Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di Laurea
magistrale
in Scienze ambientali
Capitale naturale e
servizi ecosistemici

Tesi di Laurea

Indicatori di biodiversità per il bilancio di sostenibilità aziendale: analisi dello stato dell'arte e applicazione sperimentale

Relatore
Ch.mo Prof. Edy Fantinato

Correlatrice/Correlatore
Ch.ma Prof.ssa Gabriella Buffa

Laureando
Giovanni Mocellin
Matricola 901745

Anno Accademico
2024 / 2025

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il mio relatore, il Prof. Edy Fantinato, per la costante guida, il supporto scientifico e la fiducia accordatami durante lo sviluppo di questo lavoro di ricerca. Un sentito ringraziamento va alla mia correlatrice, la Prof.ssa Gabriella Buffa, per avermi fornito i rilievi storici.

Un ulteriore ringraziamento va all'Arch. Stefano Doardo di Terre srl, per il prezioso contributo fornito nella fase di ideazione del presente progetto di tesi.

Infine, ringrazio Alberto Fiorese per l'indispensabile aiuto e la compagnia offerti durante i rilievi in campo.

Sommario

1 Stato dell'arte sulla rendicontazione aziendale della biodiversità e il mercato dei BCs...6

1.1 Introduzione……6

1.2 Il quadro normativo europeo ed internazionale……...10

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)…….....10

Strategia UE per la biodiversità al 2030 e Nature Restoration Law……..11

La Tassonomia UE……12

TNFD e approccio LEAP……12

Criticità e sfide……..14

Finanza mista……14

Lo standard europeo ESRS E4……15

Il Global Reporting Initiative (GRI)……16

International Sustainability Standards Board (ISSB) e BEES……..16

Lo standard internazionale ISO 17298……...17

1.3 Ostacoli all'implementazione……...19

1.4 Crediti di Biodiversità e Habitat Banking……...20

2 Obiettivi della tesi……22

3. Materiali e metodi……23

3.1 Analisi dello stato dell'arte e del contesto normativo……...23

3.2 Rilievi floristico-vegetazionali nell'ambito del progetto LIFE PollinAction……23

Raccolta dati……...25

Parametri ecologici analizzati…….....26

Calcolo dell'indice MSA (Mean Species Abundance)……..26

Analisi dati…..……..…...27

4.Risultati……..28

4.1 Risultati della ricerca bibliografica……..28

Metriche ed indicatori di riferimento per il monitoraggio della biodiversità vegetale...28

Articoli consultati…….….30

4.2 Risultati dell'applicazione sperimentale……..……..32

Test Permanova e post-hoc di Tukey…….....32

Confronto tra Ricchezza e Integrità: il ruolo della PNV…….35

5. Discussione……..…….36

1 Stato dell'arte sulla rendicontazione aziendale della biodiversità e il mercato dei BCs

1.1 Introduzione

La biodiversità rappresenta la varietà della vita nei suoi diversi livelli genetico, specifico ed ecosistemico ed è cruciale per mantenere equilibrio e funzionalità degli ecosistemi, garantendo servizi ecosistemici fondamentali quali il ciclo dei nutrienti e la regolazione del clima (ISPRA, 2025). La perdita di biodiversità e il degrado degli ecosistemi sono tra le principali minacce per l'umanità nel prossimo decennio (Commissione Europea, 2020), fortemente correlati con gli effetti del cambiamento climatico. Aumento delle temperature globali, siccità e innalzamento del livello del mare stanno contribuendo al declino della biodiversità, con conseguenze significative sulla resilienza degli ecosistemi e sulla loro capacità di fornire servizi ecosistemici (European Climate Foundation, 2022). La rapidità dei cambiamenti climatici supera la capacità naturale di adattamento: in base agli attuali modelli di valutazione globale, si stima infatti che un milione di specie animali e vegetali sia attualmente a rischio di estinzione (European Climate Foundation, 2022). Anche in Italia, tra le 349 specie tutelate dalla Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat), molte presentano uno stato di conservazione sfavorevole: si rileva infatti che ben il 54% della flora e il 53% della fauna degli ecosistemi terrestri e delle acque interne rientrano in questa categoria. La situazione è migliore per l'ambiente marino, dove il 22% delle specie si trova in uno stato di conservazione sfavorevole (ISPRA, 2025). A livello globale, i costi dell'inazione sono evidenti: tra il 1997 e il 2011 sono stati persi tra i 3,5 e 18,5 mila miliardi di euro all'anno in servizi ecosistemici (Commissione Europea, 2020). Più della metà del PIL mondiale (circa 40.000 miliardi di euro), dipende direttamente dal capitale naturale, in particolare nei settori dell'edilizia e dell'agroalimentare, che lungo la *supply chain* ricavano dalla natura oltre il 50% del loro valore aggiunto (Commissione Europea, 2020). In questo scenario, la conservazione della biodiversità può generare benefici economici rilevanti: dalla crescita dei profitti del settore ittico alla riduzione dei danni da inondazione grazie alla protezione delle zone umide, fino alla creazione di nuovi posti di lavoro legati agli interventi di ripristino ecologico. La rete Natura 2000, ad esempio, sostiene complessivamente oltre 170.000 posti di lavoro, con ulteriori potenziali 500.000 nuovi impieghi previsti nei prossimi anni (Commissione Europea, 2020). Di conseguenza, una quota significativa del 25% del fondo UE destinato all'azione climatica sarà investita in biodiversità e in *nature based solutions* (Commissione Europea, 2020). In risposta a tali sfide, la Commissione Europea, all'interno del piano d'azione definito dal Green Deal attribuisce (con la Strategia per la Biodiversità al 2030 e la *Nature Restoration Law*) un ruolo centrale al rafforzamento delle aree protette e dei siti Natura 2000, sottolineando la necessità di interventi di ripristino su vasta scala (Marco-Fondevila & Álvarez-Etxeberría, 2023). Il Programma LIFE inoltre contribuisce in questa direzione integrando conservazione, adattamento climatico e resilienza; tuttavia,

nonostante i risultati ottenuti, sono richiesti ulteriori sforzi per invertire l'attuale trend di estinzione. La strategia europea evidenzia in particolare l'urgenza di recuperare gli ecosistemi degradati, in particolare quelli con maggiore capacità di assorbimento del carbonio e di mitigazione degli eventi estremi (European Climate Foundation, 2022). Fino ad oggi la conservazione della biodiversità è stata affidata principalmente agli enti pubblici. Tuttavia, la Strategia UE al 2030 mette in luce l'importanza del coinvolgimento attivo del settore privato, chiamato a contribuire tanto al finanziamento quanto agli obiettivi di conservazione (European Commission, 2023). In questo contesto, diventa fondamentale che le imprese private sviluppino metodologie trasparenti per misurare e certificare l'impatto delle proprie attività sulla biodiversità, impatto che può essere sia negativo (degrado degli ecosistemi, perdita di biodiversità) che positivo (azioni di ripristino e conservazione), integrando tali strumenti nel bilancio di sostenibilità (Elliot et al., 2024). In un mondo caratterizzato da crescenti pressioni ambientali e da esigenze produttive e sociali, risulta quindi essenziale adottare strumenti affidabili e standardizzati per quantificare la biodiversità e monitorare l'efficacia delle azioni di conservazione (Elliot et al., 2024). Senza dati accurati e una certificazione indipendente, le informazioni fornite rischiano di essere percepite come esercizi formali o addirittura come forme di *greenwashing* (proiettare un'immagine più sostenibile della realtà) o *greenhushing* (omissione volontaria di informazioni sulle reali prestazioni di sostenibilità). È quindi prioritario stabilire una *governance* che utilizzi metriche standardizzate al fine di garantire che la trasparenza si traduca in una reale responsabilità aziendale e in un contributo concreto agli obiettivi globali di preservazione della natura (Elliot et al., 2024). Questo studio intende pertanto approfondire il tema della rendicontazione della biodiversità da parte delle imprese analizzando normative, standard europei ed internazionali, metodologie e metriche disponibili, come passo fondamentale verso l'integrazione del capitale naturale e degli annessi servizi ecosistemici nei processi economici. La biodiversità non può essere vista solo come ''natura da proteggere'', bensì come un vero e proprio fattore produttivo ''invisibile'': uno stock di capitale naturale che determina la funzionalità di interi settori economici attraverso input fondamentali quali la fertilità del suolo, l'impollinazione e la regolazione idrologica generando di conseguenza benessere per l'uomo (Binner et al., 2025). Questi sono servizi ecosistemici forniti dalla natura senza costi di mercato e, pertanto, vengono di rado contabilizzati correttamente nei bilanci aziendali o nazionali (Binner et al., 2025). Per chiarire ancora meglio il contesto in cui si inserisce questo studio è fondamentale introdurre alcuni importanti concetti. In primis il concetto di ''*embeddedness*''(incorporazione) secondo cui la natura non è un'esternalità per il sistema economico, ma la base su cui poggia (Gardes-Landolfini et al., 2024). Pertanto, il degrado del capitale naturale mina le basi strutturali dell'economia. A ciò si collega direttamente il tema della ''*double materiality*'': da un lato, i rischi finanziari derivanti dalla dipendenza delle imprese dai servizi ecosistemici (materialità finanziaria); dall'altro, gli impatti negativi che le attività finanziate hanno sulla natura (materialità dell'impatto) (Gardes-Landolfini et al., 2024). La dipendenza dai servizi ecosistemici in molti settori, quali quello agricolo, è critica: se la biodiversità diminuisce, si

è costretti a sostituire le specie spontanee che forniscono i servizi ecosistemici (tra tutti quello di impollinazione) con tecnologie costose che riducono l'efficienza del processo produttivo (Binner et al., 2025). Ad oggi ci sono ancora lacune nella comprensione scientifica del legame tra specie e funzioni ecosistemiche, il che spiega la difficoltà nel tradurle in termini monetari (Binner et al., 2025). La transizione verso un modello economico sostenibile richiede di riconsiderare il rapporto tra capitale finanziario e capitale naturale, integrando quest'ultimo nei processi decisionali attraverso il Natural Capital Framework. Questo è un approccio universale che permette di integrare la natura nell'economia convenzionale, definendo il capitale naturale come uno stock di risorse che, alimentato da input di energia solare e terrestre, genera flussi di servizi ecosistemici essenziali per il benessere umano (Figura 1) (Binner et al., 2025). Il natural framework fornisce un rigoroso sistema di valutazione basato sui tre principi SEE (sostenibilità, efficienza ed equità):

- Sostenibilità debole e Sostenibilità forte: si distingue un approccio "debole", che ammette la distruzione del capitale naturale se compensata da denaro, e uno ''forte'', che riconosce che molti servizi ecosistemici sono fondamentali e la loro perdita non può essere compensata da alcun capitale finanziario. Superare la capacità di rigenerazione del pianeta genera un collasso irreversibile, con danni che nessun capitale monetario può sanare;
- Efficienza: ottimizzazione della produzione e considerazione di tutti i costi e benefici associati. Per la biodiversità serve una strategia di ''*Net gain*'' ovvero ogni azione e investimento economico devono fornire un guadagno netto sulla natura ovvero lasciarla in condizioni migliori rispetto a prima. Tale approccio fa della natura un vincolo rigenerativo, rendendo lo sviluppo economico un motore fondamentale per il ripristino ambientale;
- Equità: assicura una distribuzione equa nella società di costi e benefici associati alla tutela ambientale (Binner et al., 2025).

Il Natural Capital Framework riconosce i limiti attuali della valutazione monetaria della biodiversità, la cui stima economica è spesso ritenuta inaffidabile per guidare i processi decisionali. Per ovviare al rischio che il capitale naturale venga sistematicamente escluso dalle analisi economiche a causa di questa lacuna, viene introdotto il principio del ''*biodiversity net gain*''. Questa regola impone che gli effetti di ogni politica o investimento sulla biodiversità siano non negativi, rendendo superflua la necessità di una valutazione monetaria diretta per questo specifico stock ma garantendo al contempo la tutela (Binner et al., 2025). Adottando l'approccio di ''*biodiversity net gain*'' la biodiversità viene inclusa nelle decisioni economiche senza doverle attribuire un valore monetario preciso: in questo modo ci si focalizza sul garantire che l'impatto sia positivo. Attraverso questo meccanismo, lo sviluppo economico non è più visto come una minaccia, ma diventa il veicolo finanziario e operativo che "alimenta" il recupero della biodiversità, trasformando l'investimento in un motore attivo per il ripristino degli ecosistemi. In questo modo si superano i limiti della

valutazione economica tradizionale assicurando che la biodiversità non venga esclusa dalle scelte strategiche (Binner et al., 2025).

