaverile-estivo rispetto a quello autunno-invernale (mediamente superiore del 9%).

Analizzando gli output per singola specie forestale, notiamo una forte rilevanza per abete bianco, pino cembro e abete rosso che inoltre, da sole, raggiungono il 36% dell'intera superficie forestale provinciale. Chiudono il ranking, specie nel complesso meno idonee quali ontano verde, pino mugo e robinia. Da sottolineare la marcata differenza tra idoneità primaverile-estiva e autunno-invernale nelle latifoglie, in primis per le categorie di specie decidue come robinia, altre querce e castagno. In questo gruppo rientra an-

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

che una latifoglia non decidua quale il leccio che, probabilmente, denota un *delta* consistente, a causa dell'importanza dell'emissione di BVOC, per questa specie nei due periodi.

Tabella 4. Idoneità media a PFMB per specie e periodo dell'anno

Specie	*Idoneità (primavera-estate)*	*Idoneità (autunno-inverno)*	*Differenza (PE – AI)*	*Superficie (ha)*
Abete bianco	0,70	0,65	8,5%	28165
Pino cembro	0,70	0,65	8,3%	1851
Abete rosso	0,70	0,65	8,4%	92782
Misto conifere	0,69	0,63	8,8%	57925
Larice	0,69	0,63	9,7%	31086
Castagno	0,68	0,61	11,1%	272
Misto conifere latifoglie	0,68	0,63	8,6%	38320
Pino nero	0,68	0,62	9,0%	5057
Altre querce	0,67	0,60	12,4%	550
Pino silvestre	0,66	0,61	9,3%	3095
Ontano bianco	0,66	0,62	6,6%	473
Faggio	0,65	0,60	7,9%	42468
Leccio	0,64	0,57	11,7%	619
Ontano nero	0,63	0,59	6,8%	5
Misto latifoglie	0,61	0,57	7,6%	21497
Ontano verde	0,60	0,56	7,2%	6361
Pino mugo	0,59	0,54	9,9%	10716
Robinia	0,57	0,50	14,1%	533

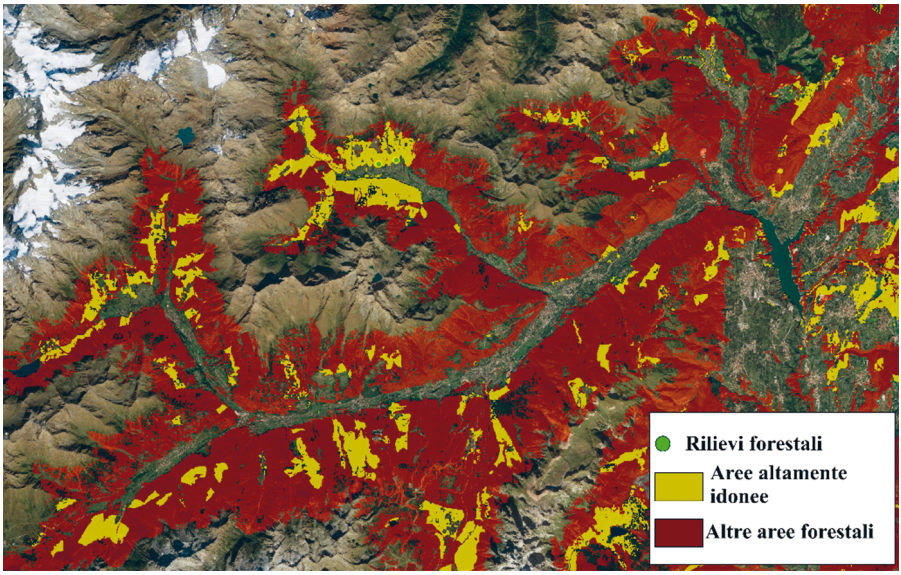
Significativa è inoltre la differenza di idoneità per forma di governo: la fustaia risulta essere migliore rispetto al ceduo sia nel periodo primavera-estate (idoneità media 0,69 vs 0,61), che in quello autunno-inverno (idoneità media 0,63 vs 0,57).

