

5. I servizi ecosistemici

Introduzione

Anche se il concetto di servizi ecosistemici (SE) affonda le sue origini già nella fine degli anni '70 del XX secolo - quando il riconoscimento dei benefici degli ecosistemi per la società umana era principalmente utilizzato come stimolo per indirizzare l'interesse pubblico nei confronti della conservazione e valorizzazione della biodiversità - è a partire dalla fine degli anni '90 che si è data sempre più importanza al tema dell'ambiente e degli ecosistemi. In questo periodo, in contesto anglosassone, si è iniziato a sviluppare pienamente il paradigma dei SE, definiti nella letteratura come i benefici (fornitura di acqua, cibo, legname, regolazione del clima, delle alluvioni, etc.) che l'ecosistema territoriale (boschi, sistemi delle acque, aree agricole, etc.) produce per la società umana, senza che però questa transazione sia regolata da un'intermediazione di natura economica.

La trattazione dei SE si è ampiamente diffusa con gli studi di Costanza et al. (1997) ed i loro primi tentativi di realizzare una stima del valore economico dei servizi offerti dagli ecosistemi, ma è con la pubblicazione nel 2005 *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) che il tema dei SE è diventato un elemento centrale dell'agenda politica internazionale, dando un forte impulso alla promozione di meccanismi di pagamento e di remunerazione dei SE (Brotto et al., 2017). Il MEA ha classificato i SE in quattro categorie: servizi di supporto alla vita, di approvvigionamento, di regolazione, e culturali.

La classificazione del MEA è stata ripresa e adattata da altri autori ed iniziative. La recente *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES), sviluppata dall'Agenzia Ambientale Europea (Haines-Young e Potschin, 2018), raggruppa i SE in tre categorie invece che in quattro come la classificazione del MEA: servizi di approvvigionamento (acqua, prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.), di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione degli eventi estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.); e servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, ecc.).



Fig. 2. Classificazione dei servizi ecosistemici secondo il MEA (fonte: Brotto et al., 2017).

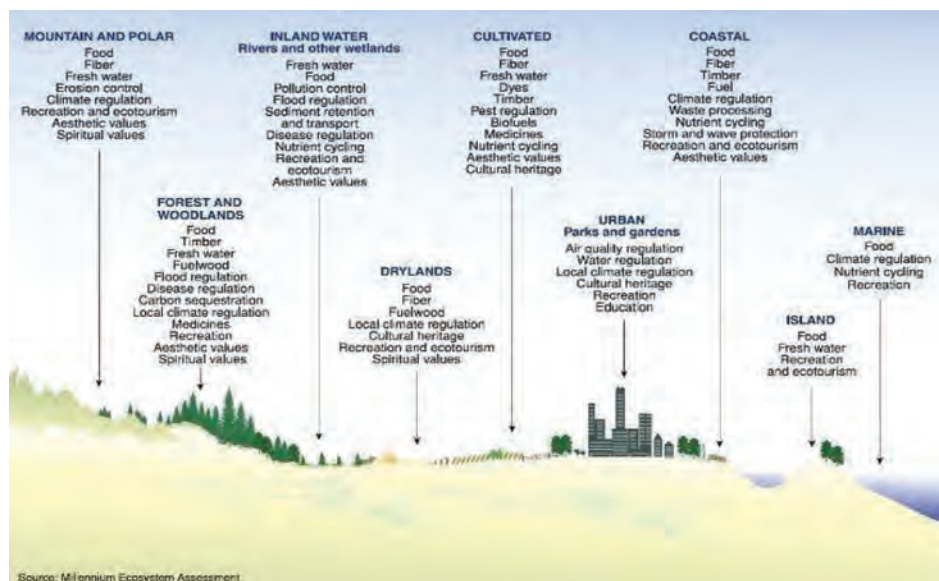


Fig. 3. Identificazione dei principali servizi ecosistemici dei biomi della terra (fonte: MEA 2005)

Alla fornitura dei SE è riconosciuto universalmente un ruolo rilevante per il benessere e la qualità della vita della società, al pari di altri servizi come quelli culturali, sanitari, etc., sebbene le loro caratteristiche siano di natura molto particolare, poiché derivano dagli agro-ecosistemi e dalla modalità più o meno dissipativa del loro trattamento. In particolare, la gestione sociale dei SE, inserita nel contesto più ampio del territorio, può apportare vantaggi complessi e integrati che si proiettano verso una progettualità innovativa di tipo ecoterritoriale affiancando alla fornitura dei SE quella dei servizi ecoterritoriali.

Costanza et al. (1997) sono stati fra i primi a mettere in evidenza la necessità di introdurre la valutazione dei SE nel panorama delle politiche pubbliche, non in maniera meramente descrittiva, ma tramite una contabilizzazione economica, ponendo come centrale il problema della loro monetizzazione. Infatti, attualmente, “poiché i servizi ecosistemici non vengono catturati dai mercati e non vengono quantificati in termini comparabili ai servizi economici e ai prodotti industriali, molto spesso non vengono neanche considerati nelle decisioni politiche”.

La nozione di Capitale Naturale (CN) accoglie questo approccio sottolineando la rilevanza economica degli ecosistemi. In Italia, la L. 221/2015, all'art. 67, ha disposto l'istituzione di un Comitato per il capitale naturale (CCN), al fine di realizzare annualmente un *Rapporto sullo stato del Capitale Naturale in Italia*, con dati e informazioni in unità fisiche e monetarie, seguendo le metodologie definite dall'ONU e dall'UE.

Definizioni

Capitale naturale: *"L'intero stock di asset naturali - organismi viventi, aria, acqua, suolo e risorse geologiche - che contribuiscono a fornire beni e servizi di valore, diretto o indiretto, per l'uomo e che sono necessari per la sopravvivenza dell'ambiente stesso da cui sono generati"* (CCN, 2017).

Ecosistema: *"Un complesso dinamico costituito dalle comunità di piante, animali e microrganismi e dal loro ambiente non vivente, che interagiscono come un'unità funzionale"* (Maes et al., 2021).

Condizione dell'ecosistema: *"La qualità fisica, chimica e biologica di un ecosistema in un determinato momento. Altri termini utilizzati sono integrità o salute dell'ecosistema. Una buona condizione dell'ecosistema significa che esso è in buone condizioni fisiche, chimiche e biologiche, con capacità di auto-riproduzione o di auto-conservazione, e la composizione delle specie, la struttura dell'ecosistema, e le funzioni ecologiche non sono compromesse"* (Maes et al., 2021).

Servizi ecosistemici:

"I benefici che le popolazioni umane derivano, direttamente o indirettamente, dalle funzioni dell'ecosistema" (Costanza et al. 1997).

"Le condizioni e i processi attraverso cui gli ecosistemi naturali, e le specie che li compongono, sostengono e soddisfano la vita umana" (Daily 1997).

"I benefici che le persone ottengono dagli ecosistemi" (MEA 2005).

"I contributi diretti e indiretti degli ecosistemi al benessere umano" (Sukhdev 2008).

"Il contributo degli ecosistemi ai benefici utilizzati nelle attività economiche e in altre attività umane" (UNSD 2021).

"Il contributo degli ecosistemi ai benefici economici, sociali, culturali e di altro tipo che le persone traggono dagli ecosistemi" (Maes et al., 2021).

Negli anni recenti, il ruolo del CN e dei SE è stato ribadito in diverse strategie promosse in ambito internazionale e nazionale. Ad esempio, nell'ambito dell'ONU, sia nella definizione degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (target 15.9), sia nel Piano Strategico 2011-2020 della Convenzione sulla Diversità Biologica (Aichi target 2). In ambito europeo, il principale riferimento è stata la Strategia per la Biodiversità al 2020 (2011, target 2, azione 5). Fra le molte altre iniziative per la protezione del CN si possono citare, senza pretesa di esaustività: il Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" (2012); il Piano per la salvaguardia delle risorse idriche (2012); la strategia sulle infrastrutture verdi "Rafforzare il capitale naturale in Europa" (2013). Recentemente, infine, la Commissione Europea ha adottato una nuova Strategia per la Biodiversità al 2030, e un piano d'azione associato (2020).

In attuazione dell'Agenda 2030, e in assonanza con gli obiettivi delle strategie europee, principalmente quelli di sottolineare la centralità del suolo per gli ecosistemi, e di ripristinare gli ecosistemi terrestri e marini, il Ministero dell'Ambiente ha sviluppato la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile 2017-2030, che si configura come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO₂, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'uso del suolo (CCN, 2018).

Appare ormai evidente come la contabilità delle dotazioni di SE sia basilare per sostenere la transizione verso sistemi socioeconomici resilienti, in grado di far fronte ai cambiamenti climatici, e al tempo stesso di dare risposta alle domande che provengono dalla società e da molte imprese (in particolare agricole) che si sono organizzate per consumare poche risorse ambientali e per valorizzarne l'uso ambientale ed energetico con filiere e circuiti corti, in ottica ecoterritoriale.

Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES, Mappatura e Valutazione degli Ecosistemi e dei loro Servizi) è stata un'iniziativa della Commissione europea e degli Stati membri dell'UE, con la collaborazione di politici e ricercatori, finalizzata ad aumentare la conoscenza degli ecosistemi e dei loro servizi, per l'attuazione dell'azione 5 dell'obiettivo 2 della Strategia per la Biodiversità al 2020. L'obiettivo 2 mirava infatti a mantenere e ripristinare gli ecosistemi e i loro servizi, includendo le infrastrutture verdi nella pianificazione territoriale. L'azione 5 intendeva, quindi, mappare e valutare lo stato e il valore economico degli ecosistemi e dei SE in tutto il territorio dell'UE, e promuovere il riconoscimento di tale valore nei sistemi di contabilità in tutta Europa.

Il gruppo di lavoro MAES, con il contributo di altri progetti europei quali ESMERALDA e INCA, ha fornito un quadro operativo per la valutazione degli ecosistemi dell'UE, e tutti gli Stati membri sono attualmente impegnati nella mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei SE sul loro territorio. Il quadro operativo, descritto in una serie di report tecnici, comprende i seguenti elementi:

- Un quadro concettuale per la valutazione degli ecosistemi, che collega gli ecosistemi e la biodiversità alle persone attraverso i SE e i driver di cambiamento (immagine successiva);
- Un quadro di valutazione per gli ecosistemi, in linea con il Sistema di contabilità ambientale-economica dell'ONU (System of Environmental-Economic Accounting - SEEA);
- Tipologie per la classificazione degli ecosistemi, delle pressioni, delle condizioni degli ecosistemi, e dei SE;
- Indicatori per la valutazione delle pressioni, delle condizioni, e dei servizi degli ecosistemi.

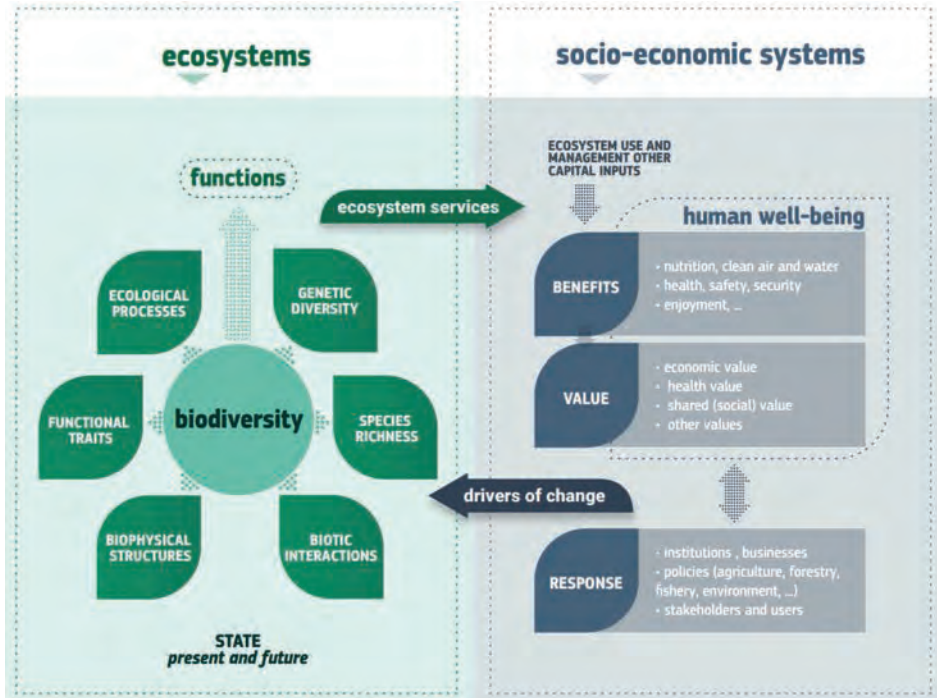


Fig. 4. Quadro concettuale per la valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi nell'UE (fonte: Maes et al., 2021).

Il progetto INCA (Accounting for Ecosystems and their Services in the EU) è stato un progetto pilota con la finalità di definire un sistema integrato di contabilità degli ecosistemi dell'UE (Vysna et al., 2021). Esso è servito per testare il primo manuale ONU sperimentale sulla contabilità degli ecosistemi (System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting, SEEA-EEA), pubblicato nel 2014, e i suoi risultati hanno contribuito alla stesura della versione rivista del manuale SEEA - Ecosystem Accounting (SEEA-EA), completata e adottata nel marzo 2021. Il progetto INCA ha dimostrato che la produzione di un'ampia gamma di conti degli ecosistemi, seguendo le linee guida del SEEA-EA, è fattibile, ed è possibile produrre informazioni coerenti e comparabili sugli ecosistemi e sui SE anche a scala dell'UE.

Nel quadro della contabilità degli ecosistemi, i SE sono il concetto che collega gli ecosistemi e le attività di produzione e consumo di imprese, famiglie e governi. Il progetto INCA ha valutato sette SE per l'anno 2012: fornitura di cibo e legname, impollinazione, sequestro del carbonio, protezione dalle alluvioni, purificazione delle acque, e attività ricreative. I conti dei SE sono prodotti in unità sia fisiche che monetarie.

I risultati del progetto INCA suggeriscono che il valore dei sette SE considerati ammontava a circa 172 miliardi di euro nell'UE nel 2012. I boschi fornivano il 47,5% del totale dei sette SE misurati, le aree agricole il 36%, le aree urbane meno dell'1%. Per unità di superficie, il valore dei SE offerti dai boschi

era quasi 9 volte superiore a quello dei SE offerti dalle aree urbane. La purificazione delle acque è risultato il SE con il valore aggregato più elevato (55,6 miliardi di euro all'anno), seguito dalle attività ricreative basate sulla natura (50,4 miliardi di euro all'anno). Quasi la metà dell'offerta totale dei sette SE era utilizzata dalle famiglie, dal settore secondario e dal settore terziario. L'agricoltura utilizzava il 38% dell'offerta totale di SE, per un valore di 64,7 miliardi di euro nel 2012. Le analisi del progetto INCA, comunque, si concludono riconoscendo che, a livello Europeo, più della metà della domanda sociale di SE essenziali non è attualmente soddisfatta dagli ecosistemi.

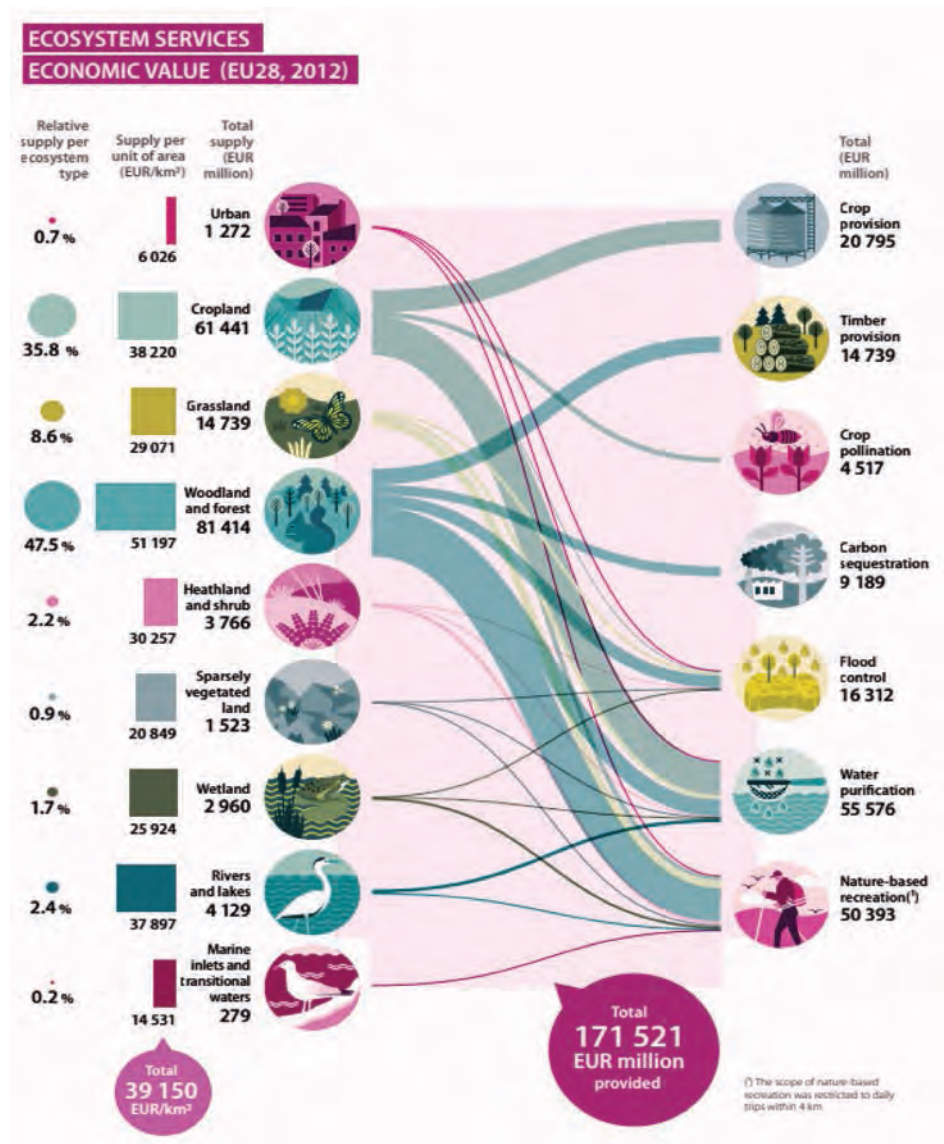


Fig. 5. Offerta di SE per l'UE-28 nel 2012 (fonte: Vysna et al., 2021).