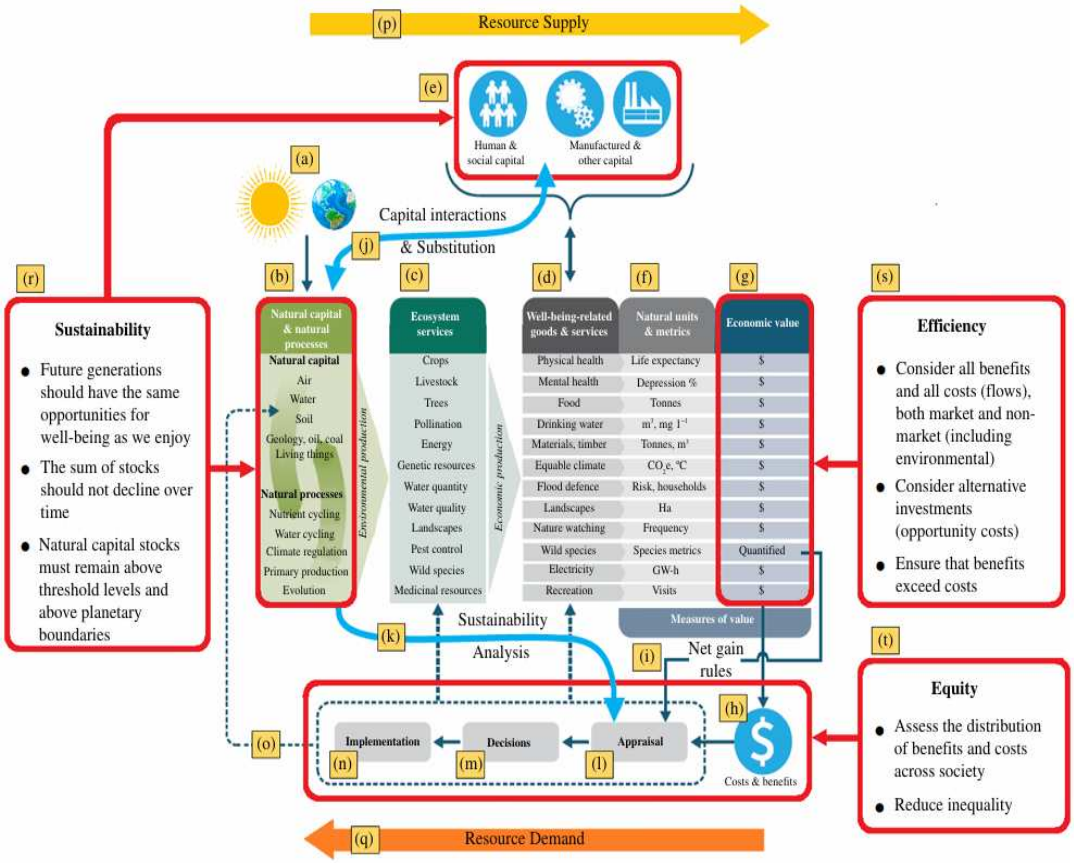


Figura 1. *Lo schema rappresenta l'approccio multidimensionale del Natural Capital Framework e il legame degli ecosistemi col benessere umano e col sistema economico (Binner et al., 2025).*

Come sottolineato da Gardes-Landolfini et al. (2024), il superamento di punti di non ritorno ecologici critici e irreversibili, definiti come ''*tipping points*'', potrebbe portare a un crollo drastico dei prezzi degli asset (valore di mercato di strumenti finanziari o beni reali) che riflettono la dipendenza dai servizi ecosistemici. Il degrado della natura diventa così responsabilità delle banche centrali: la perdita di biodiversità e degli annessi servizi ecosistemici impatta direttamente la *supply chain* delle materie prime essenziali generando inflazione (Gardes-Landolfini et al., 2024). Per avviare modelli economici sostenibili bisogna superare il disallineamento tra le attività economiche e le politiche di tutela ambientale: ogni investimento deve contribuire attivamente al ripristino del capitale naturale (Gardes-Landolfini et al., 2024). È qui che diventa cruciale il coinvolgimento del settore privato che da un lato è responsabile di flussi finanziari con impatto negativo sull'ambiente e dall'altro ha invece l'opportunità di guidare la transizione verso un'economia *nature-positive*, investendo nel ripristino ecologico e in soluzioni basate sulla natura. È fondamentale che le imprese integrino la biodiversità nei piani di sviluppo sostenibile (ESG) poiché la perdita di biodiversità rappresenta un rischio diretto per l'attività economica (zu Ermgassen et al., 2025). La necessità di agire diventa prioritaria a fronte dei ridotti finanziamenti pubblici: si

stima infatti che l'Europa sia una delle regioni al mondo che destina meno fondi alla tutela della biodiversità, con appena lo 0,1% dei bilanci nazionali. È importante notare che la Commissione Europea stima le proprie spese utilizzando un approccio di tracciamento degli investimenti (investment tagging) che è sensibile a classificazioni soggettive delle voci di bilancio. Tuttavia, nonostante queste incertezze metodologiche, il divario finanziario resta marcato: per raggiungere gli obiettivi della Strategia dell'UE per la Biodiversità e colmare il deficit stimato in 18,7 miliardi di euro all'anno per il periodo 2021-2030, risulta essenziale il contributo dei capitali privati (zu Ermgassen et al., 2025). L'integrazione del settore privato risponde ai target 14, 15, 18 e 19 dell'accordo Kunming-Montreal, che richiedono esplicitamente di aumentare le risorse finanziarie private e ridurre i sussidi dannosi (zu Ermgassen et al., 2025). L'Accordo di Kunming-Montreal, noto come il ''Kunming-Montreal post-2020 Global Biodiversity Framework ''(GBF), rappresenta il piano strategico della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) volto a invertire la traiettoria di declino della natura attraverso la riforma dei driver economici e la correzione delle discrepanze nei flussi di investimento globali. Esso impegna il settore privato a valutare i propri impatti ambientali e promuove l'adozione di strumenti innovativi, come la finanza mista e i crediti di biodiversità, per mobilitare nuovi capitali. L'obiettivo è allineare i flussi finanziari globali con i target di conservazione, riducendo i sussidi dannosi e potenziando le risorse necessarie al ripristino degli ecosistemi entro il 2030 (zu Ermgassen et al., 2025). Il Target 15 del GBF affronta nello specifico il ruolo cruciale del settore aziendale nella conservazione. L'obiettivo primario è garantire che le imprese di tutto il mondo valutino, divulghino e mitighino i propri impatti sulla biodiversità, allineandosi agli sforzi globali a sostegno della diversità biologica. L'obbligo di divulgazione deve estendersi a tutte le operazioni, all'intera catena del valore e ai portafogli finanziari (Nobleman, 2024). Il Target 15 evidenzia inoltre l'esigenza di misure legali, amministrative o politiche per garantire che le grandi aziende transnazionali e le istituzioni finanziarie operino in modo trasparente. Oltre alla trasparenza, impone di fornire ai consumatori le informazioni necessarie per promuovere modelli di consumo sostenibile e di riferire sulla conformità alle normative (Nobleman, 2024). La transizione verso una gestione integrata del capitale naturale richiede tuttavia l'adozione di un quadro normativo rigoroso e l'impiego di metriche capaci di rendere operativi i concetti di materialità e *biodiversity net gain*, come verrà analizzato nei paragrafi successivi.

1.2 Il quadro normativo europeo ed internazionale

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)

La direttiva europea ''Corporate Sustainability Reporting Directive'' (CSRD), sostituisce a partire dal 2024 la precedente ''Non-Financial Reporting Directive'' (NFRD), trasformando la sostenibilità da un'attività volontaria ad un obbligo di trasparenza rigoroso e standardizzato, essenziale per chiunque voglia operare nel mercato europeo moderno

(Hummel & Jobst, 2024). Con la CSRD si amplia significativamente il perimetro delle società soggette a obblighi di rendicontazione di sostenibilità da circa 11.700 a oltre 50.000 imprese; includendo grandi gruppi europei, piccole e medie imprese (PMI) e filiali extra europee con fatturato netto superiore a 150 milioni di euro nell'UE (Hummel & Jobst, 2024). Rispetto alla NFRD, criticata per carenze in comparabilità, consistenza e affidabilità delle informazioni divulgate, la CSRD introduce requisiti più specifici, tra cui l'obbligo di reporting conforme agli European Sustainability Reporting Standards (ESRS) che, adottati dalla Commissione Europea a luglio 2023, sono il manuale operativo della CSRD (Hummel & Jobst, 2024). Gli ESRS includono standard generali (ESRS 1-2), standard tematici (ambientali E1-5, sociali S1-4, governance G1) e standard futuri per specifici settori. Questi coprono obiettivi ambientali quali mitigazione climatica, adattamento ai cambiamenti climatici, uso delle risorse idriche, economia circolare, prevenzione dell'inquinamento e tutela della biodiversità (Hummel & Jobst, 2024).

Strategia UE per la biodiversità al 2030 e Nature Restoration Law

La Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 è un ambizioso piano di recupero ambientale volto a invertire il declino della diversità biologica in Europa. Questa si collega direttamente alla normativa sul ripristino della natura (*Nature Restoration Law*) che ha come obiettivo la protezione e il ripristino degli ecosistemi degradati (Hermoso et al., 2022). La Commissione Europea ha riconosciuto nel Green Deal l'esigenza di superare gli approcci volontari del passato, impegnandosi per un ripristino della natura legalmente vincolante, ''*legally binding restoration*''. Questo passaggio normativo mira a garantire che il recupero degli habitat e dei servizi ecosistemici diventi un obbligo strutturale, supportato da specifici obiettivi spaziali e da meccanismi finanziari dedicati (Hermoso et al., 2022). In termini operativi, la Strategia fissa obiettivi spaziali chiari, come l'estensione della rete di aree protette (Natura 2000) fino a coprire almeno il 30% del territorio terrestre e marino dell'UE, con una protezione rigorosa prevista per un terzo di tale superficie. La Strategia prevede inoltre che il ripristino si estenda a una rete coerente che includa corridoi ecologici e infrastrutture verdi per rafforzare la resilienza climatica (Hermoso et al., 2022). Tuttavia, come evidenziato da Hermoso et al. (2022), il successo di queste misure dipenderà dalla capacità degli Stati membri di superare le criticità del passato, in particolare migliorando la coordinazione transfrontaliera, garantendo finanziamenti adeguati e integrando efficacemente la tutela della biodiversità nelle altre politiche settoriali. La Nature Restoration Law (NRL) rappresenta lo strumento giuridico fondamentale per rendere operativa la Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Mentre la Strategia definisce l'ambizione politica di riportare la natura nelle nostre vite, la NRL trasforma tale impegno in un obbligo di legge direttamente applicabile in tutti gli Stati membri (Penca & Tănăsescu, 2024). A livello internazionale, la legge si allinea al Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (GBF), il quale stabilisce l'obiettivo di sottoporre a un ripristino efficace almeno il 30% degli ecosistemi degradati entro il 2030. Attraverso l'adozione dei Piani Nazionali di Ripristino (NRP), la NRL mira a tradurre questi target globali e regionali in azioni concrete,

cercando di superare i fallimenti dei precedenti approcci di conservazione e affrontando le cause profonde del declino della biodiversità (Penca & Tănăsescu, 2024).

La Tassonomia UE

Strettamente interconnesso alla CSRD, che obbliga le aziende alla rendicontazione, è il Regolamento sulla Tassonomia dell'Unione Europea (ET), definito come un sistema di classificazione standardizzato e basato su prove scientifiche, progettato per identificare in modo univoco le attività economiche sostenibili (Papari et al., 2024). Il framework utilizza la classificazione statistica ufficiale dell'Unione Europea ''NACE'', utile per catalogare in modo uniforme tutte le attività economiche e determinare la loro sostenibilità. All'interno di questo schema, è fondamentale distinguere tra ammissibilità (*eligibility*), che indica se un'attività è menzionata nel regolamento, e allineamento (*alignment*), che si verifica solo quando l'attività soddisfa i rigorosi criteri tecnici di prestazione ambientale (Papari et al., 2024). Tra i sei obiettivi ambientali stabiliti dalla Tassonomia, il sesto è dedicato esplicitamente alla protezione e al ripristino della biodiversità e degli ecosistemi. In tale contesto, le *Nature-Based Solutions* (NBS), quali tetti verdi, facciate vegetali o il ripristino di zone umide, vengono legittimate come investimenti "verdi" e integrate nelle attività NACE per supportare la transizione ecologica. Affinché un intervento sia qualificato come sostenibile (allineato), deve fornire un contributo sostanziale a uno degli obiettivi ambientali, garantendo al contempo di "non arrecare danni significativi" (DNSH — *Do No Significant Harm*) agli altri cinque obiettivi ambientali e rispettando le salvaguardie sociali minime (Papari et al., 2024). Tale regolamento impone alle società l'obbligo di divulgare la quota delle proprie performance finanziarie riconducibile ad attività allineate, misurata attraverso tre indicatori chiave: il fatturato (*turnover*), le spese in conto capitale (*CapEx*) e le spese operative (*OpEx*). L'implementazione di questi criteri è utile a contrastare il fenomeno del *greenwashing*, codificando rigorosamente ciò che può essere considerato un investimento eco-compatibile (Papari et al., 2024).

TNFD e approccio LEAP

L'evoluzione normativa descritta aumenta la trasparenza per i vari stakeholder e supporta il Green Deal UE verso la neutralità climatica al 2050 (Hummel & Jobst, 2024). In linea con gli obiettivi del Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (GBF) la rendicontazione della biodiversità sta diventando da volontaria ad obbligo di conformità non solo normativa, ma anche metodologica. Per attuare tali disposizioni vengono adottati dei framework, quali la Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD), che mirano a standardizzare la reportistica legata alla biodiversità e a migliorare la qualità e la comparabilità dei dati divulgati (Nobleman, 2024). I dati divulgati dalle aziende includono diverse tipologie di informazioni da monitorare e comunicare in modo trasparente:

- dipendenze dalla natura, impatti sulla biodiversità e i rischi (finanziari e operativi) derivanti;
- dipendenze e impatti legati alle catene del valore e ai portafogli finanziari;

- accesso e ripartizione equa dei vantaggi derivanti dall'uso di risorse genetiche;
- informazioni necessarie a promuovere modelli di consumo sostenibili, ad esempio l'*eco-labeling* (etichettatura ecologica) (Nobleman, 2024);
- analisi della *double materiality*: impone il calcolo della *financial materiality* (impatto delle azioni sostenibili sulla performance aziendale) e dell'*impact materiality* (impatto aziendale su persone e ambiente), chiedendo di comunicare in modo trasparente il proprio business model, le strategie, gli obiettivi di riduzione e le politiche di sostenibilità (Hummel & Jobst, 2024).