Gli output di r.forwell possono facilitare l'identificazione delle aree più idonee per PFMB. L'utilità di tale aspetto è da ricollegarsi anche alla necessità di definire standard di certificazione dei servizi ecosistemici generati da boschi e piantagioni gestiti in maniera sostenibile o più in generale per identificare procedure per la validazione dei siti idonei ad attività legate al benessere in foresta, andando ad affiancare gli iter procedurali attualmente in atto a livello nazionale (Rivieccio *et al*., 2024; PEFC, 2025).

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

A titolo di esempio si propone dunque di seguito un'elaborazione per l'identificazione delle possibili migliori aree forestali per PFMB derivanti dall'analisi della precedente mappa di idoneità (periodo primavera-estate) per la provincia di Trento. Estraendo dall'elaborato le superfici appartenenti al 10° percentile in termini di idoneità (*Figura 2*), emerge la corrispondenza con i due siti selezionati per i rilievi del progetto FOR.WELL in Val di Rabbi, andando a effettuare una prima validazione empirica dei risultati della mappa.

Figura 2. Estratto dalla mappa di idoneità primaverile-estiva delle aree con un suitability index nel 10° percentile; sono inoltre riportate le localizzazioni degli stimoli A_1_H e A_1_L relative al lariceto puro ad alta e bassa densità in Val di Rabbi (area interna Val di Sole) (cfr. Tabella 1)



4. Discussione

L'impatto positivo delle aree a verde sul benessere psico-fisico e sulla possibilità di miglioramento delle interazioni sociali degli individui è ormai noto e dimostrato da tempo, sia per quanto riguarda l'ambito urbano che per i siti forestali.

L'ampia letteratura di riferimento necessita tuttavia di strumenti e tecniche idonee per la gestione della stessa e l'estrazione di informazioni utili a fini di studio e ricerca, ma anche per guidare gli indirizzi gestionali delle

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

risorse naturali; questo al fine di perfezionare l'erogazione delle cosiddette pratiche forestali per il miglioramento del benessere (PFMB). In quest'ottica i metodi di Big Data analysis e Text mining qui presentati si sono rivelati utili strumenti per la definizione di un quadro di dettaglio sulla tematica, nonché per sottolineare possibili lacune e sviluppi futuri della ricerca.

Sulla base di tali indirizzi, il lavoro ha evidenziato alcune possibili interazioni tra le risposte psico-fisiologiche di un campione di intervistati e le variabili forestali. Gli indici di verde (nel nostro caso, in particolare, il Vegetative Index) e la stagionalità hanno dimostrato un'ampia correlazione con il miglioramento dello status emotivo misurato tramite Restorative Outcome Scale (ROS). In modo interessante, la valutazione della risposta emodinamica alla visualizzazione di stimoli forestali in realtà virtuale immersiva è andata non solo a confermare, ma anche a integrare i risultati della parte psicologica. In tale analisi, infatti, la densità boschiva e ulteriori parametri dendrometrici sembrano seguire tendenze specifiche: trend a U rovesciata per la densità e correlazioni direttamente proporzionali tra diametro e area basimetrica con il rilassamento degli intervistati. La tecnica fNIRS sembra dunque suscitare effetti non direttamente misurabili tramite la sola elicitazione verbale da parte delle persone.

Alcune variabili denotano risposte modulate dall'interazione reciproca (come ad es. il Vegetative Index e il livello di irraggiamento solare). Lo stress recovery legato alle tipologie forestali sembra essere primariamente influenzato dalla stagionalità; tuttavia, nei modelli psicologici e fisiologici alcune rappresentazioni forestali riscontrano valori migliori rispetto alle altre come, ad esempio, il bosco misto di abete bianco, faggio e abete rosso in ambito alpino, il bosco puro di faggio in ambito appenninico, nonché il bosco misto di pino domestico e sughera e quello puro di cerro in ambito mediterraneo. L'analisi di variabili individuali degli intervistati e l'influenza delle stesse sul miglioramento del benessere – pur non rappresentando il focus del progetto data l'impossibilità di stratificazione del campione per parametri caratteristici – sembra denotare effetti significativi di componenti quali ad esempio la residenza e il livello di frequentazione di aree naturali. Studi futuri potranno integrare l'analisi in questa direzione.