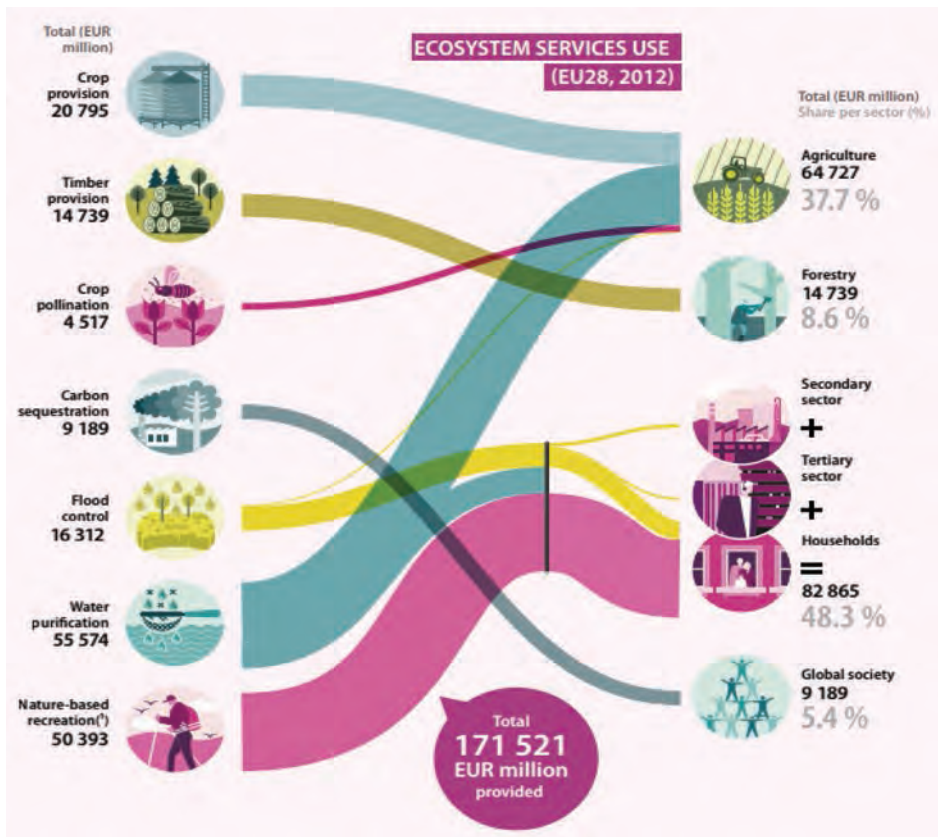


Fig. 6. Domanda di SE per l'UE-28 nel 2012 (fonte: Vysna et al., 2021).

Negli ultimi anni, il CN e i SE sono stati posti sempre più al centro dei tentativi crescenti di rivisitare i sistemi di contabilità nazionale. Se da un lato, infatti, la conoscenza del legame fra i SE e il benessere umano è ormai ben consolidata, dall'altro, l'impiego efficace – alle diverse scale istituzionali – delle informazioni sul CN all'interno dei sistemi contabili e decisionali è ancora tutto da costruire. A partire dalle crescenti critiche mosse ai sistemi di contabilità tradizionali e al PIL, è avvertita come sempre maggiore la necessità di nuove metodologie e strumenti funzionali alla misurazione del benessere e della ricchezza della società, attraverso modelli condivisi che non trascendano dalla rendicontazione del CN e dei SE.

In estrema sintesi, le politiche internazionali ed europee che riguardano il CN e i SE hanno tracciato alcuni passaggi chiave per la loro gestione, che possono essere così sintetizzati:

- Procedere ad una mappatura dei SE sui territori nazionali, valutandone i valori economici;
- Integrare il valore economico dei SE nei sistemi di contabilità e rendicontazione a livello di UE e di Stati membri;
- Promuovere l'impiego di strumenti finanziari innovativi, basati sul mercato, quali i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES).

Alcuni punti critici

Dall'analisi dei progetti internazionali e della letteratura recente sui SE emergono alcune questioni aperte la cui presa in considerazione è di utile riflessione al fine di integrare pienamente l'analisi dei SE all'interno di una strategia complessiva di riqualificazione e valorizzazione territoriale e di attivare sistemi di Pagamento per i Servizi Ecosistemici (PES) legati al progetto di territorio (Poli, Chiti e Granatiero, 2020). Di seguito i principali punti critici:

- *Separazione tra servizi ecosistemici e territorio.* La dimensione ecologica è un fattore interno alla generazione e alla continua rigenerazione del territorio. Gli esseri umani che beneficiano dei servizi ecosistemici non vivono immersi in una natura indistinta, ma appartengono a un sistema in gran parte trasformato che si autoriproduce ed evolve in stretta relazione con quello naturale. Non si tratta quindi di sistemi separati, ma di sistemi integrati, frutto della coevoluzione fra natura e cultura (Magnaghi, 2010). Il sistema insediativo, la struttura agricola, il paesaggio, la rete idrografica, le memorie sedimentate, i saperi contestuali caratterizzano il territorio, dotando quest'ultimo di aspetti peculiari dati proprio dall'interazione localizzata con i caratteri ambientali, non riproducibili a piacere. Il territorio è quindi una "seconda natura" trasformata e umanizzata. Non abitiamo la "natura", ma una "seconda natura" complessa e articolata. L'ecosistema "naturale" sta a fondamento della costituzione e della trasformazione di ciò che può essere definito "ecosistema territoriale" (Saragosa, 2001).
- *Servizio senza qualità paesaggistica e territoriale.* Considerare solo la funzione o il servizio senza interagire con la conformazione dei luoghi può essere rischioso. Pensando alle periferie costruite su base funzionale, tramite la quantificazione degli standard, e in assenza della componente sociale, si rischia di assumere una visione troppo "settoriale" che tende ad arrivare all'obiettivo (erogazione del servizio) senza considerare la qualità sociale ed estetica che ne può derivare. La mancanza di una visione integrata e complessiva del progetto locale può portare ad accettare qualsiasi soluzione purché essa risponda all'obiettivo dell'erogazione di un determinato servizio.
- *Settorializzazione.* I territori, l'agro-ecosistema, il paesaggio forniscono contemporaneamente più SE. Un'ottica multifunzionale consente di considerarli nella loro varietà (Malcevschi, 2010) così che, una volta riconosciuti e descritti, essi possono essere migliorati mantenendo il carattere fondamentale dell'integrazione.
- *Erogazione dei servizi senza mettere in discussione il modello di sviluppo.* Questo può portare a criticità e rischi che aumentano la dipendenza e lo sfruttamento di "forniture" esterne di risorse fondamentali. Territorializzare i flussi (dell'acqua del cibo, dell'energia, ecc.), ad esempio, in ottica territorialista, è una tensione progettuale fondamentale per minimizzare la criticità ambientali ed elevare la qualità della vita. Territorializzare i flussi significa fare i conti con il concetto di limite delle dotazioni locali e delle quantità di attivazio-

ni possibili di risorse senza mettere a repentaglio la complessità dello stock patrimoniale.

- Alla luce del concetto di bioregione urbana - intesa come tendenziale territorializzazione dei flussi, chiusura dei cicli, e gestione locale degli scambi fra più contesti e fra più bioregioni – i SE acquistano un valore rilevante, perché consentono di mettere in luce la dimensione dinamica del patrimonio territoriale, e apprezzare l'utilità sociale di un suo "buon uso".

Rispetto a quest'ultimo punto, appare indispensabile, anche se non praticabile in maniera esaustiva nel contesto di questa ricerca, integrare la valutazione dei SE con indicatori adeguati a valutare sia i limiti endogeni dei sistemi oggetto di valutazione, sia gli impatti delle attività umane su tali sistemi. Quello dei limiti e degli impatti umani sugli ecosistemi è un ambito di ricerca fondamentale, che necessita di ulteriori sforzi di indagine. In questo contesto, è possibile fare soltanto un accenno al tema, che sarà ripreso brevemente anche all'inizio della seconda parte.

Ciò che si vuole sottolineare è che, per affrontare le complesse interconnessioni fra i sistemi naturali e le attività umane (all'interno di cosiddetti "sistemi socio-ecologici"), e per individuare soluzioni efficaci alle sfide della sostenibilità, sono necessari approcci "olistici" che integrino vari aspetti delle relazioni fra le attività umane e la natura. Per questo, oltre a quello dei SE (che tentano di quantificare i contributi della natura ai benefici per gli umani), in anni recenti sono stati sviluppati e testati altri approcci che considerano aspetti differenti delle relazioni fra natura e società (Liu et al., 2015). Fra i più importanti si possono ricordare:

- Le *impronte ambientali*, che tentano di quantificare gli effetti negativi che le attività umane hanno sui sistemi naturali (ad esempio le risorse consumate e i rifiuti generati);
- I *confini planetari*, che tentano di quantificare i livelli soglia e i limiti per diversi componenti e processi chiave del sistema terrestre (ad esempio l'ozono stratosferico, l'acqua dolce, e il ciclo dell'azoto), oltre i quali il pianeta non può sostenere l'umanità in sicurezza;
- I *nessi umani-natura*, che tentano di analizzare le interdipendenze tra molteplici questioni chiave (ad esempio acqua, cibo, energia, terra o ecosistemi);
- Il "*telecoupling*", che tenta di analizzare le relazioni socioeconomiche e ambientali a distanza (ad esempio fra diverse località e regioni geografiche).