A livello globale, la Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) e il Science Based Targets Network (SBTN) operano come framework sinergici per la gestione dei rischi ambientali. Il framework finale della TNFD è strutturato su quattro pilastri concettuali della Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD); governance, strategia, gestione del rischio e dell'impatto, metriche e target, al fine di integrare il rischio ambientale parallelamente a quello climatico e finanziario (TNFD, 2023). L'adozione di tale metodologia consente alle aziende di allinearsi al Target 15 del GBF, che richiede la valutazione e la divulgazione delle dipendenze e degli impatti sulla biodiversità. Inoltre, l'integrazione di questo approccio nello standard ESRS E4 conferma la TNFD come il principale riferimento metodologico per soddisfare i requisiti della CSRD, posizionando la gestione del rischio ambientale come elemento centrale per la resilienza del capitale finanziario (TNFD, 2023). Il pilastro "Metrics & Targets" della TNFD promuove l'adozione di indicatori che permettano di misurare l'impatto e il rischio naturale lungo l'intera catena del valore (TNFD, 2023). In questo ambito, parametri quali la ricchezza di specie e l'abbondanza rappresentano i riferimenti metodologici fondamentali per descrivere lo stato di conservazione degli habitat (Angelini et al., 2016; Mandle et al., 2024). A questi si sta aggiungendo l'indice Mean Species Abundance (MSA), identificato come il parametro per valutare l'integrità biologica degli ecosistemi (Lammerant et al., 2021). Per rendere operativa l'analisi dei rischi e delle opportunità, la TNFD ha introdotto l'approccio LEAP (*Locate, Evaluate, Assess, Prepare*), un percorso che guida le imprese attraverso una valutazione sistematica:

- *Locate*: identificazione geografica delle interazioni con il capitale naturale lungo la value chain;
- *Evaluate*: valutazione delle dipendenze e degli impatti;
- *Assess*: analisi delle opportunità e dei rischi materiali, distinguendo tra rischi fisici (collasso degli ecosistemi ed estinzione delle specie) e rischi di transizione (cambiamenti normativi e di mercato);
- *Prepare*: preparazione della risposta strategica e della rendicontazione (TNFD, 2023).

Criticità e sfide

Al fine di garantire la solidità del processo, la TNFD ha pubblicato, congiuntamente alla SBTN, una "Guida sulla definizione degli obiettivi". Questa collaborazione permette alle aziende di fissare obiettivi basati sulla scienza (*science-based targets*) e di utilizzare il pilastro "Metrics & Targets" per gestire le dipendenze dalla natura e gli impatti materiali su di essa (TNFD, 2023). A supporto di una rendicontazione precisa, è stata rilasciata una guida specifica per le istituzioni finanziarie che include metriche coerenti con il Global Biodiversity Framework, con il fine ultimo di indirizzare i flussi finanziari globali verso soluzioni nature-positive (TNFD, 2023). L' evoluzione normativa descritta sottolinea la dipendenza delle imprese dai servizi ecosistemici, specialmente lungo la supply chain; tuttavia è evidente l'attuale frammentazione nel panorama della rendicontazione dovuto alla quantità di approcci e strumenti disponibili che genera una ''Torre di Babele'', impedendo alle imprese di valutare, divulgare e ridurre i propri impatti sulla biodiversità in modo uniforme (Nobleman, 2024). La rendicontazione deve basarsi su criteri tecnici concordati, utilizzando l'estensione e lo stato degli ecosistemi come indicatori primari, garantire precisione spaziale, accuratezza, reattività e scalabilità (Nobleman, 2024). Un'ulteriore criticità risiede nel fatto che meno della metà degli standard di rendicontazione attuali impone la ''gerarchia di mitigazione'' ovvero la sequenza prioritaria di evitare, minimizzare, ripristinare e compensare, impedendo di fatto una pianificazione sistematica che indirizzi le imprese verso le azioni di conservazione più efficaci (Nobleman, 2024).

Finanza mista

Un altro fattore che rallenta l'implementazione di questi approcci riguarda l'acquisto da parte delle aziende di crediti o azioni che, seppur ben intenzionato, potrebbe presentare rischi reputazionali se i risultati della rendicontazione venissero sovrastimati. A ciò si aggiunge il rischio che i mercati della biodiversità possano privilegiare i proprietari terrieri, esacerbando le iniquità sociali preesistenti (zu Ermgassen et al., 2025). Nonostante tutto stanno crescendo le possibilità di attribuzione di un valore monetario alla natura; come il mercato del Biodiversity Net Gain in Inghilterra o i crediti di carbonio e di biodiversità. Tuttavia, visti i diversi rischi che presentano questi nuovi mercati, i privati richiedono dei rendimenti elevati (zu Ermgassen et al., 2025). Per confrontare l'attrattività di diversi investimenti si utilizza il tasso interno di rendimento (IRR), una misura del rendimento di un progetto utilizzato come parametro di riferimento sintetico (shorthand benchmark) (Goedhart et al. 2015). Le aziende private richiedono un IRR del 14,7% per investimenti in biodiversità e dell'11,9% per operazioni di finanza mista. Di conseguenza, per attrarre capitali privati, diviene indispensabile l'intervento pubblico mirato al de-risking (riduzione del rischio) degli investimenti (zu Ermgassen et al., 2025). Gli approcci di finanza mista prevedono l'uso di fondi pubblici e filantropici per ridurre il profilo di rischio dei progetti col fine di attrarre il settore privato. Le istituzioni multilaterali sono fondamentali per mobilitare finanziamenti attraverso lo sviluppo di schemi di potenziamento del credito

quali garanzie e assicurazioni (CBD, 2024). La finanza mista ha pertanto il potenziale di mitigare il limitato successo degli accordi volontari riducendo il rischio finanziario degli investimenti privati (CBD, 2024).

Lo standard europeo ESRS E4

Come descritto precedentemente da Hummel & Jobst (2024), il manuale operativo della CSRD sono gli European Sustainability Reporting Standards (ESRS); in particolare l'ESRS E4 definisce che le imprese devono chiarire i propri impatti su biodiversità ed ecosistemi (impatti positivi/negativi, attuali/potenziali e contributo ai driver di perdita di biodiversità) ma anche natura, tipologia ed estensione di rischi, dipendenze e opportunità, includendo anche gli effetti finanziari attesi nel breve-medio-lungo termine. Ciò si traduce nell'obbligo di identificare e rendicontare siti in aree sensibili, impatti lungo la catena del valore, e metriche coerenti con i driver di perdita di biodiversità (es. cambiamenti d'uso del suolo, frammentazione, connettività) e con lo stato di conservazione di specie ed ecosistemi (EFRAG, 2023). Per soddisfare tali requisiti, le imprese devono selezionare indicatori che riflettano sia la composizione della comunità biologica, come la ricchezza di specie (Mandle et al., 2024), sia lo stato di conservazione degli habitat attraverso parametri quali abbondanza (Angelini et al., 2016) e l'indice Mean Species Abundance (MSA) (Lammerant et al., 2021). L'applicazione dell' ESRS E4 risulta complessa perché lo standard richiede una granularità geografica e biologica che raramente coincide con i sistemi informativi aziendali: ad esempio, quando l'impresa contribuisce ai driver "*land-use change, freshwater-use change e/o sea-use change*" deve riportare metriche che misurino i cambiamenti di uso del suolo nel tempo, la frammentazione e in particolare la connettività strutturale e funzionale, arrivando a includere indicatori su come geni o individui si muovono nel paesaggio. Questo evidenzia la differenza sostanziale rispetto al carbonio: mentre 1 tonnellata di CO_2 è confrontabile ovunque, gli indicatori di biodiversità dipendono dal contesto locale (biomi/ecosistemi, specie presenti, baseline e stato di riferimento), e lo stesso ESRS E4 richiede di esplicitare geografie coperte/omesse, baseline, frequenza di monitoraggio, assunzioni, limiti e incertezze delle metodologie (EFRAG, 2023). Inoltre, l'ESRS E4 richiede metriche verificabili e scientificamente robuste e ammette l'uso di dati primari (*survey in situ*), dati secondari geospaziali e dati modellati, proprio perché spesso esistono data gap; tuttavia, ciò aumenta complessità e costi e rende cruciale la validazione esterna. Lo standard prevede il coinvolgimento di stakeholder (ONG, enti di ricerca, comunità locali) e richiede trasparenza nella materialità. In questo contesto il ricorso a ONG e centri di ricerca diventa una condizione operativa per costruire una baseline solida, scegliere indicatori ecologicamente significativi a scala locale e rendere le metriche verificabili e scientificamente difendibili nel tempo (EFRAG, 2023). Oltre al quadro europeo delineato dall'EFRAG, il panorama della rendicontazione si compone di ulteriori standard tecnici globali che forniscono metodologie complementari.

Il Global Reporting Initiative (GRI)

Il Global Reporting Initiative (GRI) rappresenta uno dei pilastri fondamentali nel panorama della rendicontazione non finanziaria, rivolgendosi a un pubblico globale che comprende organizzazioni di ogni dimensione e settore, sia pubblico che privato. Nel gennaio 2024, il framework è stato profondamente rinnovato con l'emissione del nuovo standard GRI 101 Biodiversity, volto a potenziare la trasparenza circa gli impatti diretti delle attività aziendali sulla biosfera (Elliot et al., 2024). A differenza di altri framework orientati prevalentemente agli investitori, il GRI si fonda sul principio della materialità degli impatti. Questo approccio, focalizzato sugli stakeholder, analizza come le operazioni di un'organizzazione influenzino la società e l'ambiente, indipendentemente dalle immediate ripercussioni sulla sua performance finanziaria (Elliot et al., 2024). Lo standard GRI 101 impone alle aziende la divulgazione delle seguenti informazioni:

- le politiche volte ad impedire e ad invertire la perdita di biodiversità;
- un'analisi estesa degli impatti lungo la *supply chain*;
- i driver diretti della perdita di biodiversità;
- i cambiamenti concreti nello stato degli ecosistemi e della fornitura di servizi ecosistemici (Elliot et al., 2024).

Sebbene la sua adozione rimanga tecnicamente volontaria, lo standard segue una logica di tipo "*comply or explain*" (rendiconta o spiega l'omissione) ed è già stato integrato nei quadri normativi di diverse nazioni e regioni, consolidando la sua posizione come riferimento metodologico essenziale per la rendicontazione basata sugli impatti (Elliot et al., 2024).

International Sustainability Standards Board (ISSB) e BEES

A differenza dei framework orientati all'impatto materiale (come il GRI), l'impianto normativo dell'ISSB si focalizza sulla materialità finanziaria. L'obiettivo centrale è fornire agli investitori e ai mercati una base globale di informazioni necessarie a comprendere come i rischi e le opportunità legati alla sostenibilità influenzino il valore dell'impresa e la sua performance futura. Attraverso gli standard IFRS S1 (requisiti generali) e IFRS S2 (clima), la sostenibilità diventa componente integrante della rendicontazione finanziaria (Kingsly, s.d). L' ISSB ha avviato nel 2024 un progetto di ricerca per affrontare le lacune informative riguardanti la biodiversità, gli ecosistemi e i servizi ecosistemici (BEES). Partendo dalle fondamenta stabilite dall'IFRS S1, l'ISSB mira a sviluppare requisiti che permettano agli investitori di valutare come i rischi e le opportunità legati alla natura influenzino le prospettive finanziarie. Il tema BEES è considerato dagli investitori significativamente più complesso rispetto al clima, poiché manca di un indicatore universale paragonabile alle emissioni di gas serra (t CO_2 eq) e i suoi impatti sono intrinsecamente localizzati. Di conseguenza, l'ISSB sta valutando l'interoperabilità con framework esistenti come il TNFD e il GRI per garantire che le future norme rispondano efficacemente alle necessità decisionali del mercato finanziario (Stehm & Wong, 2025).

Lo standard internazionale ISO 17298

Lo standard internazionale ISO 17298, pubblicato nella sua prima edizione nell'ottobre 2025, definisce i requisiti e le linee guida fondamentali per l'integrazione della biodiversità all'interno della strategia e delle operazioni quotidiane di qualsiasi organizzazione. Il framework propone un approccio metodologico rigoroso che inizia con l'analisi del contesto e il coinvolgimento degli stakeholder per identificare e prioritizzare le dipendenze dai servizi ecosistemici, gli impatti materiali sulla natura, nonché i relativi rischi e opportunità. A supporto di tale analisi, lo standard introduce nell'Annex B l'applicazione del modello DPSIR (*Drivers-Pressures-State-Impact-Response*) alla biodiversità, fornendo uno schema strutturato per mappare le pressioni esercitate dall'organizzazione e i conseguenti cambiamenti nello stato degli ecosistemi. L'obiettivo centrale è la definizione di traguardi misurabili e indicatori di performance specifici, con una particolare attenzione all'integrazione del contesto locale. Il processo si conclude con una fase di monitoraggio ciclico, revisione e comunicazione dei risultati, volta a garantire il miglioramento continuo delle performance ambientali (ISO, 2025). L'integrazione di questi strumenti evidenzia come l'obbligo normativo (ESRS E4) trova supporto metodologico in standard globali (GRI, ISO, ISSB), delineando un sistema in cui la rendicontazione diventa un processo dinamico di gestione dei rischi e degli impatti ambientali. Lo schema (Figura 2) illustra la struttura gerarchica del quadro normativo, evidenziando la transizione dai grandi framework strategici globali fino agli standard operativi di rendicontazione aziendale.