I risultati del progetto FOR.WELL, combinati con la disponibilità di letteratura scientifica sull'argomento e la partecipazione di esperti tramite focus group ha permesso infine di realizzare un sistema di supporto decisionale (SSD) su base geografica per l'analisi dell'idoneità territoriale di aree boscate per PFMB. Il modello (r.forwell, sviluppato su piattaforma GIS open-source) permette l'integrazione di numerose variabili territoriali. Il SSD può facilitare l'identificazione delle migliori localizzazioni su cui concentrare l'attenzione per l'erogazione di tali servizi ecosistemici culturali, anche af-

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

fiancandosi allo sviluppo degli iter e dei processi di certificazione a oggi in atto sul territorio nazionale. Un prototipo di label da associare a boschi altamente idonei viene proposto di seguito (*Figura 3*).

Figura 3. Prototipo di label per l'identificazione di aree forestali per l'idoneità a PFMB

Gli output progettuali pongono le prime basi per delle modalità di gestione delle aree forestali – anche selvicolturale – atte all'ottimizzazione di PFMB. Il tutto con il fine ultimo di attivazione e agevolazione di processi endogeni e dal basso per il miglioramento socio-economico e ambientale di aree interne, montane e marginali.

Bibliografia

An K.W., Kim E. Jeon K.S., Setsu T. (2004), *Effects of Forest Stand Density on Human's Physiophychological Changes*, «Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University», 49(2), 283-291.

Annerstedt M., Jönsson P., Wallergård M., Johansson G., Karlson B., Grahn P., Hansen Å.M., Währborg P. (2013), *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest. Results from a pilot study*, «Physiology & Behavior» 118, 240-250.

Antonelli M., Donelli D., Barbieri G., Valussi M., Maggini V., Firenzuoli F. (2020), *Forest Volatile Organic Compounds and Their Effects on Human Health: A State-of-the-Art Review*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 17, 6506.

Berghmans C. (2023), *The impact of exposure to nature (forest bathing) on mental health: A review of randomized controlled trials and an analysis of action processes*, «L'Évolution Psychiatrique», 89, 811-828.

Berman M.G., Jonides J., Kaplan S. (2008), *The cognitive benefits of interacting with nature*, «Psychological science», 19(12), 1207-1212.

Bernetti I., Chirici G., Sacchelli S. (2019), *Big data and evaluation of cultural ecosy-*