L'immagine successiva mostra alcuni esempi di SE (A), impronte ambientali (B) e confini planetari (C) (Liu et al., 2015). Le frecce verso l'esterno indicano un aumento dei valori registrati, a livello planetario, negli ultimi decenni; le frecce verso l'interno indicano una diminuzione, e le linee tratteggiate indicano dati non disponibili. In B e C, l'ombreggiatura verde interna rappresenta, rispettivamente, le impronte massime sostenibili, e lo spazio operativo sicuro per nove confini planetari; i cunei rossi si riferiscono alla posizione stimata per le variabili.

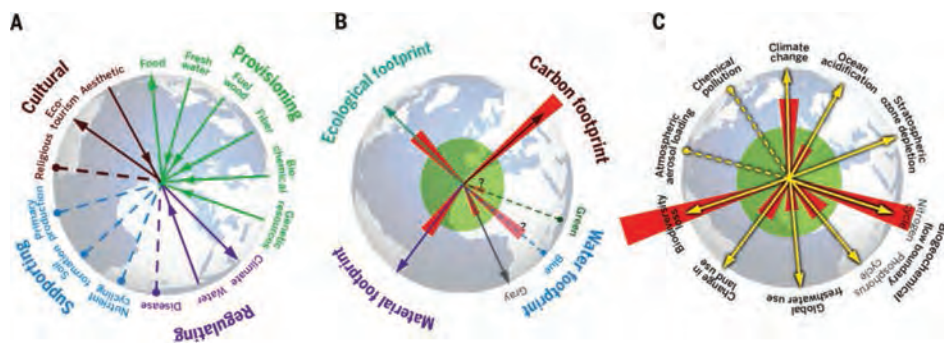


Fig. 7. Esempi di SE (A), impronte ambientali (B) e confini planetari (C) (fonte: Liu et al., 2015).

Il quadro concettuale dei *confini planetari* (“*Planetary Boundaries*”, PB) è basato sull’analisi dei principali processi critici che regolano il funzionamento dell’intero sistema Terra. Combinando l’attuale comprensione del funzionamento del sistema Terra con il principio di precauzione, il quadro dei PB identifica i livelli di perturbazione antropogenica al di sotto dei quali il rischio di destabilizzare il sistema Terra può rimanere controllato, delimitando così uno “spazio operativo sicuro” per la società globale (Rockstrom et al., 2009; Steffen et al., 2015). L’attuale livello di impatto antropogenico sul sistema Terra è valutato confrontando i valori attuali con i limiti proposti. Sono state proposte variabili per analizzare sette dei nove processi critici del sistema Terra identificati: *integrità della biosfera*; *cambiamenti di uso del suolo*; *sfruttamento di acqua dolce*; *cicli biogeochimici (di azoto e fosforo)*; *riduzione dell’ozono stratosferico*; *cambiamento climatico*; e *acidificazione degli oceani*. Non sono state ancora definite variabili per due processi critici identificati: *carico atmosferico di aerosol*; e *diffusione di nuovi inquinanti emergenti*. A livello globale, quattro processi critici superano il limite proposto per i livelli di perturbazione antropogenica: cambiamento climatico; integrità della biosfera; cicli biogeochimici; e cambiamenti di uso del suolo (Steffen et al., 2015).

Il quadro concettuale dei confini planetari è molto utile perché identifica i principali processi che regolano il funzionamento del sistema Terra, propone limiti quantitativi alla perturbazione antropogenica di tali processi, e definisce uno spazio operativo sicuro per le attività umane. Un aspetto che rende difficile la sua applicazione nelle politiche locali è il suo punto di vista globale. Infatti, spesso le decisioni riguardanti l’uso delle risorse naturali e la produzione di rifiuti ed emissioni sono prese a scala maggiore, dai governi nazionali e subnazionali, dalle imprese e da altri attori locali. Per rendere operativo il concetto dei *confini planetari*, dunque, essi dovrebbero essere “scalati” a questi livelli decisionali e allineati ad obiettivi rilevanti a queste scale (Haya et al., 2016; Fang et al., 2015)

Il quadro concettuale delle *impronte ambientali* fornisce indicatori per quantificare le pressioni delle attività umane sull’ambiente. Le impronte ambientali stimano o misurano l’uso delle risorse, o le emissioni di inquinanti (o entrambi

questi aspetti), da parte delle attività umane. La quantificazione delle impronte ambientali è basata sull'analisi dell'intero ciclo di vita dei processi e delle attività all'interno di una filiera (dal produttore al consumatore, e talvolta alla gestione dei rifiuti), e mira a fornire un quadro completo delle pressioni. Sono stati proposte tipologie diverse di *impronte ambientali*; ognuna si concentra su una particolare preoccupazione ambientale e misura l'appropriazione delle risorse o la produzione di inquinamento o rifiuti, o entrambi (Vanham et al., 2019). Tra i principali tipi di impronte ambientali si possono ricordare:

- L'impronta idrica, che misura il consumo di acqua dolce;
- L'impronta di carbonio, che misura l'emissione di gas serra nell'atmosfera;
- L'impronta territoriale, che misura la quantità di terreno necessaria per la fornitura di cibo, materiali, ed energia;
- L'impronta ecologica, che misura l'appropriazione di terreni, sia per produrre biomassa rinnovabile, sia per assorbire i rifiuti;
- L'impronta di azoto e fosforo, che misura l'uso di questi elementi, o la loro diffusione nei corpi idrici;
- L'impronta chimica, che misura tutte le sostanze chimiche rilasciate nell'ambiente;
- L'impronta materiale, che misura il consumo di tutte le materie prime estratte, come minerali, combustibili e biomassa.

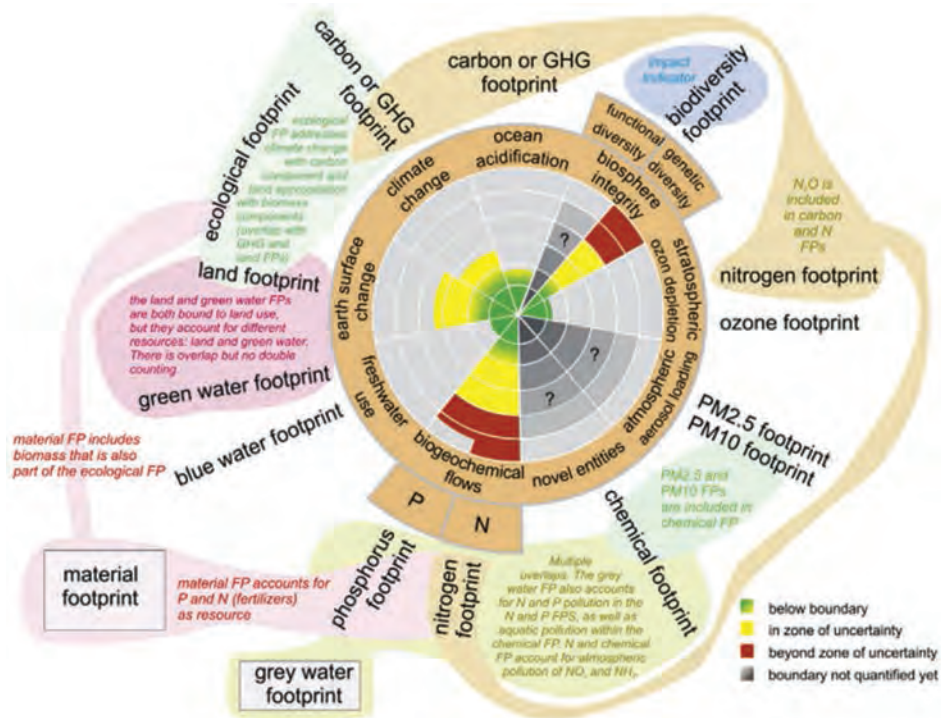


Fig. 8. Corrispondenza fra i confini planetari e le impronte ambientali (fonte: Vanham et al., 2019).

Appare evidente come esistano varie sovrapposizioni fra i diversi tipi di impronte ambientali. Allo stesso tempo, è interessante notare come ci sia complementarità fra le impronte ambientali - che misurano lo sfruttamento delle risorse e le emissioni umane - e i confini planetari - che misurano i livelli limite di perturbazione possibile. Le impronte ambientali possono essere utilizzate, infatti, per misurare quanto i processi del sistema Terra vengono disturbati dalle attività umane. In questo modo, l'analisi delle pressioni può consentire stime più accurate della vicinanza della società ai confini planetari, mentre, al contempo, la conoscenza dei confini planetari può aumentare la rilevanza politica delle impronte ambientali, fornendo stime della capacità rigenerativa e di assorbimento su scala globale. L'immagine successiva mostra la corrispondenza fra i confini planetari e le impronte ambientali (Vanham et al., 2019).