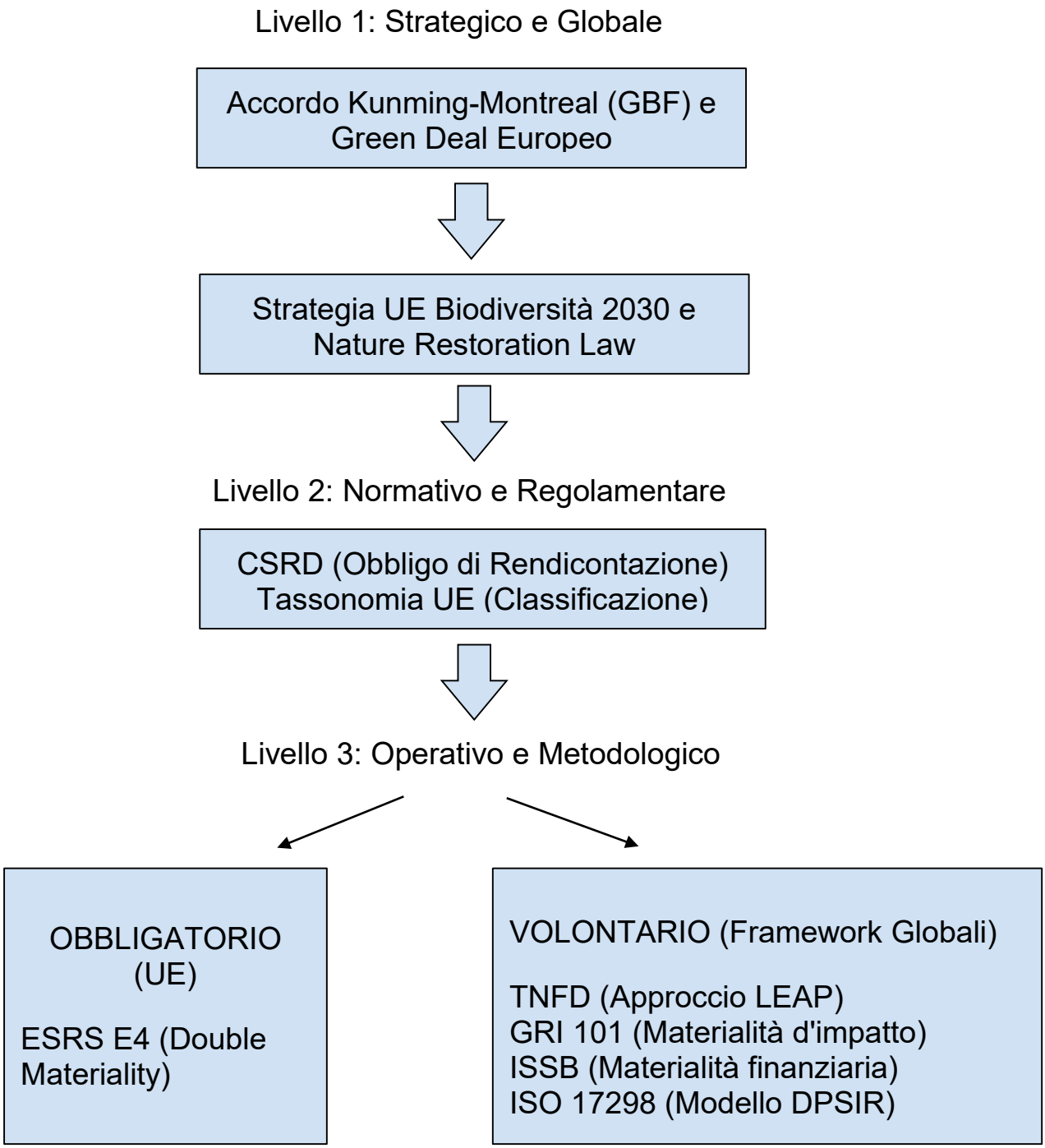


Figura 2. *Struttura gerarchica del quadro normativo di riferimento.*

1.3 Ostacoli all'implementazione

La misurazione della biodiversità rappresenta una sfida scientifica complessa, poiché richiede di considerare tre livelli interconnessi: la diversità genetica, quella delle specie e quella degli ecosistemi. Tuttavia, ad oggi, non esiste ancora un singolo indicatore capace di integrare le informazioni disponibili su tutte queste scale spaziali per valutare appieno lo stato di conservazione della natura (Fournier de Lauriere et al., 2023). Una revisione critica di 64 metodi ha evidenziato che nessun strumento esistente riesce a considerare contemporaneamente la varietà di pressioni ambientali, ecosistemi, gruppi tassonomici e classi di variabili essenziali per descrivere la biodiversità (Damiani et al., 2023). Un limite sostanziale degli attuali indicatori risiede nella copertura tassonomica incompleta, che tende a sovrarappresentare gli organismi più grandi e "carismatici", quali i vertebrati, a discapito dei microrganismi che rappresentano tra l'88% e il 99% (range di incertezza) di tutte le specie sulla Terra, ma sono ampiamente sottorappresentati (Fournier de Lauriere et al., 2023). Anche i metodi più avanzati in ambito LCA trascurano completamente alcuni taxa marini importanti, come ad esempio le spugne (Damiani et al., 2023). Oltre ai bias tassonomici, le metriche attuali si concentrano prevalentemente sulla classe di variabili legata alla "composizione della comunità" (come la ricchezza di specie), trascurando spesso aspetti fondamentali quali la composizione genetica e il funzionamento dell'ecosistema (Damiani et al., 2023). Gli indici globali, quali MSA (*Mean Species Abundance*), si basano su dati che coprono meno del 10% delle specie descritte per la maggior parte dei grandi gruppi di piante vascolari e invertebrati (Fournier de Lauriere et al., 2023). Di conseguenza, la mancanza di una descrizione adeguata di questi gruppi e delle proprietà emergenti degli ecosistemi limita la capacità degli indicatori attualmente disponibili di riflettere la reale complessità multidimensionale della biodiversità (Fournier de Lauriere et al., 2023). A questa incertezza metodologica si aggiunge la mancanza di standard globali univoci. Un ulteriore ostacolo significativo all'implementazione di metriche efficaci è l'inadeguatezza degli standard globali ''*top-down*'' nel catturare le specificità locali della biodiversità. Secondo Sobkowiak (2022), piuttosto che affidarsi esclusivamente a indicatori standardizzati calati dall'alto, le organizzazioni dovrebbero sviluppare dei sistemi di misurazione ''*bottom-up*'', costruiti sul contesto specifico e sugli impatti particolari della propria attività. L'applicazione di standard *top down* quali il Global Reporting Initiative (GRI) risulta spesso inadeguata per divulgare informazioni significative sulla biodiversità (Sobkowiak, 2022). Sebbene framework come gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) mirino a una comparabilità globale, gli indicatori di biodiversità devono essere applicabili al contesto locale, poiché l'approccio generico dall'alto spesso fallisce nel descrivere la realtà ecologica locale. L'adozione di strumenti predefiniti si è rivelata inefficace; le organizzazioni devono quindi sviluppare i propri indicatori decidendo attivamente i confini e le priorità operative. Pertanto, la mancanza di uno standard univoco non è risolvibile imponendo una metrica universale, poiché "misurare la biodiversità perfettamente è un mito" (Sobkowiak, 2022). La soluzione risiede piuttosto nell'accettare metriche "imperfette" ma pragmatiche,

costruite attraverso una governance collaborativa che includa ONG e centri di ricerca per colmare le lacune dei dati (Sobkowiak, 2022). In questo contesto è fondamentale garantire l'accuratezza e l'affidabilità delle informazioni divulgate nella rendicontazione di sostenibilità attraverso sistemi di audit e di assurance, sia interni che esterni all'azienda: gli standard di riferimento devono essere oggettivi e verificabili mediante l'intervento di appositi organismi di certificazione. Anche per le metriche di impatto è necessaria una verifica tecnico-scientifica della pertinenza tra l'indicatore scelto e lo scopo della misurazione (Cinquini et al., 2025). L'approvazione delle misure da parte di professionisti esterni indipendenti rappresenta un elemento essenziale per attestare la qualità e l'efficacia degli interventi dichiarati (Cinquini et al., 2025). Attualmente, il mercato dell'assurance per la sostenibilità è dominato dalle società di revisione contabile, da società di ingegneria e da società di consulenza, mentre l'ambito specifico della biodiversità vede una prevalenza di organizzazioni non governative (ONG) finanziate dall'UE (Elliot et al., 2024). La materialità d'impatto dipende dal giudizio dei vari enti con conseguenti differenze. Le procedure di verifica sono state descritte inoltre come esercizi superficiali e spesso slegati dalle preoccupazioni degli stakeholder (Elliot et al., 2024). Pertanto, al momento i rischi più evidenti riguardano la creazione di false percezioni tramite il "*greenwashing*" (proiettare un'immagine più sostenibile della realtà), il "*greenhushing*" (mancata divulgazione di tutte le attività) e il "*green spotlighting*" (evidenziare sforzi banali ignorando le principali preoccupazioni ambientali) (Elliot et al., 2024). Assume enorme importanza in questo scenario il ruolo della ricerca e delle università nel definire criteri e metodologie rigorose per garantire trasparenza ed evitare il rischio di greenwashing.

1.4 Crediti di Biodiversità e Habitat Banking

Le difficoltà metodologiche e le incertezze legate alla verifica delle performance interne hanno spinto a ricorrere a soluzioni offerte dal mercato. In questo scenario, emergono strumenti come i Crediti di Biodiversità e l'Habitat Banking, che consentono di trasformare la conservazione della natura in un asset scambiabile. I crediti di biodiversità (BCs) si configurano come strumenti economici pensati per finanziare attività di conservazione e ripristino, trasformando i risultati ecologici in unità quantificabili, verificabili e scambiabili di biodiversità preservata o ripristinata (Croci et al., 2025). L'Habitat Banking rappresenta invece il mercato storico dei crediti di biodiversità che prevede la generazione e lo stoccaggio (*banking*) di crediti derivanti da interventi di ripristino, poi venduti a terzi per compensare obbligatoriamente dei danni ambientali (Wunder et al., 2025). La trasformazione dei risultati ecologici in valore economico avviene attraverso un processo di ''mercificazione'' (*commodification*) che dipende dal soddisfacimento di specifiche condizioni economiche: l'attribuibilità dei benefici, la commensurabilità, la divisibilità, la commerciabilità e la stoccabilità dell'unità di biodiversità (Wunder et al., 2025). Idealmente, per dare valore a questi benefici, si misurano i risultati effettivamente raggiunti verificando

al termine del progetto (ex-post) al fine di garantire la credibilità e l'integrità del risultato ottenuto (Croci et al., 2025). Tuttavia, una differenza sostanziale rispetto ai crediti di carbonio è che, mentre il carbonio utilizza un'unità standardizzata e indipendente dalla località (t CO_2 eq), la biodiversità è intrinsecamente multidimensionale e sito-specifica, rendendo difficile l'adozione di metriche universali e limitando l'intercambiabilità tra crediti (Croci et al., 2025). In questo scenario, l'indice Mean Species Abundance (MSA) viene identificato come uno strumento promettente per facilitare la standardizzazione e lo scambio di informazioni (Wunder et al., 2025) , attraverso l'impiego dell'unità di misura MSA · km^2, che permette di aggregare e normalizzare gli impatti sulla base della superficie territoriale coinvolta (Lammerant et al., 2021). Al momento, il mercato è in rapida espansione ma caratterizzato da una forte eterogeneità e da una prevalenza di iniziative private, con una variazione dei prezzi estremamente ampia, (tra 7 e 68.000 USD per ettaro all'anno) che dipende da fattori quali il tipo di habitat e la sua localizzazione (Croci et al., 2025). Un'analisi condotta su 34 iniziative globali evidenzia che circa la metà degli schemi esistenti genera crediti basandosi semplicemente sulle azioni intraprese (*action-based*) o su risultati proiettati in modo incerto, piuttosto che su impatti reali misurati (*impact-based*) (Wunder et al., 2025). La mancanza di un approccio di valutazione d'impatto ex-post, condotto tramite il confronto con aree di controllo, costituisce una forte criticità: non è infatti possibile assicurare l'addizionalità del credito, ovvero discriminare tra i miglioramenti spontanei della biodiversità e quelli effettivamente generati dal progetto di conservazione (Wunder et al., 2025). L'acquisto di crediti di biodiversità, finalizzati a sostenere progetti di conservazione, fa parte degli strumenti finanziari volontari che le aziende possono mettere in atto. Nell'ambito del mercato volontario, l'acquisto di questi crediti è definito "non compensativo" e da considerarsi come un'azione supplementare da intraprendere solo dopo aver già minimizzato gli impatti aziendali (Wunder et al., 2025). Di conseguenza, i crediti di biodiversità non sono considerabili come una performance ecologica dell'azienda e non compensano le perdite di biodiversità, poiché un progetto di conservazione o ripristino ambientale può essere addizionale (fornendo supporto alla biodiversità), ma inefficace nel garantire l'equivalenza ecologica richiesta per sanare i danni a specie o habitat minacciati (Wunder et al., 2025).

2 Obiettivi della tesi

Il presente lavoro di tesi si colloca nel cruciale scenario del 2026, anno che segna una tappa fondamentale nell'implementazione della Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), la quale trasforma la rendicontazione di sostenibilità in un obbligo di trasparenza rigoroso e standardizzato. Il 2026 rappresenta l'anno in cui le grandi imprese sono chiamate a pubblicare il loro primo report di sostenibilità relativo all'attività del 2025 con requisiti informativi molto più dettagliati (Hummel & Jobst, 2024). In questo contesto di transizione, lo studio si propone di fornire strumenti operativi per superare l'attuale divario tra la teoria dei framework internazionali e le operazioni di rendicontazione aziendale della biodiverisità, che attualmente soffrono di una scarsità di dati primari e della dipendenza da metriche di impatto inadeguate o troppo semplificate (von Zedlitz, 2024).