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

stem services: an analysis based on geotagged photographs from social media in Tuscan forest (Italy), «iForest», 12, 98-105.
Bielinis E., Omelan A., Boiko S., Bielinis L. (2018), *The restorative effect of staying in a broad-leaved forest on healthy young adults in winter and spring*, «Baltic Forestry», 24(2), 218-227.
Birch J. (1997), *Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency*, «Ophthalmic and Physiological Optics», 17(5), 403-408.
Biró L., Kozma-Bognár V., Berke J. (2024), *Comparison of RGB Indices used for Vegetation Studies based on Structured Similarity Index (SSIM)*, «Journal of Plant Science and Phytopathology», 8, 7-12.
Boroushaki S. (2017), *Entropy-Based Weights for MultiCriteria Spatial Decision-Making*, Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers, vol. 79, pp. 168-187, University of Hawai'i Press.
Bowler D.E., Buyung-ali L.M., Knight T.M., Pullin A.S. (2010), *A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments*, «BMC Public Health», 10, 456.
Brigadoi S. (2011), *Un nuovo algoritmo per la rimozione degli artefatti fisiologici da segnali di spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS)*, Tesi di Laurea Magitrale, Università degli Studi di Padova.
Chae Y., Lee S., Jo Y., Kang S., Park S., Kang H. (2021), *The effects of forest therapy on immune function*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 18, 8440.
Chen S.J., Hwang C.L. (1992), *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin.
Cleveland T. (1910), *National Forests as Recreation Grounds*, The Annals of the American Academy of Political and Social Science, vol. 35, n. 2, Public Recreation Facilities, pp. 25-31.
Clifford A. (2018), *Your Guide to Forest Bathing*, Conari Press, Berkeley.
Cvikl D. (2022), *Forest Therapy and Well-being Tourism Literature Review-With Assessment of Potential for Slovenia*, «Academica Turistica», 15, 25-41.
Grilli G., Barbierato E., Capecchi I., Sacchelli S. (2022), *Application of stated-preferences methods and neuroscience for the valuation of dynamicity in forest cultural ecosystem services*, «Journal of Environmental Planning and Management», 65(3), 398-417.
Gürbey A.P., Karabudak G. (2021), "Forest Bathing as an Eco-Wellness Tourism Activity", in Özyavuz M. (ed.), *Theories, Techniques, Strategies for Spatial Planners and Designers: Planning, Design, Applications*, Peter Lang, Lausanne, pp. 691-712.
Hague T., Tillett N.D., Wheeler H. (2006), *Automated crop and weed monitoring in widely spaced cereals*, «Precision Agriculture», 7(1), 21-32.
Huang R., Li A., Li Z., Chen Z., Zhou B., Wang G. (2022), *Adjunctive therapeutic effects of forest bathing trips on geriatric hypertension: results from an on-site experiment in the Cinnamomum camphora forest environment in four seasons*, «Forests», 14(1), 75.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Inostroza L., König H.J., Pickard B., Zhen L. (2017), *Putting ecosystem services into practice: Trade-off assessment tools, indicators and decision support systems*, «Ecosystem Services», 26(Part B), 303-305.

Joung D., Kim G., Choi Y., Lim H., Park S., Woo J.M., Park B.J. (2015), *The prefrontal cortex activity and psychological effects of viewing forest landscapes in Autumn season*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 12(7), 7235-7243.

Kaplan R., Kaplan S. (1989), *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*, Cambridge University Press: Cambridge.

Kim J.G., Shin W.S. (2021), *Forest Therapy Alone or with a Guide: Is There a Difference between Self-Guided Forest Therapy and Guided Forest Therapy Programs?*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 18, 6957.

Kobayashi H., Song C., Ikei H., Park B.J., Kagawa T., Miyazaki Y. (2019), *Combined effect of walking and forest environment on salivary cortisol concentration*, «Frontiers in public health», 7, 376.

Langemeyer J., Calcagni F., Baró F. (2018), *Mapping the intangible: Using geolocated social media data to examine landscape aesthetics*, «Land Use Policy», 77, 542-552.

Lee J., Park B.J., Tsunetsugu Y., Ohira T., Kagawa T., Miyazaki Y. (2011), *Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects*, «Public Health», 125(2), 93-100.

Lehto C., Sirén A., Hedblom M., Fredman P. (2025), *A conceptual framework of indicators for the suitability of forests for outdoor recreation*, «Ambio», 54(2), 184-197.

Li C., Sun C., Sun M., Yuan Y., Li P. (2020), *Effects of brightness levels on stress recovery when viewing a virtual reality forest with simulated natural light*, «Urban Forestry & Urban Greening», 56, 126865.

Li Q. (2023), *New Concept of Forest Medicine*, «Forests», 14, 1024.

Liu N., Wei Y., Zheng Y., Shi J. (2023), *Spatial suitability of forest-based health and wellness tourism in Beijing*, «Progress in Geography», 42(8), 1573-1586.

Makhanova N., Berdenov Z., Wendt J.A., Sarsekova D., Mursalimova E., Sansyzbayeva A., Nurtazina N., Safarov R. (2022), *Biogeographic potential of the north kazakh plain in the perspective of health tourism development*, «Geojournal of Tourism and Geosites», 40(1), 253-258.

Malczewski J. (2010), "Multiple Criteria Decision Analysis and Geographic Information Systems", in Ehrgott M., Figueira J., Greco S. (eds.), *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science*, vol. 142, Springer, Boston.