L'analisi completa di tutte queste dimensioni delle relazioni fra la società e l'ambiente va oltre gli scopi della presente ricerca. Però, al fine di sottolineare come sia importante mettere in relazione i flussi dei SE con i limiti delle dotazioni locali, nella parte seconda viene realizzato un calcolo dell'impronta ecologica degli Ambiti di Paesaggio della Toscana. Questo perché le politiche, a tutti i livelli, non dovrebbero solo cercare di minimizzare le impronte ambientali, ma dovrebbero anche assicurarsi che queste impronte rimangano entro i confini planetari. Un indicatore di stato o di impatto, infatti, non fornisce alcuna informazione sulla sostenibilità, a meno che non venga associato/messo in relazione con un valore di riferimento. Una valutazione simultanea delle impronte ambientali e delle relative soglie di capacità è pertanto di vitale importanza.

L'impronta ecologica è concepita per rappresentare l'appropriazione di terreni idealmente necessaria per sostenere una determinata popolazione. Permette di identificare, con un indicatore sintetico, da un lato la domanda umana di risorse naturali, e dall'altro la capacità dell'ambiente di fornire tali risorse, e di assorbire i rifiuti (sotto forma di emissioni di CO₂). L'impronta ecologica è infatti progettata in modo tale da essere comparabile con l'area bio-produttiva disponibile per una popolazione, definita "*biocapacità*". La differenza tra l'impronta ecologica e la biocapacità disponibile riflette il divario di sostenibilità di una popolazione (Borucke et al., 2013).

Nella seconda parte del rapporto, prima di definire e applicare la valutazione dei SE alle due aree di studio, la ricerca ha concentrato la propria attenzione sulla definizione della biocapacità e dell'impronta ecologica dei venti Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana.

La mappatura dei servizi ecosistemici

La mappatura dei SE costituisce un aspetto importante nell'ambito della governance e della gestione del CN in quanto consente di identificare a scala spaziale le aree ad alto potenziale di fornitura di SE, che necessitano di particolare tutela, e le aree con potenziale basso, che necessitano di interventi di miglioramento. La mappatura dei SE può inoltre essere utilizzata per l'analisi delle sinergie e dei

trade-off tra i SE (Marino et al, 2021), e per la quantificazione della domanda e dell'offerta, e delle loro variazioni (Burkhard et al, 2012), a diverse scale spaziali e temporali.

Anche se a livello internazionale non esiste una metodologia comune per quantificare la domanda e l'offerta di SE (Wei, 2017), la letteratura propone diversi approcci e strumenti operativi, da implementare a diversa scala spaziale. Trattasi di strumenti che presentano la caratteristica di poter essere adattati e trasferiti in contesti territoriali diversi da quelli in cui sono stati sperimentati.

Per mappare l'offerta di SE, vengono impiegati generalmente dati di telerilevamento, mentre in altri casi, si utilizzano dati empirici e statistici (Richards, 2015). L'impiego di cartografie di uso e copertura del suolo può dare molte informazioni inerenti all'offerta e alla domanda di SE (Burkhard et al, 2009; Haines-Young et al 2012), e nella letteratura scientifica trovano diverse applicazioni le matrici di Burkhard (2012, 2014), di Stoll (2015) e di Schirpke (2013), che si basano sul presupposto che ogni classe di uso e copertura del suolo ha una potenziale capacità di fornire determinati SE.

Per ottenere una quantificazione dell'offerta di SE più accurata, vengono spesso utilizzati diversi modelli e software, basati sui cambiamenti di uso e copertura del suolo, quali ad esempio ARIES (*ARTificial Intelligence for Ecosystem Services*), InVEST (*Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs*) e SOLVES (*Social Values for Ecosystem Services*). ARIES è uno strumento open source che consente di codificare dati ecologici e socioeconomici per mappare la fornitura, l'utilizzo e i flussi di SE attraverso l'impiego di sistemi informativi geografici (GIS). Attualmente questo software permette di stimare i seguenti SE: sequestro di carbonio, regolazione delle inondazioni, regolazione dell'erosione costiera, fornitura di acqua dolce, regolazione dei sedimenti, pesca di sussistenza, valore estetico e valore ricreativo. Il software InVEST comprende quindici modelli che analizzano diversi processi che avvengono negli ecosistemi terrestri e marini, e che sono alla base della stima dei SE, mentre SOLVES è uno strumento funzionale a valutare, mappare e quantificare i valori sociali percepiti dei SE, come l'estetica e la ricreazione.

Oltre a questi strumenti software, la stima dell'offerta di SE può essere effettuata attraverso l'impiego di indicatori biofisici selezionati in funzione della disponibilità e della possibilità di reperimento dei dati, che rappresentano le questioni dirimenti nella valutazione dei SE.

Per quanto riguarda la valutazione economica dei SE, l'estimo ambientale fornisce diverse metodologie per stimare diversi valori di uso (diretto, indiretto, di lascito, di esistenza) attribuibili ai beni ambientali, che complessivamente costituiscono il loro Valore Economico Totale (VET). Nella tabella successiva sono riportate alcune delle tecniche di valutazione economica dei SE utilizzate nell'ambito del Progetto LIFE MGN (LIFE11 ENV/IT/000168), che costituisce, a livello nazionale, uno dei principali progetti sullo studio e l'analisi dei SE (Schirpke, 2014).

Tab. 1. Tecniche più comuni di valutazione del Valore Economico Totale (fonte: Schirpke, 2014)

Metodi	SE valutabili	Componenti del Valore Economico Totale
Tecniche dirette di mercato quando è possibile definire un valore di scambio (commerciale)	<ul style="list-style-type: none"> • Servizi di produzione (es. legname, altre materie prime, selvaggina, funghi) 	Valore d'uso diretto
Tecniche indirette di mercato si stimano i costi evitati (dei danni potenziali) o costi di sostituzione (di alternative ingegneristiche), oppure i costi che un soggetto affronta per godere del servizio (costi di viaggio, prezzo edonico).	<ul style="list-style-type: none"> • Servizi di regolazione (es. impollinazione, protezione dalle inondazioni) 	Valore d'uso indiretto
Tecniche non di mercato, es. valutazione contingente utilizzo di scenari ipotetici per valutare (attraverso	<ul style="list-style-type: none"> • Servizi di regolazione (es. auto-depurazione delle acque) 	Valore d'uso

Nella tabella successiva sono riportate alcune delle buone pratiche contenute negli Handbook n.1, n.2, e n.3 del Progetto Europeo Interreg PROGRESS (*PROMoting the Governance of Regional Ecosystem Services*), implementate nei sei paesi partner del progetto (Irlanda, Spagna, Italia, Lettonia, Romania, Ungheria), che hanno come oggetto principale il tema dei SE. Alcune di queste buone pratiche sono incentrate soprattutto sulla promozione di metodologie (NEES Mapping Pilot, ESAM) e strumenti innovativi (SITxell, Catalonia Forest Laboratory) per la mappatura, la quantificazione e la valutazione dei SE.

Fra queste, SITxell, Catalonia Forest Laboratory, ESAM, unitamente alla buona pratica “*Introducing airborne imaging technologies in forest management near the Drava River*” sono state considerate di particolare interesse per la Regione Toscana, analizzate singolarmente, ed oggetto di un rapporto tecnico predisposto ed inviato da CURSA ad Anci Toscana. Il rapporto contiene proposte ed indicazioni per il trasferimento di alcune buone pratiche a livello regionale per realizzare azioni finalizzate a perseguire gli obiettivi strategici del Programma Regionale di Sviluppo (PRS).

Tab. 2. Metodologie per la stima dei SE riportate nel Progetto Interreg Progress (I contenuti di questa tabella sono ripresi dal lavoro svolto dal Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA) nell'ambito del progetto Progress finanziato dal programma Interreg Europe con l'obiettivo di individuare strumenti governance da implementare nel Piano di Sviluppo Regionale della Regione Toscana, fonte: Marino et al., 2022)

Denominazione della BP	Descrizione della BP	Metodologia/approccio impiegato	Area di applicazione
National Ecosystem and Ecosystem Service Mapping Pilot for a Suite of Prioritized Services (NEES Mapping Pilot)	La BP consiste nello stabilire un quadro di valutazione dei SE per implementare la Strategia dell'UE sulla biodiversità coerentemente con quanto definito dal MAES (<i>Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services</i>) .	Il NEES <i>Mapping Pilot</i> ha sviluppato un “ <i>National Habitat Asset Register</i> ” per quantificare e mappare i SE in Irlanda. L' <i>Habitat Asset Register</i> racchiude, in un unico set di dati, informazioni sugli habitat prioritari a scala nazionale.	Irlanda