Il presente studio si propone pertanto i seguenti obiettivi:

1. Fornire una ricerca approfondita sul quadro normativo attuale e sugli indicatori di biodiversità maggiormente utilizzati nella rendicontazione della biodiversità aziendale;
2. Confrontare i parametri tradizionali di ricchezza e abbondanza di specie con l'indicatore Mean Species Abundance (MSA), applicandoli ai rilievi condotti durante il progetto LIFE PollinAction.

L'applicazione pratica dei parametri di ricchezza e abbondanza di specie e dell'indice MSA tramite rilievi *in situ* nel progetto LIFE PollinAction risponde direttamente ai requisiti dello standard ESRS E4, che predilige l'uso di dati primari per garantire la robustezza scientifica e la verificabilità della rendicontazione (EFRAG, 2023). La scelta di utilizzo dei dati raccolti nell'ambito del progetto LIFE PollinAction risponde inoltre alla necessità di considerare la biodiversità non solo come un valore ambientale, ma come un vero e proprio fattore produttivo "invisibile" (Binner et al., 2025). All'interno del settore agro-alimentare, l'impollinazione agisce come un input produttivo determinante (Binner et al., 2025). La sua importanza è tale che il valore aggiunto del settore dipende per oltre il 50% dalla salute degli ecosistemi (Commissione Europea, 2020), rendendo la stabilità dei servizi ecositemici una condizione necessaria per garantire il funzionamento dei processi economici lungo l'intera *supply chain* (Gardes-Landolfini et al., 2024). In questo scenario, le infrastrutture verdi promosse da LIFE PollinAction (siepi, arbusteti e fasce fiorite) non rappresentano solo interventi di ripristino, ma una vera strategia di gestione del rischio materiale finalizzata a garantire la resilienza del capitale finanziario attraverso la tutela dei servizi ecosistemici da cui esso dipende (TNFD, 2023; Caldonazzi et al., 2025).

3. Materiali e metodi

3.1 Analisi dello stato dell'arte e del contesto normativo

È stata condotta una ricerca sistematica della letteratura recente per identificare le pubblicazioni di riferimento in tema di sostenibilità aziendale con focus specifico sulla rendicontazione della biodiversità. Le ricerche sono state effettuate su Scopus e Google Scholar attraverso combinazioni booleane di parole chiave relative a biodiversità, indicatori, sostenibilità, rendicontazione e standard normativi. Oltre alla letteratura scientifica, sono stati integrati report tecnici e documenti di consultazione di autorità competenti e degli organismi internazionali di standardizzazione, tra cui la Commissione Europea, l'EFRAG, la TNFD e l'International Organization for Standardization (ISO). Questo approccio metodologico ha permesso di analizzare lo stato dell'arte secondo una prospettiva multidimensionale, coniugando l'analisi teorica con le evoluzioni normative e applicative più recenti. L'analisi condotta ha consentito di inquadrare il declino della biodiversità non solo come emergenza ecologica, ma come rischio sistemico per l'economia globale (Visentin, 2026). In primis, è stato analizzato il legame intrinseco tra biodiversità e cambiamenti climatici. Come evidenziato dalla Commissione Europea (2020), la perdita di biodiversità e il degrado degli ecosistemi rappresentano una delle principali minacce per l'umanità nel prossimo decennio. La ricerca ha approfondito come la rapidità dei cambiamenti climatici stia superando la capacità naturale di adattamento delle specie (European Climate Foundation, 2022), rendendo necessari adeguati strumenti di misurazione. Successivamente sono stati esaminati gli standard ESRS E4 (Biodiversity and Ecosystems) previsti dalla Direttiva CSRD, i quali impongono alle imprese la divulgazione degli impatti e delle dipendenze dalla natura. Sono stati inoltre integrati i principi della Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD, 2023) e del Global Reporting Initiative (GRI) (Elliot et al., 2024), con particolare attenzione alla capacità di questi standard di tradurre la complessità ecologica in dati comparabili (Stehm & Wong, 2025). Si è infine analizzato lo stato attuale dei biodiversity credits, degli habitat banks e dei meccanismi di finanza mista, approfondendo come metriche standardizzate come l'MSA possano facilitare lo scambio di informazioni e la compensazione ecologica (Wunder et al., 2025).

3.2 Rilievi floristico-vegetazionali nell'ambito del progetto LIFE PollinAction

Coerentemente con lo standard ESRS E4, che predilige l'impiego di dati primari raccolti tramite survey in situ per garantire la robustezza della rendicontazione, l'analisi è stata condotta attraverso rilievi floristico-vegetazionali diretti. L'attività è stata strutturata per validare sperimentalmente gli indicatori selezionati su dati reali, con l'obiettivo di colmare la carenza di informazioni quantitative sulla biodiversità rispetto a quelle climatiche (von Zedlitz, 2024). Tale scelta segue inoltre l'approccio di Mandle et al. (2024), secondo cui

l'integrità del capitale naturale deve essere valutata adottando la Vegetazione Naturale Potenziale (PNV) come scenario di riferimento (baseline), identificando nella salute della vegetazione il requisito fondamentale per la funzionalità di un ecosistema. Ciò garantisce la robustezza delle m etriche adottate e riduce l'incertezza legata all'uso di dati secondari o modellizzati (Von Zedlitz, 2024). La metodologia attuata prevede di verificare la fattibilità tecnica e l'applicazione gestionale dei parametri di ricchezza e abbondanza di specie e dell'indicatore *Mean Species Abundance* (MSA) testandoli su un set di dati reali derivanti da rilievi di vegetazione condotti tra il 2022 e il 2024 in ambienti rurali e agricoli della Regione Veneto, nell'ambito del progetto LIFE PollinAction. Questo progetto nasce con lo scopo di realizzare azioni a sostegno degli insetti impollinatori, contrastandone il declino attuale. L'iniziativa è sostenuta dall'Unione Europea attraverso il Programma LIFE, che ne finanzia il 55% del costo complessivo, e coordinata dal Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica dell'Università Ca' Foscari di Venezia in collaborazione con nove partner pubblici e privati (Caldonazzi et al., 2025). Il progetto mira al ripristino e alla creazione di infrastrutture verdi quali siepi, arbusteti e fasce fiorite distribuiti lungo infrastrutture stradali, aree agricole e centri urbani e alla definizione di buone pratiche volte a guidare gli interventi in ambito agricolo e urbanistico. Tra le azioni più rilevanti figurano il ripristino di habitat degradati, la conversione di aree marginali in zone ricche di biodiversità e l'attivazione di sostegni economici per gli agricoltori tramite i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES), integrando inoltre processi di economia circolare per il recupero delle biomasse (Caldonazzi et al., 2025). Lo studio condotto da Lorenzato et al. (2024) nell'ambito del progetto LIFE PollinAction ha fornito evidenze scientifiche fondamentali per l'efficacia di tali interventi. In paesaggi dominati dall'agricoltura intensiva, la presenza di urbanizzazione diffusa (*sprawl*) favorisce l'abbondanza di visite degli impollinatori, poiché gli spazi verdi urbani offrono rifugio e risorse altrimenti assenti nella matrice agricola. L'aumento della superficie di verde urbano e l'eterogeneità del paesaggio migliorano significativamente la frequenza delle interazioni pianta-impollinatore. Sebbene l'abbondanza di impollinatori aumenti, lo studio evidenzia che la ricchezza di specie non cresce proporzionalmente, a causa della scarsa permeabilità del territorio agricolo intensivo che limita l'immigrazione di nuovi taxa. L'aumento della superficie di verde urbano e l'eterogeneità del paesaggio e la connettività migliorano significativamente la frequenza delle interazioni pianta-impollinatore. È stato identificato un valore soglia per la gestione del verde; la probabilità di assenza di impollinatori in un sito si azzera quando sono presenti almeno quattro specie botaniche in fioritura simultanea. Questi risultati confermano che la creazione di infrastrutture verdi rende il paesaggio permeabile e accogliente per le popolazioni locali di insetti (Lorenzato et al., 2024). Lo studio di Favarin et al. (2026), anch'esso condotto nell'ambito del progetto LIFE PollinAction, misura invece l'efficacia dei ripristini confrontando i dati prima e dopo l'intervento. È emerso che le farfalle sono indicatori molto più sensibili e affidabili rispetto ai bombi per valutare il successo di un ripristino, mostrando aumenti chiari di ricchezza e abbondanza in risposta agli interventi. Questo accade perché le farfalle dipendono strettamente dalle condizioni locali del prato

(bruchi e nettare), mentre i bombi si muovono lontano dal nido e le loro popolazioni sono influenzate da fattori a scala molto più ampia. Un risultato fondamentale di questa analisi è stata la velocità della risposta ecologica: lo studio dimostra che il ripristino produce benefici rilevabili per gli impollinatori entro un solo anno dall'intervento. Questo giustifica l'uso di monitoraggi rapidi per valutare l'efficacia delle misure agro-ambientali dell'UE. Le aree ripristinate non aiutano solo gli insetti che locali, ma migliorano la biodiversità anche nelle aree adiacenti non ripristinate. Questo suggerisce che creare una rete connessa di piccoli habitat può sollevare la qualità ecologica di intere aree agricole (Favarin et al., 2026). In linea con queste evidenze, per quantificare l'efficacia degli interventi di ripristino ambientale, il presente lavoro di tesi adotta un disegno sperimentale basato sul confronto tra lo stato dei siti precedente agli interventi di ripristino (condizione ex-ante) e quello successivo (condizione ex-post). Questo approccio permette di misurare la risposta ecologica del sistema in termini di incremento della biodiversità e dell'integrità ecosistemica.

Raccolta dati

Il dataset analizzato si compone di 70 rilievi di vegetazione, 35 rilievi ex-ante e 35 ex-post. I siti campionati includono ambienti dominati da vegetazione erbacea xerofitica, mesofila e meso-igrofila. Per ogni rilievo, è stata censita la ricchezza specifica totale e la loro copertura totale, la ricchezza e la copertura di specie entomofile (specie cioè impollinate dagli insetti). Le azioni di ripristino e il monitoraggio degli habitat sono stati condotti seguendo il metodo floristico-vegetazionale, che prevede il rilevamento della vegetazione all'interno di aree (*plots*), individuate sulla base della loro omogeneità interna e rappresentatività rispetto alla più estesa comunità vegetale oggetto di indagine. In conformità al metodo, per ogni plot sono state annotate le seguenti informazioni:

a. numero del rilievo (ID plot);

b. coordinate geografiche;

c. nominativi dei rilevatori;

d. data di esecuzione;

e. dati stazionali (inclinazione ed esposizione);

f. descrizione della struttura complessiva della vegetazione (altezza media e copertura %);

g. superficie del rilievo;

h. forma del plot.

Il campionamento è stato effettuato in plot quadrati di 5 m × 5 m. Tuttavia, in alcuni casi, la particolare conformazione del sito di campionamento (aree ad andamento lineare come

argini o bordi di strada) ha portato all'adozione di plot di forma rettangolare. In tutti i casi in cui è stato possibile, si è cercato di mantenere la superficie standard di 25 m² o comunque superfici confrontabili, sempre tenendo conto della superficie minima sufficiente al rilevamento di tutte le specie che caratterizzavano la comunità target. Il campionamento è avvenuto a partire dal periodo tardo primaverile al periodo tardo-estivo del 2023. Si specifica che gli ambiti mesofili, xerofili e meso-igrofili sono stati rilevati nel periodo tardo primaverile/estivo del 2023, mentre le situazioni più francamente igrofile sono state oggetto di rilevamento nella tarda estate del 2023, stagione più consona a cogliere le comunità igrofile nella loro massima espressione. Una volta delimitato il plot si è proceduto alla annotazione dei dati stazionali (inclinazione ed esposizione) e alla descrizione della struttura complessiva della vegetazione (altezza media e copertura %); in caso di presenza di copertura muscinale significativa, si è indicato anche il valore percentuale di copertura complessiva dei muschi all'interno del plot. Successivamente, il campionamento ha previsto la stesura della lista delle specie vegetali radicanti al suo interno e l'assegnazione dei rispettivi valori di copertura, considerando la proiezione verticale all'interno del plot dell'insieme degli individui di ciascuna specie (Angelini et al., 2016). Contrariamente a quanto previsto dal metodo fitosociologico, in cui l'abbondanza delle specie viene attribuita utilizzando una scala alfanumerica con 6 classi di copertura, in questo caso sono stati utilizzati valori percentuali continui (da 0,01 a 100%), più precisi nel descrivere i rapporti di abbondanza/dominanza fra le singole specie. Per minimizzare la possibilità di errori di campionamento, ogni rilievo è stato effettuato sempre in presenza di 3 persone, di cui almeno 2 esperte. Durante la stesura della lista di specie, inoltre, è stata prestata particolare attenzione alla corretta individuazione del taxon di riferimento. Ogni qualvolta ci si è trovati di fronte ad individui che mancavano dei caratteri necessari ad una corretta e sicura determinazione sul campo, o nel caso di gruppi che presentano particolari difficoltà, sono stati raccolti alcuni individui, successivamente determinati con sicurezza in laboratorio, facendo uso dei volumi Flora d'Italia di S. Pignatti (1^ ed. 1982 e 2^ ed. 2017). La nomenclatura delle specie è conforme a Bartolucci et al. (2018).