Martini G., Sacchelli S. (2025), *Analisi dell'idoneità territoriale per attività di terapia forestale in provincia di Trento: un modello GIS per la quantificazione delle emissioni di composti organici biogenici volatili (BVOC)*, «Dendronatura», 2, 42-53

Marušáková L., Sallmannshofer M. (2019), *Human Health and Sustainable Forest Management*, Forest Europe, Liaison Unit Bratislava.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Mazzoleni E., Donelli D., Zabini F., Meneguzzo F., Antonelli M. (2024), *Forest Therapy Research in Europe: A Scoping Review of the Scientific Literature*, «Forests», 15, 848.

McEwan K., Giles D., Clarke F.J., Kotera Y., Evans G., Terebenina O., Minou L., Teeling C., Basran J., Wood W., Weil D. (2021), *A Pragmatic Controlled Trial of Forest Bathing Compared with Compassionate Mind Training in the UK: Impacts on Self-Reported Well-being and Heart Rate Variability*, «Sustainability», 13, 1380.

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, Washington DC.

Miyazaki Y., Lee J., Park B.J., Tsunetsug Y., Matsunaga K. (2011), *Preventive medical effects of nature therapy*, «Japanese Journal of Hygiene», 66(4), 651-656.

Motohka T., Nasahara K.N., Oguma H., Tsuchida S. (2010), *Applicability of green-red vegetation index for remote sensing of vegetation phenology*, «Remote Sensing», 2(10), 2369-2387.

Norwood M.F., Lakhani A., Maujean A., Zeeman H., Creux O., Kendall E. (2019), *Brain activity, underlying mood and the environment: A systematic review*, «Journal of Environmental Psychology», 101321.

Pacheco C.K, Fares S., Ciccioli P. (2014), *A highly spatially resolved GIS-based model to assess the isoprenoid emissions from key Italian ecosystems*, «Atmospheric Environment», 96, 50-60.

Paletto A., Baldessari S., Barbierato E., Bernetti I., Cerutti A., Righi S., Ruggieri B., Landi A., Notaro S., Sacchelli S. (2025), *A Quantitative Literature Review on Forest-Based Practices for Human Well-Being*, «Forests», 16, 1246.

Paletto A., Notaro S., Pavaleanu C. (2024b), *Forest bathing: a quantitative exploration of emerging trends, patterns, and growth areas*, «Journal of Forest Research», 29(4), 239-245.

Paletto A., Notaro S., Sergiacomi C., Di Mascio F. (2024a), *The Economic Value of Forest Bathing: An Example Case of the Italian Alps*, «Forests», 15, 543.

Park S., Kim S., Kim G., Choi Y., Kim E., Paek D. (2021), *Evidence-Based Status of Forest Healing Program in South Korea*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 18, 10368.

Park S.A., Song C., Oh Y.A., Miyazaki Y., Son K.C. (2017), *Comparison of Physiological and Psychological Relaxation Using Measurements of Heart Rate Variability, Prefrontal Cortex Activity, and Subjective Indexes after Completing Tasks with and without Foliage Plants*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 14,1087.

PEFC (2025), *Standard di certificazione dei Servizi Ecosistemici generati da boschi e piantagioni gestiti in maniera sostenibile*, versione 0.61, disponibile su: *cdn.pefc.org/pefc.it/media/2025-07/3b0c431c-4f4d-4634-8ae7-9d5daa87056b/aaecfed5-1d2b-5c9c-8945-d87d3f8ff3e0.pdf*.

Pratiwi P.I., Xiang Q., Xie Z. (2024), *Physiological and Psychological Effects of Walking in and Viewing Autumn Forests in Urban Park in Japanese and Indonesian Adults*, «IOP Conference Series: Earth and Environmental Science», 1384(1), 012014.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Rights J.D., Sterba S.K. (2020), *New Recommendations on the Use of R-Squared Differences in Multilevel Model Comparisons*, «Multivariate Behavioral Research», 55(4), 568-599.