<p>SITxell: Territorial Information System for the Network of Open Areas in the province of Barcelona</p>	<p>SITxell è un sistema di analisi territoriale utilizzato per analizzare e valutare le aree non urbane della Provincia di Barcellona. Le informazioni relative a SITxell sono messe a disposizione delle autorità, comuni e dipartimenti della Catalogna per supportare i processi di pianificazione territoriale urbana e regionale. SITxell è stato di supporto alla realizzazione del Piano Metropolitan di Barcellona ed alla valutazione ambientale strategica e si presta ad essere utilizzato nell'ambito dei grandi progetti infrastrutturali. Il sistema informativo inoltre fornisce indicazioni ecologiche per la misurazione dei costi e dei benefici dei SE derivanti dall'utilizzo del suolo.</p>	<p>SITxell è costituito da <i>Moduli ambientali</i> che consentono di visualizzare diversi layers e cartografie (Geologia, idrologia, flora, vegetazione e habitat, fauna, ecologia del paesaggio, patrimonio culturale) e <i>Moduli di Uso del Suolo</i> che includono diversi strati informativi legati agli aspetti socioeconomici, alla pianificazione urbana, alle normative, alle infrastrutture di trasporto e servizi tecnici. Ad ogni layers è associato un file di metadati contenente informazioni geografiche. SITxell può essere applicato a scala: <i>i) Comunale, ii) Rete dei Parchi Naturali, iii) Regionale.</i></p>	<p>Catalogna</p>
<p>LIFE Ecosystem Services: Ecosystem Services Assessment Methodology (ESAM)</p>	<p>La metodologia ESAM, sviluppata nell'ambito del Progetto LIFE <i>Ecosystem Services</i> ed in conformità con le migliori pratiche dell'UE, si pone l'obiettivo di migliorare la pianificazione delle aree costiere in Lettonia e dei territori del Mar Baltico. La metodologia, che si presta ad essere utilizzata anche nelle aree diverse da quelle costiere e potenzialmente trasferibile in altri contesti dell'UE, consente nel suo complesso di: stimare gli investimenti per la protezione dell'ambiente, fornire scenari di sviluppo territoriale, attribuire un valore economico ai SE, valutare il ritorno degli investimenti nella conservazione degli ecosistemi, stimare il danno ambientale, valutare la gestione degli ecosistemi rispetto all'uso del suolo, aumentare la consapevolezza dell'importanza e dei benefici derivanti dalla fornitura dei SE</p>	<p>La metodologia ESAM è costituita da 22 indicatori utilizzati per quantificare i SE forniti dalle aree costiere del Mar Baltico. Per la valutazione economica sono stati utilizzati il Metodo del prezzo di mercato; Metodo del costo del viaggio ed il Metodo del Benefit Transfer che hanno consentito di attribuire un valore economico ai SE (€/ha).</p>	<p>Due aree costiere: Saulkrasti e Jaunkemeri. Mar Baltico (Lettonia)</p>

<p>Guidelines for assessing soil ecosystem services in urban environment and their management.</p>	<p>La BP è costituita dalle linee guida, redatte nell'ambito del Progetto SOS4LIFE (LIFE15 ENV/IT/000225) per la valutazione e la gestione dei SE del suolo negli ambienti urbani. L'obiettivo della BP consiste nel dimostrare come i suoli urbani, anche se modificati dalle attività umane, svolgono la stessa funzione dei suoli naturali in termini di fornitura dei SE. La mappatura degli ecosistemi pedologici e la stima della perdita economica (in termini di fornitura di SE) dovuta all'impermeabilizzazione del suolo, possono risultare funzionali a migliorare la Pianificazione urbanistica.</p>	<p>La metodologia si basa su dati pedologici standard e altre informazioni esistenti disponibili nelle banche dati regionali. Questi dati sono stati utilizzati per quantificare ed attribuire un valore economico ai seguenti SE (habitat potenziale per gli organismi, capacità tampone, regolazione del microclima, stoccaggio di carbonio, produzione di biomassa, fornitura di acqua, regolazione dell'acqua). La metodologia inoltre prevede un indice di qualità globale del suolo basato sui SE considerati. L'indice è attualmente in fase di implementazione in un Sistema informativo funzionale alla valutazione ed al monitoraggio del consumo di suolo ed i relativi impatti nei comuni dell'Emilia-Romagna.</p>	<p>Comuni di Carpi, Forlì e San Lazzaro di Savena</p>
<p>Forest Ecosystem Services Mapping and Assessment Methodology (FESMAM)</p>	<p>La FESMAM è stata impiegata per mappare e valutare i SE forniti dalle foreste nonché studiare i cambiamenti nella fornitura di questi servizi nel tempo anche a seguito di interventi di gestione forestale. La metodologia si appresta ad essere trasferita in altri contesti che presentano caratteristiche forestali simili a quelle presenti in Lettonia. La FESMAM verrà integrata nel sistema decisionale della JSC "Foreste demaniali della Lettonia" per facilitare la pianificazione e la gestione forestale.</p>	<p>La FESMAN utilizza CICES per la classificazione dei SE mentre per l'analisi spaziale il modello a matrice sviluppato da Burkhard (2009, 2012, 2014). Durante il programma di ricerca <i>"Impact of forest management on ecosystem services from forests and related ecosystems"</i> sono stati sviluppati 33 indicatori per valutare i SE di approvvigionamento, regolazione e culturali.</p>	<p>Lettonia</p>

Catatonia Forest Laboratory	Il Laboratorio Forestale Catalano è stato creato in accordo con il CREAM e CTFC per rendere disponibili in modo gratuito a ricercatori, studenti, enti pubblici dati ed informazioni riguardanti le aree forestali della catalogna. I dati elaborati dal Laboratorio sono funzionali a facilitare gli studi, migliorare la conoscenza e la gestione del territorio e fornire un supporto decisionale ai decisori pubblici.	I dati di base, provenienti dall'Inventario Forestale Nazionale e dal Lidar, sono stati processati dal CREAM e dal CTFC e resi disponibili su un portale dove è possibile scaricare dati ed alcune App quali: <i>Deboscet, Catdrought, Meteoland, Allometr, lfn, Fes, Lidar</i>	Catalogna
-----------------------------	--	---	-----------

Come ulteriore esempio di metodi di mappatura e valutazione dei SE, per il contesto italiano, è utile fare riferimento al quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia (CCN, 2021), in cui sono stati analizzati dodici servizi ecosistemici e la loro variazione tra il 2012 e il 2018.

I risultati, da interpretare con cautela per la natura sperimentale e per l'eterogeneità dei metodi e dei significati delle stime, indicano, a distanza di sei anni, diminuzioni nel flusso di alcuni dei SE analizzati, e tali perdite si riflettono quasi sempre negativamente sui valori economici da essi dipendenti. Questi risultati forniscono quindi un'idea del degrado degli ecosistemi e della conseguente perdita dei SE fruiti dal sistema socioeconomico.

La tabella successiva riassume i SE valutati nel Quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, con una sintetica definizione, il metodo usato per le valutazioni biofisiche, e per quelle monetarie. Le analisi condotte per questo rapporto sono state considerate come una base coerente per la nostra ricerca.

Tab 3. SE valutati nel quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia (fonte: rielaborazione da CCN, 2021)

Servizio	Definizione	Stima biofisica	Stima monetaria
Fornitura di biomassa legnosa	Il contributo ecologico alla produzione di legname che può essere raccolto e utilizzato come materia prima	All'interno della superficie forestale complessiva si considera il valore dell'incremento annuale netto (<i>NAI</i> , net <i>annual</i> increment) del legno forestale	La valutazione economica del flusso effettivo consiste nell'applicare un valore monetario unitario alla quantità stimata in termini fisici, il NAI

Fornitura di biomassa agricola	Il contributo ecologico alla crescita di colture coltivate	La valutazione biofisica si basa sulla costruzione di un coefficiente che cerca di slegare ed evidenziare la componente ecologica della crescita della biomassa agricola dissociandola dalla componente umana, attraverso un approccio basato sull' <i>energia</i> dei prodotti	La valutazione economica del flusso effettivo consiste nell'applicare un valore monetario unitario all'uso stimato in termini fisici
Fornitura di biomassa ittica da pesca	La pesca si configura come una forma di sfruttamento della produttività degli ecosistemi mediante il prelievo di risorse ittiche	Viene considerato il servizio associato al prelievo della pesca proveniente dagli ecosistemi marino-costieri sfruttati dalla flotta nazionale nel Mediterraneo	I dati considerati rappresentano i valori di produzione ittica (sbarcati) espressi in termini biofisici (tonnellate) e monetari (euro) riportati da EURO-STAT
Disponibilità Idrica	Il servizio offerto dagli ecosistemi in termini di disponibilità di acqua è valutato in termini di volume infiltrato per ciascun anno	La stima per l'Italia è effettuata sulla base delle valutazioni del modello di bilancio idrologico BIGBANG 4.0	È stato applicato un metodo basato sulla "Resource Rent" (rendita della risorsa), che aiuta a stimare il valore monetario da attribuire al servizio di erogazione dell'acqua
Impollinazione	L'impollinazione delle colture da parte di insetti selvatici e altri animali è un servizio ecosistemico intermedio di regolazione da cui dipende la fecondazione e la produttività agricola	Il modello ARIES calcola la capacità dell'ambiente di sostenere gli insetti selvatici impollinatori, in funzione dell'attività di foraggiamento dell'insetto, e dell'habitat suitability, che dipende a sua volta dall'idoneità alla nidificazione, dalla disponibilità floreale e della vicinanza all'acqua	Può essere stimata come quota della produzione agricola attribuibile al flusso di impollinazione, e in termini monetari calcolata moltiplicando l'output dell'uso del servizio con il prezzo del produttore per diverse colture
Regolazione del Regime Idrologico	La capacità del suolo di immagazzinare e rilasciare acqua mitiga le piogge eccessive riducendo da un lato il rischio di inondazioni e dall'altro consentendo rilasci di acqua lenti verso i corpi idrici superficiali, sostenendone il deflusso di base	La stima per l'Italia è effettuata sulla base delle valutazioni del modello di bilancio idrologico BIGBANG 4.0	Le stime monetarie sono basate sui valori disponibili in letteratura: gli studi principali riportano valori per la costruzione di invasi o direttamente valori per metro cubo ovvero valori di mercato attraverso i costi del servizio di irrigazione