Parametri ecologici analizzati

- Ricchezza di specie: quantificata come il numero totale di specie di piante vascolari identificate all'interno del plot.
- Ricchezza di specie entomofile: quantificata come il numero totale di specie di piante vascolari impollinate dagli insetti.
- Copertura totale delle piante vascolari.
- Copertura totale delle specie entomofile.

Calcolo dell'indice MSA (Mean Species Abundance)

La metodologia MSA (*Mean Species Abundance*) richiede il confronto dello stato attuale dell'ecosistema con uno stato di riferimento indisturbato, misurando l'abbondanza media

delle specie originali (Lammerant et al., 2021). Come scenario di riferimento o *baseline*, viene adottata la Vegetazione Naturale Potenziale (PNV), la quale rappresenta lo stato della flora che esisterebbe in un sito in assenza di pressioni antropiche (Mandle et al., 2024). Per questo studio, è stato adottato come riferimento un *dataset* storico risalente al 1995, estratto dalla letteratura (Buffa et al., 1995) e rielaborato digitalmente. Questa scelta risponde al principio della *Double Materiality*, quantificando l'impatto delle attività umane rispetto ad un obiettivo di conservazione ambientale (Gardes-Landolfini et al., 2024). Tale approccio permette inoltre di adempiere agli obblighi dello standard ESRS E4, che impone alle imprese di chiarire i propri impatti, dipendenze, rischi e opportunità legati alla biodiversità (EFRAG, 2023). Le operazioni di calcolo (Figura 3) sono state svolte in Excel attraverso i seguenti passaggi:

- È stata calcolata una costante di riferimento basata sulla somma pesata delle abbondanze attese nel rilievo storico (1995);
- Per ogni specie osservata nei rilievi ''Life PollinAction'' (2021) si è calcolato il rapporto di abbondanza;
- Coerentemente con la formulazione proposta da Visentin (2026), ogni rapporto di abbondanza è stato troncato al valore di 1. Ciò garantisce che un eventuale aumento dell'abbondanza di una o più specie (ad esempio specie aliene invasive) non venga conteggiato come un miglioramento della biodiversità. In ottica di rendicontazione aziendale, questo passaggio tecnico risulta determinante per prevenire fenomeni di *greenwashing*, poiché evita che un incremento locale della biodiversità vegetale possa mascherare un effettivo peggioramento della qualità e dell'integrità dell'ecosistema di riferimento;
- La sommatoria dei rapporti troncati è stata infine divisa per la costante di riferimento, ottenendo un valore da 0 a 1.

$$MSA = \frac{1}{M_{S_{ref}}} \sum_{i=1}^{M_{S_{ref}}} min\left(\frac{N_{i,S}}{N_{i,S_{ref}}}, 1\right)$$

Figura 3. *La formula applicata per il calcolo dell'indice MSA (Visentin, 2026).*

Analisi dati

Le differenze in ricchezza totale in specie, ricchezza di specie entomofile, copertura totale, copertura delle specie entomofile e MSA tra plot ex-ante ed ex-post sono state testate mediante un test PERMANOVA e successivi post-hoc test di Tukey, confrontando singolarmente le diverse variabili tra i due gruppi. Per indicare differenze significative, il P-value deve presentarsi minore o uguale a 0.05 (P-value ≤ 0.05).

4. Risultati

4.1 Risultati della ricerca bibliografica

Metriche ed indicatori di riferimento per il monitoraggio della biodiversità vegetale

L'analisi dello stato dell'arte evidenzia un marcato divario tra la teoria dei framework internazionali e l'effettiva pratica di rendicontazione delle imprese, con la biodiversità che risulta significativamente in ritardo rispetto alle metriche climatiche (von Zedlitz, 2024). Ciò che emerge dall'analisi condotta da von Zedlitz (2024) è che le grandi imprese europee divulgano circa la metà delle informazioni quantitative sulla biodiversità rispetto a quelle sul clima. Attualmente, la rendicontazione si basa prevalentemente su metriche che non richiedono una raccolta dati complessa e mancano di una visione olistica: le più comuni riguardano la localizzazione di siti operativi vicino ad aree protette (metrica di impatto) e l'avanzamento dei piani d'azione strategici (metrica di risposta). La ricerca identifica i parametri di ricchezza e abbondanza di specie come indicatori ecologici fondamentali per colmare l'attuale scarsità di dati quantitativi sulla biodiversità (Mandle et al., 2024; von Zedlitz, 2024). Tali indicatori rappresentano i dati primari considerati dalla normativa europea come l'unico strumento per garantire la verificabilità e la robustezza scientifica della rendicontazione (EFRAG, 2023; Lammerant et al., 2021). La descrizione dello stato di conservazione degli habitat attraverso questi parametri è necessaria per comprendere la composizione delle comunità vegetali prima di procedere con ulteriori analisi (Angelini et al., 2016; Lammerant et al., 2021). Al contrario, indicatori scientificamente più robusti ed informativi come l'impronta di biodiversità aggregata (MSA) rimangono estremamente rari, adottati da meno del 6% delle imprese analizzate (von Zedlitz, 2024). In questo contesto di scarsità di dati primari, l'Integrated Biodiversity Assessment Tool (IBAT) è emerso come lo strumento di misurazione più citato per lo screening dei siti sensibili, triplicando i suoi riferimenti nei report aziendali tra il 2020 e il 2022 (von Zedlitz, 2024). ENCORE (Exploring Natural Capital Opportunities, Risks and Exposure) è un ulteriore riferimento per la fase preliminare di screening e valutazione dei rischi. Si tratta di uno strumento essenziale per il settore finanziario e per le imprese che consente di visualizzare le dipendenze dal capitale naturale e i potenziali impatti, facilitando l'allineamento con gli obiettivi globali, tuttavia non fornisce misurazioni sito-specifiche (Lammerant et al., 2021). Per quantificare gli impatti si applicano invece metriche e strumenti di calcolo dell'impronta.

- Mean Species Abundance (MSA): viene identificata come la metrica fondamentale utilizzata dai principali modelli (come GLOBIO) per esprimere l'integrità della biodiversità. L'MSA misura l'abbondanza media delle specie originali rispetto a uno stato indisturbato (scala 0-100%) ed è l'unità di misura chiave per aggregare dati complessi. Viene espressa in MSA · km² (abbondanza di specie per unità di area), (Lammerant et al., 2021).

- LCA Estesa: prevede metodologie come il Product Biodiversity Footprint (PBF), che integra la biodiversità nella LCA tradizionale. Questo è cruciale per valutare gli impatti lungo l'intera catena del valore (*cradle-to-gate*) e confrontare le performance ambientali dei prodotti intermedi (Lammerant et al., 2021).
- Global Biodiversity Score (GBS): è classificato tra gli strumenti di ''*Comprehensive footprinting*'', consente di calcolare l'impronta di biodiversità aziendale (espressa in MSA · km²) coprendo non solo le operazioni dirette ma l'intera catena del valore, utilizzando dati finanziari collegati a pressioni globali (Lammerant et al., 2021). Nonostante la sua capacità di fornire una visione olistica dell'impatto aziendale, il ricorso a strumenti di footprinting come il GBS rimane un'eccezione, adottata da appena 10 aziende nell'intero campione del 2022 analizzato da von Zedlitz (2024).

La mancanza di una metrica universale ha spinto diverse imprese a creare soluzioni "su misura"; lo studio classifica infatti come "Other" una categoria significativa di concetti di misurazione sviluppati autonomamente dalle aziende per rispondere a specifiche esigenze settoriali (von Zedlitz, 2024). Questa eterogeneità conferma che la rendicontazione quantitativa è ancora in una fase di apprendimento, dove la disponibilità di expertise e dati interni determina la capacità dell'azienda di passare da una narrazione qualitativa a una misurazione oggettiva (von Zedlitz, 2024). Per quanto riguarda la qualità dei dati c'è una criticità evidente ovvero la dipendenza da dati modellati (secondari) rispetto ai dati originali (primari). Per una rendicontazione solida è infatti necessario integrare delle misurazioni dirette in situ. La validazione metodologica diventa quindi condizione necessaria per garantire la qualità dei dati e supportare processi di verifica credibili, evitando che le stime ottenute dalla modellazione dei dati siano viste come poco accurate (Lammerant et al., 2021). Secondo lo studio condotto da Mandle et al. (2024), l'integrità del capitale naturale viene valutata adottando la Vegetazione Naturale Potenziale (PNV) come scenario di riferimento (*baseline*), il quale rappresenta lo stato della flora che esisterebbe in un determinato sito in assenza di sviluppo antropico. All'interno di questo framework, la metrica della ricchezza di specie (*species richness*), ovvero il numero totale di diverse specie rappresentate in un'area, viene modellata e calcolata partendo proprio dalle condizioni ambientali stabilite dalla PNV. La metodologia giustifica la salute degli habitat come base della biodiversità, la rimozione della vegetazione naturale genera la perdita totale dei valori di biodiversità associati rispetto alla condizione di partenza. In questa prospettiva, la vegetazione naturale è il supporto biofisico primario la cui perdita è direttamente responsabile della scomparsa della fauna e delle funzioni ecologiche. Pertanto, il monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat vegetali emerge come il prerequisito fondamentale per garantire la presenza delle specie e per una corretta rendicontazione degli impatti aziendali sulla natura (Mandle et al. 2024). Poiché la finanza della biodiversità è maggiormente interessata a stimare i cambiamenti della diversità biologica causati dalle attività umane piuttosto che alla misurazione della biodiversità in sé gli indicatori di ricchezza e indici quali Shannon, che si limitano invece a descrivere il numero di specie o

l'abbondanza di individui in un dato momento risultano meno adatti rispetto ad una metrica di ''*footprinting*'' quale l'MSA che confronta lo stato attuale di un ecosistema con uno di riferimento incontaminato (Visentin, 2026). Questo approccio è preferito dagli investitori perché permette di valutare l'intensità degli impatti ambientali e, soprattutto, consente di confrontare direttamente tra loro aziende e settori diversi, facilitando l'integrazione di questi dati nei modelli di rischio finanziario. Per tali ragioni, l'MSA è diventato un parametro centrale per il calcolo del Corporate Biodiversity Footprint (CBF) nelle analisi di mercato (Visentin, 2026). CBF è una metrica fondamentale sviluppata da Iceberg Data Lab per quantificare in modo sistematico l'impatto delle aziende sulla biodiversità. Questo indicatore utilizza modelli LCA per calcolare le pressioni ecologiche generate non solo dalle operazioni dirette di un'impresa, ma anche da tutta la *supply chain*. Il risultato finale viene espresso nell'unità confrontabile MSA · km² (Visentin, 2026). Studi recenti utilizzano il CBF come *proxy* per il rischio di transizione, evidenziando come i settori ad alta intensità di suolo (come agricoltura e miniere) presentino i valori più elevati (Visentin, 2026). L'integrazione di questi strumenti permette alle imprese e alle istituzioni finanziarie di rispondere al principio della *double materiality*. Nello specifico, l'utilizzo di ENCORE è fondamentale per mappare le dipendenze dai servizi ecosistemici, che sono classificate come rischi fisici della biodiversità poiché il loro deterioramento può compromettere direttamente le operazioni aziendali. Parallelamente, l'impiego del CBF (espresso in MSA) permette di quantificare l'impatto dell'azienda sulla natura, fungendo da *proxy* per i rischi di transizione legati a nuove normative, tasse o pressioni reputazionali (Visentin, 2026).

Articoli consultati

L'analisi della letteratura consultata ha permesso di identificare 5 autori che utilizzano o discutono ricchezza e abbondanza di specie come parametri ecologici di base (Tabella 1).

Tabella 1. *Contributi alla trattazione dei parametri di ricchezza e abbondanza di specie.*

Autori	**Anno**	**Contributi all'uso di ricchezza e abbondanza di specie**
Angelini et al.	2016	Valuta l'abbondanza delle comunità vegetali e il loro stato di conservazione attraverso la copertura percentuale continua.
Mandle et al.	2024	Mandle sostiene che la ricchezza di specie debba essere modellata e calcolata partendo dalla Vegetazione Naturale Potenziale (PNV).
Caldonazzi et al.	2025	Documenta l'efficacia delle azioni di ripristino tramite l'aumento misurabile di ricchezza specifica e copertura

		vegetale.
Visentin	2026	Descrive ricchezza e abbondanza come parametri essenziali per la descrizione dello stato attuale dei siti, necessari per alimentare i successivi modelli di rischio.
Von Zedlitz	2024	Sottolinea l'importanza di utilizzare la ricchezza totale come dato primario indispensabile al fine di colmare il divario della rendicontazione quantitativa.

L'analisi della letteratura consultata ha permesso di identificare 7 autori che utilizzano o discutono esplicitamente l'indicatore Mean Species Abundance (MSA) come parametro di riferimento per la rendicontazione aziendale della biodiversità e per il mercato dei crediti di biodiversità (Tabella 2).

Tabella 2. *Contributi alla trattazione dell'indice MSA.*

Autore	**Anno**	**Contributo all'uso dell'indice MSA**
Lammerant et al.	2021	Definisce l'MSA come indice fondamentale per il reporting aziendale e la sua unità di misura confrontabile (MSA · km²).
Damiani et al.	2023	Analizza l'MSA nel contesto dei modelli LCA, evidenziandone i limiti nella descrizione della complessità multidimensionale.
Fournier de Lauriere et al.	2023	Discute l'MSA come indice globale, rilevando le criticità legate alla copertura tassonomica incompleta.
von Zedlitz	2024	Definisce l'MSA come scientificamente robusto nonostante il suo tuttora raro utilizzo nel reporting aziendale (6%).
Wunder et al.	2025	Identifica l'MSA come strumento per facilitare lo scambio di informazioni e la standardizzazione nei mercati dei crediti di biodiversità.