Rivieccio R., Romano R., Orsini S. (2024), *Forest therapy in Italy: proposal of a standard procedure for validation of suitable sites*, «iForest», 17, 192-202.

Rovai M., Andreoli M., Gorelli S., Jussila H. (2016), *A DSS model for the governance of sustainable rural landscape: A first application to the cultural landscape of Orcia Valley (Tuscany, Italy)*, «Land Use Policy», 56, 217-237.

Roviello V., Gilhen-Baker M., Vicidomini C., Roviello G.N. (2022), *Forest-bathing and physical activity as weapons against Covid-19: A review*, «Environmental Chemistry Letters», 20, 131-140.

Sacchelli S., Barbierato E., Baldessari S., Becheri F., Cerutti A., Notaro S., Righi S., Paletto A., Bernetti I. (2025), *The influence of forest characteristics on psychological well-being: an analysis based on immersive virtual reality*, «Trees, Forests and People», 22, 101003.

Saeidi S., Mohammadzadeh M., Salmanmahiny A., Mirkarimi S.H. (2017), *Performance evaluation of multiple methods for landscape aesthetic suitability mapping: A comparative study between Multi-Criteria Evaluation, Logistic Regression and Multi-Layer Perceptron neural network*, «Land Use Policy», 67, 1-12.

Saraswat S.K., Digalwar A.K. (2021), *Evaluation of energy alternatives for sustainable development of energy sector in India: An integrated Shannon's entropy fuzzy multicriteria decision approach*, «Renewable Energy», 171, 58-74.

Sawe N. (2017), *Using neuroeconomics to understand environmental valuation*, «Ecological Economics», 135, 1-9.

Takayama N., Saito H.; Fujiwara A., Horiuchi M. (2017), *The Effect of Slight Thinning of Managed Coniferous Forest on Landscape Appreciation and Psychological Restoration*, «Progress in Earth and Planetary Science», 4, 17.

Timko Olsen E.R., Hansen M.M., Vermeesch A. (2020), *Mindfulness and Shinrin-yoku: Potential for physiological and psychological interventions during uncertain times*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 17, 9340.

Timko Olsen E.R., Olson A.A., Driscoll M., Vermeesch A.L. (2023), *Nature-Based Interventions and Exposure among Cancer Survivors: A Scoping Review*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 20, 2376.

Tyrväinen L., Ojala A., Korpela K., Lanki T., Tsunetsugu Y. (2014), *The influence of urban green environments on stress relief measures: a field experiment*, «Journal of Environmental Psychology», 38, 1-9.

Wang Y., Jiang M., Huang Y., Sheng Z., Huang X., Lin W., Chen Q., Li X., Luo Z., Lv B. (2020), *Physiological and psychological effects of watching videos of different durations showing urban bamboo forests with varied structures*, «International Journal of Environmental Research and Public Health», 17(10), 3434.

White M.P., Hartig T., Martin L., Pahl S., van den Berg A.E., Wells N.M., Costongs C., Dzhambov A.M., Elliott L.R., Godfrey A., Hartl A., Konijnendijk C., Litt

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

J.S., Lovell R., Lymeus F., O'Driscoll C., Pichler C., Pouso S., Razani N., Secco L., Steininger M.O., Stigsdotter U.K., Uyarra M., van den Bosch M. (2023), *Nature-based biopsychosocial resilience: An integrative theoretical framework for research on nature and health*, «Environment International», 181, 108234.

Woebbecke D.M., Meyer G.E., Bargen K.V.O.N., Mortensen D.A. (1995), *Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions*, «Transactions of the ASAE», 38(1), 259-269.

Wu L., Luo S., Li D., Chen Q., Li J., Wen J. (2023), *Effects of Deciduous Forests on Adolescent Emotional Health in Urban Areas: An Example from the Autumn Ginkgo Forest in Chengdu*, «Forests», 14(6), 1099.

Yalcin M., Kalaycioglu S., Basaran C., Sari F., Kilic Gul F. (2024), *Exploration of potential geothermal fields using GIS-based entropy method: A case study of the Sandikli*, «Renewable Energy», 237, 121719.