Purificazione delle acque	La capacità degli ecosistemi di regolare i nutrienti contenuti nell'acqua, e di purificarla dai contaminanti	La valutazione proposta considera la capacità biofisica di naturale attenuazione attraverso un indice sintetico (valori tra 0 e 1) derivato dagli strati informativi disponibili per l'Europa	Il valore monetario ad ettaro del servizio, che in questo contesto corrisponde a costi di ripristino e spese difensive, viene moltiplicato per il valore dell'indice biofisico
Regolazione del rischio allagamento	La capacità della vegetazione e del suolo di trattenere il deflusso in eccesso da precipitazioni	Il modello ARIES valuta e mappa il servizio attraverso l'individuazione di aree a maggior rischio di alluvione	La metodologia adottata per la valutazione economica utilizza diverse funzioni di danno stimate per diverse classi di copertura e uso del suolo
Protezione dall'erosione	L'erosione idrica del suolo è un fenomeno naturale estremamente complesso e inevitabile, parte integrante del processo di modellamento della superficie terrestre, ma può essere accelerata dalle attività umane, in particolare da quelle agro-silvo-pastorali	La metodologia comunemente utilizzata fa riferimento all'equazione universale di perdita di suolo USLE e alla sua versione rivista RUSLE	Per l'attuale stima ci si è orientati verso i valori della metanalisi di Görlach et al. (2004), dove sono considerati per l'Europa, sia i costi privati che quelli sociali, riferiti al costo dei danni causati da inondazioni e smottamenti, al costo di trattenere il terreno sul sito, ai costi di insabbiamento di dighe e canali e ai costi dovuti alla rimozione dei sedimenti
Qualità degli habitat	Consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico del territorio in quanto la biodiversità è strettamente connessa con la produzione di tutti i servizi ecosistemici	Per la valutazione del servizio ecosistemico è stato utilizzato il software InVEST e in particolare il modello Habitat Quality	Il valore economico in questo caso non viene stimato perché, essendo rappresentativo della predisposizione per una determinata porzione di territorio ad ospitare specie sia animali che vegetali, influisce su tutti gli altri servizi ecosistemici e sui relativi valori economici

Sequestro e Stoccaggio di Carbonio	Assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato	La valutazione di questo servizio di regolazione viene effettuata con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia d'uso/copertura del suolo	Il costo sociale del carbonio (Social Cost of Carbon, SCC) è calcolato dagli economisti per stimare il valore monetario di una unità incrementale di emissione di carbonio, utile alla valutazione delle politiche climatiche
Turismo ricreativo basato sulla natura	L'approccio intende identificare il servizio ecosistemico ricreativo basato su attività turistica in aree di alto pregio naturalistico in particolare le aree protette	Le principali caratteristiche del modello sono: si considera solo turismo degli stranieri; che tutti i turisti 'naturalisti' si reclinano in aree protette, non sono considerate altre destinazioni turistiche basate sulla natura; si utilizza consapevolmente un dataset incompleto	Valore monetario del Turismo basato sulla Natura (VTN) = $A \cdot B \cdot C$ dove [A] = spesa totale del turismo inbound, [B] = frazione di turismo legato ad attività di svago (%), [C] = frazione del turismo basato sulla natura (%)

La scelta dei SE da sottoporre a valutazione nell'ambito della nostra ricerca è stata compiuta all'interno dei dodici già selezionati per le analisi nazionali. Fra questi, nove sono stati mappati e valutati a livello comunale nei territori di sperimentazione della ricerca: *fornitura di biomassa legnosa, fornitura di biomassa agricola, disponibilità idrica, regolazione del rischio di allagamento, protezione dall'erosione, regolazione del regime idrologico, purificazione delle acque, sequestro e stoccaggio di carbonio, turismo ricreativo.*

Questi appaiono, a nostro avviso, e in seguito al confronto con gli attori locali, i SE più rilevanti prodotti nelle aree montane della Toscana. Rispetto ai dodici SE valutati nel Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, tre non sono stati presi in considerazione: fornitura di biomassa ittica, perché poco rilevante; impollinazione, perché di difficile e incerta valutazione; e qualità degli habitat, perché considerato come la "predisposizione di una determinata porzione di territorio ad ospitare specie sia animali che vegetali, influisce su tutti gli altri SE e sui relativi valori economici", e forse può essere più propriamente considerato come il prerequisito per tutti gli altri SE, ed essere oggetto di analisi più approfondite, da condursi nel contesto dello studio delle condizioni degli ecosistemi.

Le metodologie adottate nella nostra ricerca per la mappatura e la valutazione dei SE, presentate nella parte seconda, sono state scelte coerentemente con quelle proposte a livello nazionale.

Il sistema di contabilità ambientale SEEA-EA

Nella statistica ufficiale, l'attenzione rivolta al CN è in continua crescita. A livello internazionale, l'attenzione alla descrizione statistica della natura, e della sua interazione con le attività umane, ha portato allo sviluppo della disciplina della contabilità del capitale naturale. Attraverso la presentazione rigorosa e coerente dei collegamenti tra economia e ambiente, la contabilità del CN fornisce informazioni essenziali per i settori pubblico e privato. Lo sviluppo di tale disciplina è presidiato dallo UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting (UNCEEA), istituito dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite nel 2005.

I due principali ambiti di lavoro dell'UNCEEA corrispondono ai due manuali del System of Environmental-Economic Accounting (SEEA), che contengono le definizioni e le metodologie alle quali occorre attenersi per mantenere la comparabilità internazionale: il "Quadro Centrale" (SEEA-CF), adottato come standard statistico internazionale, e i "Conti degli Ecosistemi" (SEEA-EEA e poi SEEA-EA).

Questi due ambiti forniscono un quadro comune per l'organizzazione e la presentazione di stime e statistiche sull'ambiente, descrivendo il suo rapporto con la sfera economica. L'inserimento delle statistiche ambientali in un quadro contabile aumenta notevolmente la loro utilità per le politiche, consentendo la comparabilità internazionale, la replicabilità nel tempo e l'integrazione diretta con i conti nazionali esistenti. Questo colma un'importante lacuna nelle statistiche ufficiali: i principali indicatori economici (come il PIL), infatti, forniscono informazioni sullo stato dell'economia, ma omettono il ruolo cruciale della natura. Integrando beni e servizi ambientali con i dati sull'attività economica e su altre attività umane, il SEEA amplia la prospettiva e permette di considerare equamente la natura nelle decisioni.

Il Quadro Centrale (SEEA-CF), parte dai settori economici ed esamina il modo in cui le risorse naturali (pesca, legname, acqua, etc.) vengono utilizzate nella produzione e nel consumo, così come il conseguente inquinamento sotto forma di rifiuti, acque reflue ed emissioni atmosferiche.

Le interazioni tra natura ed economia, però, si estendono oltre l'estrazione e l'uso delle risorse naturali, e l'inquinamento associato. I Conti degli Ecosistemi (SEEA-EA) completano il quadro centrale assumendo la prospettiva degli ecosistemi e del loro contributo al benessere umano sotto forma di SE.

Prima di essere approvati come standard ufficiale, i conti degli ecosistemi sono emersi nel marzo 2013 come componente innovativa e sperimentale della contabilità del CN (SEEA-EEA, Experimental Ecosystem Accounts), proponendosi di completare il quadro conoscitivo, aggiungendo alla conoscenza degli stock di risorse anche quella delle stime sui flussi. Sono stati poi sottoposti a revisione, dopo varie esperienze di applicazione operativa, per poi essere adottati come standard ufficiale dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite nel

marzo 2021 (UNSD, 2021). I conti degli ecosistemi sono già stati utilizzati per informare le politiche in più di 40 paesi, tra cui l'Italia, con i quattro Rapporti sul Capitale Naturale.

Sebbene il CN e i SE non siano ancora soggetti a una misurazione completa ed esaustiva, o a una contabilità "ufficiale", all'interno dei sistemi informativi nazionali e regionali sono disponibili molti degli elementi necessari. Inoltre, lo sviluppo di un sistema contabile e statistico organico e completo è adesso molto favorito dalla revisione e adozione delle indicazioni metodologiche internazionali.

Il SEEA-EA è concepito come una serie integrata e coerente di conti, la cui implementazione può essere flessibile e modulare. Una delle caratteristiche distintive del SEEA-EA è il suo approccio spaziale, poiché i benefici derivanti dagli ecosistemi dipendono intrinsecamente dalla loro localizzazione. La focalizzazione spaziale aiuta a identificare l'ubicazione delle risorse e dei SE, così come dei loro beneficiari specifici (famiglie, imprese e istituzioni). Le tavole contabili sono quindi comunemente integrate con mappe.