Croci et al.	2025	Cita l'MSA tra le metriche standardizzate che permettono la trasformazione dei risultati ecologici in unità scambiabili.
Visentin	2026	Inserisce l'MSA come parametro centrale per il calcolo del Corporate Biodiversity Footprint (CBF) e ne definisce la formula di calcolo.

Il confronto tra articoli che citano parametri di ricchezza e abbondanza rispetto a MSA ha dimostrato un consolidamento delle metriche tradizionali di ricchezza e abbondanza, affiancato da un crescente interesse per l'indicatore di integrità ecologica MSA, a partire dal 2021 (Figura 4).

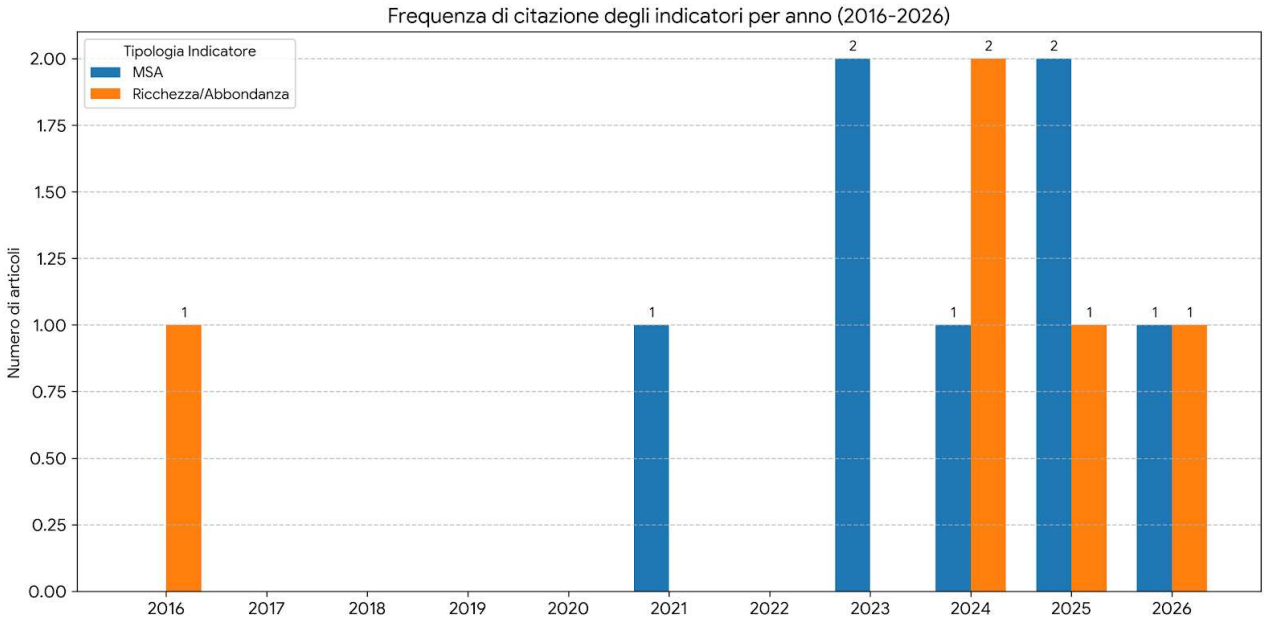


Figura 4. *Istogramma di frequenza di citazione degli indicatori di biodiversità vegetale analizzati tra il 2016 e il 2026.*

4.2 Risultati dell'applicazione sperimentale

Test Permanova e post-hoc di Tukey

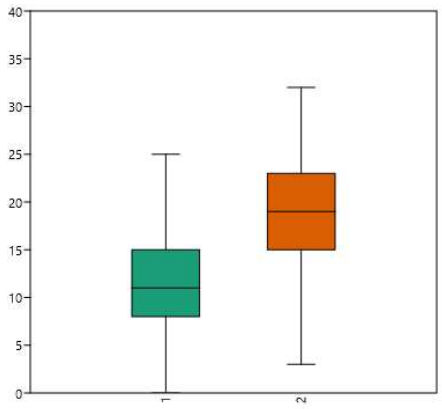
Dall'analisi della PERMANOVA è emerso come esistano differenze significative tra le condizioni ex-ante ed ex-post rispetto alle variabili analizzate (F = 13,6; P = 0,0001). In particolare, il test di Tukey ha rivelato differenze significative rispetto a ricchezza totale in specie SR TOT (P < 0.001), ricchezza di specie entomofile SR ENTO. (P < 0.001), copertura

totale COP. TOT ($P < 0.001$), copertura delle specie entomofile COP. ENTO. ($P < 0.001$) e MSA ($P < 0.001$). La condizione ex-post presenta mediamente valori superiori per tutte le variabili (SR TOT, SR ENTO., COP. TOT, COP. ENTO. e MSA) rispetto alla condizione ex-ante (Tabella 3, Figura 5).

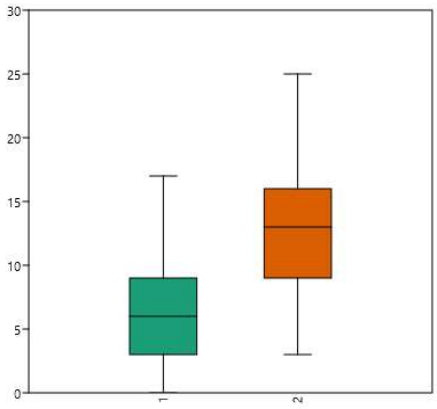
Tabella 3. Valori (espressi come media ± deviazione standard) delle variabili ecologiche per le condizioni ex-ante ed ex-post.

CONDIZIONE	SR TOT	SR ENTO.	COP. TOT %	COP. ENTO. %	MSA
EX ANTE	10,71 ± 6,27	6,31 ± 4,30	85,62 ± 39,49	36,71 ± 29,10	0,11 ± 0,09
EX POST	18,54 ± 5,65	12,2 ± 4,64	123,41 ± 50,72	77,70 ± 56,21	0,17 ± 0,09

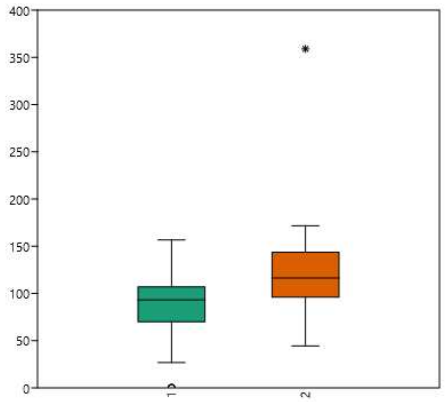
Ricchezza di specie (SR)



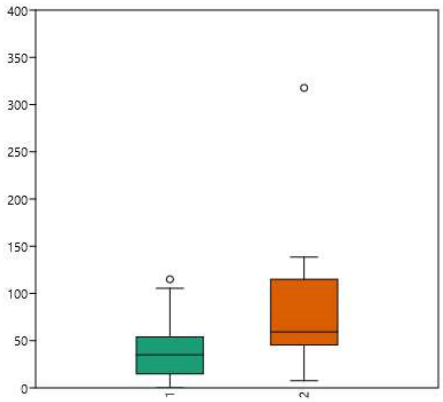
Ricchezza di specie entomofile (SR ENTO.)



Copertura totale % (COP TOT)



Copertura specie entomofile % (COP ENTO.)



MSA

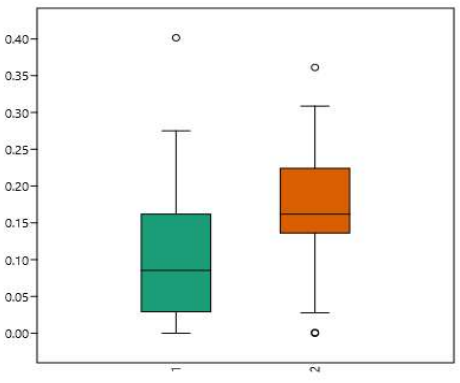


Figure 5. *Boxplot delle variabili ecologiche analizzate (SR TOT, SR ENTO., COP. TOT, COP. ENTO. e MSA) nelle condizioni ex-ante ed ex-post. Sull'asse orizzontale sono indicate le due condizioni di campionamento: 1 = Ex-ante; 2 = Ex-post. Sull'asse verticale sono riportati i valori misurati per ciascuna variabile. La linea orizzontale all'interno dei box indica il valore medio.*

Confronto tra Ricchezza e Integrità: il ruolo della PNV

Il confronto tra la Ricchezza Specifica Totale (142 specie rilevate tramite il progetto LIFE PollinAction) e il dataset di 70 specie (estratte da un totale di 14 rilievi storici) appartenenti alla Vegetazione Naturale Potenziale (PNV) permette di distinguere chiaramente tra biodiversità quantitativa e integrità ecologica. Mentre la ricchezza totale offre un dato grezzo che include ogni specie censita (comprese ruderali, infestanti o esotiche), il dataset selezionato per il calcolo dell'MSA isola esclusivamente i taxa che riflettono l'identità ecologica originaria del sito (von Zedlitz, 2024). In questo modo, la PNV funge da *baseline* scientifica per definire lo stato di salute ottimale dell'habitat (Mandle et al., 2024).

5. Discussione

Dalla ricerca bibliografica emerge un quadro normativo in profonda evoluzione, segnato dal passaggio della rendicontazione di sostenibilità da un'attività volontaria a un obbligo di trasparenza rigoroso e standardizzato (Hummel & Jobst, 2024). Questo cambiamento è guidato principalmente dalla direttiva Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) che, a partire dal 2024, sostituisce la precedente Non-Financial Reporting Directive (NFRD), ampliando significativamente il numero di imprese coinvolte e introducendo gli standard ESRS come manuale operativo (Hummel e Jobst, 2024). Parallelamente, la Strategia UE sulla biodiversità per il 2030 e la Nature Restoration Law (NRL) impongono obiettivi legalmente vincolanti per il ripristino degli ecosistemi degradati, trasformando gli impegni politici in obblighi di legge (Hermoso et al., 2022; Penca & Tănăsescu, 2024). In questo contesto, il Regolamento sulla Tassonomia UE funge da sistema di classificazione standardizzato per identificare le attività economiche sostenibili (Papari et al., 2024), includendo esplicitamente la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi tra i suoi sei obiettivi ambientali (Papari et al., 2024). Questa evoluzione normativa trasforma la rendicontazione della biodiversità in un obbligo di conformità non solo normativa, ma anche metodologica (Nobleman, 2024) , rendendo necessario l'impiego di metriche capaci di rendere operativi i concetti di materialità e *biodiversity net gain* (Binner et al., 2025). L'integrazione di tali framework nello standard ESRS E4 conferma la necessità di strumenti tecnici per soddisfare i requisiti della CSRD (TNFD, 2023). Risulta evidente la complementarità tra i diversi strumenti di valutazione disponibili per le imprese. Mentre i framework di screening quali IBAT (Integrated Biodiversity Assessment Tool) ed ENCORE (Exploring Natural Capital Opportunities, Risks and Exposure) risultano imprescindibili per una mappatura preliminare dei rischi materiali e delle dipendenze a scala globale (von Zedlitz, 2024; Lammerant et al., 2021) , essi non sono in grado di fornire misurazioni sito-specifiche (Lammerant et al., 2021). Parallelamente, le metriche di footprinting come il Global Biodiversity Score (GBS) o il Corporate Biodiversity Footprint (CBF) consentono di quantificare l'impatto aziendale lungo l'intera catena del valore (Lammerant et al., 2021; Visentin, 2026), ma la loro affidabilità rimane vincolata alla qualità dei dati di input. Pertanto, l'attività di monitoraggio in situ condotta nel presente studio rappresenta l'elemento cardine per validare i risultati ottenuti (Lammerant et al., 2021). Dall'analisi condotta sugli indicatori maggiormente applicati emerge che ricchezza di specie e abbondanza si configurano come indicatori ecologici fondamentali per colmare l'attuale divario tra la rendicontazione climatica e quella della biodiversità (Mandle et al., 2024; von Zedlitz, 2024). La ricchezza di specie quantifica il numero totale di diverse specie presenti in un'area (Mandle et al., 2024). Questo parametro risulta tuttavia inadatto alla rendicontazione aziendale perché descrive lo stato della comunità vegetale in un dato momento senza un confronto con baseline di riferimento (Visentin, 2026). L'abbondanza