Zadeh L.A. (1988), *Fuzzy Logic*, «IEEE Computer», 21, 83-93.

Zimmermann H.J. (1987), *Fuzzy sets, decision making and expert systems*, Kluwer A.P., Boston.

Zou Z., Yun Y., Sun J. (2006), *Entropy method for determination of weight of evaluating in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment indicators*, «Journal of Environmental Sciences», 18(5), 1020-1023.

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Ringraziamenti

Il presente volume nasce nell'ambito del progetto PRIN 2022 "The role of forests for wellbeing improvement: advances from psycho-physiological analysis and technologies (FOR.WELL)", CUP Master B53D23017560006, CUP J53D23009920006, Finanziato dall'Unione Europea con fondi Next-GenerationEU M4 C2.1.1.

Gli autori desiderano ringraziare il personale dell'Unione dei Comuni montani Colline Metallifere, dell'Unione di Comuni Montani Appennino Pistoiese e il Reparto Carabinieri Biodiversità di Pistoia per il supporto alle indagini progettuali. Un ringraziamento va al Comune di Rabbi e alla sua comunità di Valle per la disponibilità e il sostegno mostrati nei confronti dell'equipe nell'ambito dello studio partecipativo

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Sociologia del territorio
diretta da M. Castrignanò

Ultimi volumi pubblicati:

Città e territorio

MAURIZIO BERGAMASCHI, DANILO DE LUISE (a cura di), *Operare con le persone senza dimora.* Emarginazione urbana grave e lavoro sociale (disponibile anche in e-book).

ALFREDO AGUSTONI, PAOLO GIUNTARELLI, ROBERTO VERALDI (a cura di), *Sociologia dello spazio, dell'ambiente e del territorio.*

SILVIA MUGNANO, *Non solo housing.* Qualità dell'abitare in Italia nel nuovo millennio.

AGOSTINO PETRILLO, *Peripherein: pensare diversamente la periferia.*

PIERGIACOMO BRAGA, *Case popolari. Un territorio di relazioni* (E-book).

IGOR COSTARELLI, *Politiche abitative e giovani generazioni.* Il caso di Milano (disponibile anche in e-book).

ANNA MARIA ZACCARIA, *La faglia nascosta.* Territori, decisioni e pratiche nel cratere sismico del 1980.

ALFREDO MELA, SILVIA MUGNANO, DAVIDE OLORI (a cura di), *Territori vulnerabili.* Verso una nuova sociologia dei disastri italiana (disponibile anche in e-book).

ALESSANDRA LANDI, *Una società low-carbon in costruzione.* Elementi di teoria e pratiche della transizione sostenibile.

PAOLO COSTA, *Valutare l'architettura.* Ricerca sociologica e Post-Occupancy Evaluation.

CAROLINA MUDAN MARELLI, *La spazializzazione della questione sociale.* Politiche urbane prioritarie in Inghilterra, Francia e Italia.

AGOSTINO PETRILLO, *La periferia nuova.* Disuguaglianza, spazi, città.

PAOLA DE SALVO, CRISTINA BURINI, MARCO PIZZI (a cura di), *Territorialità e partecipazione civica.* Teoria e casi.

ANTONIETTA MAZZETTE, DANIELE PULINO, SARA SPANU, *Città e territori in tempi di pandemia.* Insicurezza e paura, fiducia e socialità (disponibile anche in e-book).

SONIA PAONE, *Città in frantumi.* Sicurezza, emergenza e produzione dello spazio.

ANTONIETTA MAZZETTE, SILVIA MUGNANO (a cura di), *Il ruolo della cultura nel governo del territorio* (disponibile anche in e-book).

MAURIZIO BERGAMASCHI, DANILO DE LUISE, JUAN PABLO SANTI (a cura di), *Lavoro nel sociale, cultura e partecipazione: l'esperienza di San Marcellino* (disponibile anche in e-book).

SARA ZIZZARI, *L'Aquila oltre i sigilli.* Il terremoto tra ricostruzione e memoria (disponibile anche in e-book).