delle specie vegetali viene quantificata attraverso la stima della copertura percentuale, definita come la proiezione verticale dell'insieme degli individui radicanti all'interno dei plot di campionamento (Angelini et al., 2016). Tale parametro rappresenta il riferimento metodologico fondamentale per valutare oggettivamente lo stato di conservazione delle comunità vegetali nel territorio nazionale (Angelini et al., 2016). Sebbene la ricchezza e l'abbondanza siano parametri essenziali per la descrizione dello stato attuale del sito, dall'analisi condotta risultano tuttavia meno adatti alla rendicontazione aziendale rispetto all'indice MSA (Mean Species Abundance) (Visentin, 2026). L'adozione del Mean Species Abundance (MSA) come indice di biodiversità vegetale risponde alla necessità di quantificare l'integrità ecologica confrontando lo stato attuale dell'ecosistema con uno di riferimento indisturbato (Lammerant et al., 2021). Questo indice è preferito rispetto alla semplice ricchezza specifica poiché permette di valutare l'intensità degli impatti ambientali e facilitare l'integrazione dei dati nei modelli di rischio finanziario (Visentin, 2026). In questo senso, è opportuno evidenziare che, sebbene la ricchezza di specie (Mandle et al., 2024) e l'abbondanza quantificata attraverso la copertura percentuale (Angelini et al., 2016) costituiscano i riferimenti metodologici primari per la descrizione dello stato attuale del sito, l'MSA si configura come strumento capace di trasformare tali parametri ecologi in una metrica standard (Visentin, 2026). Un aspetto tecnico fondamentale della metodologia riguarda il troncamento del rapporto di abbondanza al valore di 1, il quale garantisce che un eventuale aumento di specie aliene invasive non venga conteggiato come un miglioramento della biodiversità complessiva. Ciò è fondamentale nella rendicontazione aziendale per prevenire fenomeni di greenwashing, evitando che un incremento locale della ricchezza mascheri un effettivo peggioramento della qualità e dell'integrità dell'ecosistema di riferimento (Visentin, 2026). In ambito di finanza sostenibile, l'MSA si configura come un indice fondamentale per il reporting aziendale, garantendo un'unità di misura oggettiva e confrontabile espressa in MSA · km² grazie alla quale è possibile aggregare e normalizzare l'impatto sulla base della superficie territoriale coinvolta lungo l'intera catena del valore (Lammerant et al., 2021). Questo indicatore è considerato scientificamente robusto, nonostante il suo utilizzo nel reporting aziendale risulti tuttora raro, essendo adottato solo dal 6% delle imprese (von Zedlitz, 2024). A livello operativo, l'MSA rappresenta il parametro centrale per il calcolo del Corporate Biodiversity Footprint (CBF) (Visentin, 2026). L'utilità di questa metrica si estende al mercato dei crediti di biodiversità, dove l'MSA viene identificato come uno strumento chiave per facilitare standardizzazione e scambio di informazioni (Wunder et al., 2025). L'adozione di metriche standardizzate è infatti indispensabile per permettere la trasformazione dei risultati ecologici in unità quantificabili e scambiabili (Croci et al., 2025). Tuttavia ci sono dei limiti evidenziati dalla letteratura recente. L'analisi dell'MSA nel contesto dei modelli LCA ne ha evidenziato i limiti nella descrizione della complessità multidimensionale della biodiversità (Damiani et al., 2023). A ciò si aggiungono le criticità dell'MSA come indice globale per la biodiversità: tale indicatore presenta una copertura tassonomica parziale, non garantendo una rappresentatività esaustiva di tutti i gruppi sistematici (Fournier de Lauriere et al., 2023). I risultati emersi

dall'analisi dei rilievi condotti nell'ambito del progetto LIFE PollinAction evidenziano differenze altamente significative tra la condizione ex-ante e quella ex-post per tutte le variabili analizzate, con un valore di P = 0,0001. L'incremento registrato nei valori medi di ricchezza specifica, abbondanza e integrità (MSA) conferma l'efficacia degli interventi di ripristino attivo in paesaggi agricoli intensivi (Caldonazzi et al., 2025). La velocità della risposta ecologica rilevata in questa analisi trova riscontro nelle evidenze scientifiche prodotte da Favarin et al. (2026), le quali dimostrano come gli interventi di ripristino ambientale siano in grado di generare benefici tangibili per la biodiversità già entro il primo anno dalla loro esecuzione. In tale scenario, l'impiego dell'indice Mean Species Abundance (MSA) si configura come uno strumento estremamente efficace per condurre monitoraggi rapidi basati su dati primari raccolti *in situ*. Tale approccio metodologico consente di soddisfare puntualmente i requisiti dello standard ESRS E4, garantendo la robustezza scientifica e la verificabilità della rendicontazione di sostenibilità richieste dalla direttiva CSRD (EFRAG, 2023). Tuttavia emerge la differenza tra l'incremento della ricchezza specifica totale, quasi raddoppiata nel passaggio *ex-ante/ex-post* (10,71 vs 18,54), e la crescita limitata dell'integrità ecologica misurata tramite MSA (0,11 vs 0,17). Questo fenomeno indica che, sebbene le azioni di ripristino del progetto LIFE PollinAction abbiano favorito una rapida colonizzazione da parte di nuove specie, la composizione floristica non ha ancora raggiunto il livello della Vegetazione Naturale Potenziale. Pertanto, sebbene i risultati iniziali siano promettenti, per conseguire un ripristino ecosistemico completo nello stesso tempo risulterebbe necessaria l'implementazione di strategie di restoration attiva, in grado di trasformare l'investimento economico in un reale motore operativo per il recupero funzionale degli habitat (Binner et al., 2025). Per la rendicontazione richiesta dall'EFRAG (2023), le imprese devono dimostrare non solo di "avere natura" nei propri siti, ma di sostenerne la conservazione. Nonostante la solidità dei risultati ottenuti, la metodologia applicata presenta limiti legati alla complessità intrinseca della biodiversità. L'utilizzo della vegetazione come indicatore primario (*proxy*) potrebbe sottorappresentare gruppi tassonomici quali microrganismi o invertebrati, la cui protezione è ugualmente richiesta dagli standard internazionali (European Climate Foundation, 2022). Nonostante ciò, la vegetazione offre il vantaggio metodologico di disporre di uno scenario di riferimento (PNV) di cui non disponiamo attualmente per altri *proxy* come microrganismi o artropodi. Una criticità rilevante risiede tuttavia nella difficoltà di definire il *reference state* in modo univoco, a causa della forte dipendenza degli indicatori dal contesto locale e dalla mancanza di parametri universali (EFRAG, 2023). È necessario inoltre considerare che l'assunzione dei rilievi storici del 1995 come riferimento stabile possiede il limite dell'effetto dei cambiamenti climatici che potrebbero avere alterato lo stato di conservazione delle comunità vegetali nel tempo (ISPRA, 2025). In questo contesto, poiché misurare la biodiversità in modo perfetto è utopico, la ricerca deve accettare metriche affidabili validate attraverso una governance collaborativa che coinvolga i diversi portatori d'interesse (Sobkowiak, 2022).

Bibliografia

Angelini P., Casella L., Grignetti A., Genovesi P. (Eds.) 2016 Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: habitat. ISPRA, Serie Manuali e Linee Guida, 142/2016.

Binner A.R., Addicott E.T., Balmford B., Day B.H., Mancini M.C., Williamson D., Bateman I.J. 2025 Using the natural capital framework to integrate biodiversity into sustainable, efficient and equitable environmental-economic decision-making. Philosophical Transactions of the Royal Society B 380, 1-4, 11.

Buffa G., Marchiori S., Ghirelli L., Bracco F. 1995 I prati ad Arrhenatherum elatius (L.) Presl delle Prealpi Venete. Fitosociologia 29, 33-47.

Caldonazzi M., De Michiel S., Fabian S., Fantinato E., Matassoni A., Lorenzato L. 2025 LIFE PollinAction. Udine: Grafiche Filacorda, 9-13.

CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) 2024 Exploration of the biodiversity finance landscape (CBD/RM/AC/2024/1/2). UN Environment Programme, 3, 13, 14, 53.

Cinquini L., Cristina I., Doni F. (a cura di) 2025 Business Reporting e Biodiversità: Stato dell'arte e sfide aperte. Quaderno O.I.B.R. #12, Organismo Italiano Business Reporting, 32, 33, 35, 36.

Croci E., Lucchitta B., Cusa M. 2025 Biodiversity credits schemes: a comparative analysis. Journal of Cleaner Production 523, 146382.

Damiani M., Sinkko T., Caldeira C., Tosches D., Robuchon M., Sala S. 2023 Critical review of methods and models for biodiversity impact assessment and their applicability in the LCA context. Environmental Impact Assessment Review 101, 107134.

EFRAG (European Financial Reporting Advisory Group) 2023 ESRS E4 – Biodiversity and ecosystems. Commission Delegated Regulation (EU) 2023/5303 Annex 1, 1-21.

Elliot V., Jonäll K., Paananen M., Bebbington J., Michelon G. 2024 Biodiversity reporting: standardization, materiality, and assurance. Current Opinion in Environmental Sustainability 68, 101435.

European Climate Foundation 2022 The Bigger Picture: how the climate and biodiversity are connected.

European Commission 2020 The business case for biodiversity. European Union.

European Commission 2022 The bigger picture: how climate and biodiversity are intimately linked and what the EU is doing to protect them. Disponibile a: https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/bigger-picture-how-climate-and-biodiversity-are-intimately-linked-and-what-eu-doing-protect-them-2022-12-14_en

Favarin S., Fantinato E., Della Bella A., Buffa G. 2026 Butterflies as indicators of restoration success: insights from habitat restoration in agricultural landscapes. Restoration Ecology, 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9.

Fournier de Lauriere C., McElderry R.M., Brettell I., van den Hoogen J., Maynard D., Bello C., Bialic-Murphy L., Delavaux C.S., Dent D.H., Elliott T.W., van Galen L.G., Lauber T., Paz A., Smith G., Werden L.K., Zohner C.M., Crowther T.W. 2023 Assessing the multidimensional complexity of biodiversity using a globally standardized approach. Institute of Integrative Biology, ETH Zürich, 2, 4, 7, 9, 10.

Gardes-Landolfini C., Oman W., Fraser J., Montes de Oca Leon M., Yao B. 2024 Embedded in Nature: Nature-Related Economic and Financial Risks and Policy. IMF Staff Climate Note 2024/002. International Monetary Fund, 1, 5, 9, 13, 17, 25.

Goedhart M., Levy C., Morgan P. 2015 A better way to understand internal rate of return. McKinsey & Company, Corporate Finance Practice, 1.

Hermoso V., Carvalho S.B., Giakoumi S., Goldsborough D., Katsanevakis S., Leontiou S., Markantonatou V., Rumes B., Vogiatzakis I.N., Yates K.L. 2022 The EU Biodiversity Strategy for 2030: Opportunities and challenges on the path towards biodiversity recovery. Environmental Science and Policy 127, 263-266.

Hummel K., Jobst D. 2024 An overview of corporate sustainability reporting legislation in the European Union. Accounting in Europe 21(3), 320-345.

ISO 2025 ISO 17298:2025 Biodiversity — Considering biodiversity in the strategy and operations of organizations — Requirements and guidelines. Ginevra, International Organization for Standardization, 1, 3, 4, 17.

ISPRA 2025 Ambiente in Italia: uno sguardo d'insieme. Annuario dei dati ambientali 2024, 145-157.

Kingsly K.M. s.d. Deep Dive into ISSB Standards: IFRS S1 and IFRS S2, 1-5, 8, 10.

Lammerant J., Müller L., Kisielewicz J. 2021 Assessment of biodiversity measurement approaches for businesses and financial institutions. Update Report 3. EU Business @ Biodiversity Platform, European Commission, 8, 9, 11, 16, 31, 32, 34, 35, 46, 54, 56, 59, 82, 84, 92, 94.

Lorenzato L., Fantinato E., Sommaggio D., Favarin S., Buffa G. 2024 Pollinator abundance, not the richness, benefits from urban green spaces in intensive agricultural land. Urban Ecosystems, 1, 2, 3, 5, 8.

Mandle L., Shea A., Soth E., Goldstein J.A., Wolny S., Smith J.R., Patel M. 2024 An open-source approach for measuring corporate impacts on ecosystem services and biodiversity. Communications Earth & Environment 5(625), 2, 6, 8, 9.

Marco-Fondevila M., Álvarez-Etxeberría I. 2023 Trends in private sector engagement with biodiversity: EU listed companies' disclosure and indicators. Ecological Economics 210, 107864.

Nobleman J. 2024 Target 15 - Businesses Assess, Disclose, and Reduce Biodiversity-Related Risks and Impacts. In The Biodiversity Plan: Biodiversity Law and Governance Initiative. Centre for International Sustainable Development Law (CISDL), 1-5.

Papari C.A., Toxopeus H., Polzin F., Bulkeley H., Menguzzo E.V. 2024 Can the EU taxonomy for sustainable activities help upscale investments into urban nature-based solutions? Environmental Science and Policy 151, 103598, 1-16.

Penca J., Tănăsescu M. 2024 The transformative potential of the EU's Nature Restoration Law. Sustainability Science, 1-3.

Sobkowiak M. 2022 The making of imperfect indicators for biodiversity: A case study of UK biodiversity performance measurement. Business Strategy and the Environment 337, 345–346.

Stehm J., Wong C. 2025 Biodiversity, ecosystems and ecosystem services | Phase 1 research-summary of findings. IFRS Sustainability Staff Paper (Agenda reference: 3). IFRS Foundation, 1, 2, 3, 4, 6, 9.

Taskforce on Nature-related Financial Disclosures 2023 Final TNFD Recommendations on nature related issues published and corporates and financial institutions begin adopting, 1-5.

Visentin G.A. 2026 Financial risks of biodiversity loss: A review. International Review of Economics and Finance 106, 104894.

von Zedlitz G. 2024 Mind the Gap?! The Current State of Biodiversity Reporting. SAFE White Paper No. 95, Leibniz Institute for Financial Research SAFE, 4, 5, 23, 25, 26, 31, 32.

Wunder S., Fraccaroli C., Bull J.W., Dutta T., Eyres A., Evans M.C., Thorsen B.J., Jones J.P.G., Maron M., Muys B., Pacheco A., Olesen A.S., Swinfield T., Tegegne Y.T., White T.B., Zhang H., zu Ermgassen S.O.S.E. 2025 Biodiversity Credits: An Overview of the Current State,

Future Opportunities, and Potential Pitfalls. Business Strategy and the Environment 34, 8471–8476.

zu Ermgassen S.O.S.E., Hawkins I., Lundhede T., Liu Q., Thorsen B.J., Bull J.W. 2025 The current state, opportunities and challenges for upscaling private investment in biodiversity in Europe. Nature Ecology & Evolution 9, 515–519.