LICIA LIPARI, *Scenari dello Stretto.* Attrattività, mutamenti e nuova morfologia socio-territoriale (disponibile anche in e-book).

Copyright © 2026 Alessandra Landi. ISBN 9788835192640

Questo LIBRO ti è piaciuto?

Comunicaci il tuo giudizio su:
www.francoangeli.it/opinione

VUOI RICEVERE GLI AGGIORNAMENTI
SULLE NOSTRE NOVITÀ
NELLE AREE CHE TI INTERESSANO?

ISCRIVITI ALLE NOSTRE NEWSLETTER

SEGUICI SU:

FrancoAngeli
La passione per le conoscenze

Vi aspettiamo su:

www.francoangeli.it

per scaricare (gratuitamente) i cataloghi delle nostre pubblicazioni

DIVISI PER ARGOMENTI E CENTINAIA DI VOCI: PER FACILITARE
LE VOSTRE RICERCHE.

Management, finanza, marketing, operations, HR
Psicologia e psicoterapia: teorie e tecniche
Didattica, scienze della formazione
Economia, economia aziendale
Sociologia
Antropologia
Comunicazione e media
Medicina, sanità

Architettura, design, arte, territorio
Informatica, ingegneria
Scienze
Filosofia, letteratura, linguistica, storia
Politica, diritto
Psicologia, benessere, autoaiuto
Efficacia personale
Politiche e servizi sociali

FrancoAngeli

La passione per le conoscenze

Il volume documenta i risultati del progetto FOR.WELL (*The role of forests for wellbeing improvement: advances from psycho-physiological analysis and technologies*), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca con fondi NextGenerationEU (PRIN2022). Basato sul lavoro dell'équipe transdisciplinare del progetto, il libro esplora come le aree boschive contribuiscano al benessere psicofisico e alle opportunità socio-economiche dei territori e delle comunità locali, con particolare riguardo alle aree interne e marginali.

Attraverso indagini empiriche e analisi in campo e di laboratorio sviluppate con l'ausilio di tecnologie innovative, il testo descrive i principali meccanismi mediante i quali il contatto con la foresta favorisce salute e qualità della vita: riduzione di rumore e inquinamento, recupero dallo stress, potenziamento immunitario, incentivo all'attività fisica e promozione delle relazioni sociali. Vengono inoltre esaminate le specifiche caratteristiche forestali che influenzano questi effetti; sulla base di tali evidenze è stato realizzato un modello spaziale per individuare aree idonee allo sviluppo di attività di benessere in foresta. I contributi dedicati alle prospettive degli stakeholders sul forest bathing, all'applicazione dello *Shinrin yoku* nelle Alpi e a un caso di studio in Val di Rabbi offrono esempi concreti e riflessioni sul ruolo delle foreste nello sviluppo territoriale. Il volume fornisce strumenti operativi per ricercatori, gestori forestali, amministrazioni locali e operatori del benessere ambientale interessati a integrare salute pubblica, gestione sostenibile degli ecosistemi forestali e sviluppo territoriale.

Alessandra Landi è professoressa associata presso l'Università di Bologna. Svolge attività di ricerca sui temi della transizione socio-ecologica e sulla spazializzazione delle disuguaglianze connesse alle ecoinnovazioni, con particolare riferimento ai contesti urbani.

Sandra Notaro è professoressa ordinaria presso l'Università degli Studi di Trento. I suoi interessi di ricerca comprendono l'economia delle risorse e dell'ambiente, l'economia forestale e l'economia agraria e alimentare, con particolare attenzione alla valutazione dei beni non di mercato.

Sandro Sacchelli, dottore di ricerca in Economia, Pianificazione forestale e Scienze del Legno, è attualmente professore associato presso l'Università degli Studi di Firenze. La sua attività di studio e ricerca è incentrata sull'economia e l'estimo ambientale con particolare riguardo all'analisi spaziale dei servizi ecosistemici forestali.

SOCIOLOGIA DEL TERRITORIO

OPEN ACCESS

FrancoAngeli
La passione per le conoscenze