L'essenza della contabilità degli ecosistemi consiste nel rappresentare l'ambiente biofisico in termini di aree spaziali distinte che rappresentano ciascuna un tipo specifico di ecosistema. Per ogni area territoriale, la contabilità ecosistemica comporta la registrazione su un periodo contabile:

- Dello stock e delle variazioni dello stock di ciascun ecosistema, comprese voci relative al miglioramento o degrado;
- Dei flussi dagli ecosistemi sotto forma di SE.

I principi per la contabilità degli stock e dei flussi possono essere utilizzati per organizzare dati espressi sia in termini fisici che monetari. Il SEEA-EA prevede cinque conti degli ecosistemi, fortemente interconnessi, e che forniscono una visione completa e coerente degli ecosistemi e delle loro interrelazioni con i sistemi economici:

1. Il conto dell'estensione;
2. Il conto delle condizioni;
3. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini fisici;
4. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini monetari;
5. Il conto degli asset ecosistemici in termini monetari.

Esiste una stretta corrispondenza tra il conto dell'estensione degli ecosistemi, e il conto delle condizioni degli ecosistemi, incentrato sulla descrizione delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. Questi due conti sono poi a loro volta collegati al conto dei flussi di SE in termini fisici, poiché le caratteristiche degli ecosistemi influenzano chiaramente la fornitura dei SE, e da quest'ultimo si passa al conto dei flussi di SE in termini monetari, attraverso l'attribuzione di un valore economico ai flussi in termini fisici. Attualizzando il flusso monetario atteso di SE si ottiene, infine, il conto finale degli asset ecosistemici.

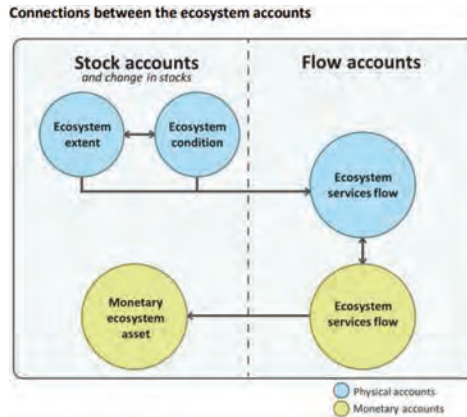


Fig. 9. I conti degli ecosistemi (fonte: UNSD, 2021)

I conti ecosistemici sono più informativi quando non sono condotti come studi irregolari, una tantum, o a breve termine, poiché questo tipo di studi non permette la misurazione di tendenze a lungo termine, e quindi la progettazione e il monitoraggio di risposte politiche. Piuttosto, in linea con la preparazione dei dati socioeconomici, si richiede che, progressivamente, possano essere stabilite serie a lungo termine di dati di contabilità degli ecosistemi.

I conti dell'estensione degli ecosistemi organizzano i dati sulla superficie o dimensione dei diversi tipi di ecosistema. Il punto di partenza per la contabilità degli ecosistemi, infatti, sono le informazioni sull'estensione dei diversi tipi di ecosistema all'interno di un territorio, e su come tale estensione cambia nel tempo. I dati sulle dimensioni e le variazioni di dimensione degli ecosistemi sono registrati in tabelle contabili e la loro posizione e configurazione è presentata in mappe. Comprendere le dimensioni e l'ubicazione degli ecosistemi supporta la misurazione delle condizioni degli ecosistemi e la misurazione e la valutazione di molti SE, i cui flussi variano da ecosistema a ecosistema.

In linea di principio, delineare i confini tra gli ecosistemi, e valutare i cambiamenti nel tempo, è possibile attraverso valutazioni complete e regolari da parte di ecologi sul campo. In pratica, spesso, i costi elevati delle valutazioni sul campo implicano che la mappatura dei diversi tipi di ecosistema sia realizzata utilizzando dati ottenuti dal telerilevamento. Ove disponibili, possono essere utilizzate mappe già esistenti degli ecosistemi. Oppure, mappe degli ecosistemi possono essere generate utilizzando informazioni sulla copertura del suolo, sul clima, sulla morfologia e altre caratteristiche pertinenti. Come opzione finale, può essere necessario utilizzare il singolo dato della copertura del suolo per fornire una prima delimitazione degli ecosistemi.

I conti delle condizioni degli ecosistemi organizzano i dati sulle caratteristiche degli ecosistemi e sulla distanza da una condizione di riferimento, per fornire informazioni sulla loro integrità e qualità, in relazione alla loro composizione, struttura e funzionalità, e in termini di caratteristiche e proprietà delle principali

componenti abiotiche e biotiche (acqua, suolo, topografia, vegetazione, habitat, specie, etc.). L'organizzazione delle informazioni biofisiche sulla condizione dei diversi tipi di ecosistema è la caratteristica centrale della contabilità degli ecosistemi.

I conti delle condizioni dell'ecosistema sono comunemente compilati per tipo di ecosistema perché ogni tipo ha caratteristiche distinte. Nei conti delle condizioni possono essere valutati una vasta gamma di indicatori specifici per ogni tipo di ecosistema. Per ogni tipo di ecosistema, inoltre, dev'essere fornito un livello di riferimento, rispetto al quale confrontare i valori degli indicatori nel tempo.

I conti delle condizioni degli ecosistemi si propongono di utilizzare e integrare i dati provenienti da diversi sistemi di monitoraggio, ad esempio in materia di biodiversità, qualità delle acque e proprietà dei suoli, etc. L'intenzione dei conti delle condizioni degli ecosistemi è quindi quella di organizzare e sintetizzare, piuttosto che sostituire, i sistemi di monitoraggio esistenti.

I conti di flusso dei servizi ecosistemici (in termini fisici) registrano i flussi di servizi finali forniti dagli ecosistemi alle unità economiche, ad esempio imprese, governi e famiglie, durante un periodo contabile, utilizzando tabelle "supply-use". I conti dei SE consentono, inoltre, anche la registrazione dei flussi di servizi intermedi tra gli ecosistemi.

I SE sono distinti dai beni e servizi prodotti, ossia sono registrati come i contributi degli ecosistemi alla produzione di tali beni e servizi. Infatti, i SE sono stati definiti nel SEEA-EA come "il contributo degli ecosistemi ai benefici che vengono utilizzati nelle attività economiche e in altre attività umane". I flussi di SE possono essere flussi fisici diretti, come i pesci rimossi da un ecosistema marino, ma possono anche essere flussi indiretti, come il controllo delle alluvioni. Ogni ecosistema fornisce un insieme o un fascio di SE.

Le tabelle *supply-use* sono tavole contabili che registrano i flussi di SE in unità fisiche quali metri cubi e tonnellate (poi in unità monetarie). Un principio fondamentale della struttura delle tabelle *supply-use* è che l'offerta e l'uso dei SE è uguale durante un periodo contabile, anche se si deve sempre tenere conto di esportazioni e importazioni di SE.

Una tabella *supply-use* è compilata per un periodo contabile, che tipicamente dovrebbe essere di un anno. Idealmente, dovrebbe essere compilata una lunga serie temporale di tabelle *supply-use*, per consentire l'analisi dei cambiamenti nell'offerta e nella domanda di SE nel tempo, ma inizialmente può essere più pratico compilare tabelle una volta ogni tre o cinque anni per consentire lo sviluppo di metodi ed esperienze.

C'è inoltre un notevole interesse nella presentazione dei dati sull'offerta e la domanda dei SE nella forma di mappe. La sovrapposizione delle mappe di diversi SE può fornire informazioni sui luoghi che potrebbero essere considerati "hot spot" di SE.

I conti di flusso dei servizi ecosistemici (in termini monetari) si basano su una stima dei prezzi dei singoli SE, moltiplicati per le quantità fisiche registrate nei conti dei flussi dei SE in termini fisici.

Assegnare ai SE un valore in termini monetari ha lo scopo di ampliare l'insieme delle informazioni disponibili, facendo sì che il contributo degli ecosistemi alle unità economiche non venga sottovalutato o ignorato nelle decisioni pubbliche e private, facilitando e migliorando le decisioni dal punto di vista della razionalità economica di lungo periodo.

I conti di flusso dei SE in termini monetari forniscono una stima monetaria del flusso di SE durante il periodo contabile, e siccome la maggior parte dei SE sono beni pubblici, privi di un mercato in grado di fornire riferimenti di prezzo chiari, il loro valore deve essere spesso stimato utilizzando tecniche di valutazione economica alternative.

La determinazione del valore economico dei SE richiede una ridefinizione della nozione stessa di valore economico, rispetto a quella degli attuali sistemi di contabilità. Infatti, in questi ultimi è consolidato il riferimento al valore di mercato di beni e servizi, ma esso non può essere il riferimento per quanto riguarda i SE. L'ampliamento della prospettiva richiede l'adozione e l'integrazione di metriche diverse, basate su prezzi non di mercato (prezzi ombra, considerati capaci di rappresentare il benessere o valore sociale), oppure sul collegamento tra grandezze fisiche che rappresentano i valori non esprimibili in termini monetari, e grandezze monetarie di tipo tradizionale (basate sui valori di mercato).

I conti dei SE, inoltre, registrano spesso solo il loro valore d'uso per le unità economiche, che ovviamente non esaurisce il valore incommensurabile della natura.

Il quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia presenta due necessarie precisazioni per quanto riguarda i valori monetari:

- La determinazione del "valore economico del SE" è possibile tramite l'utilizzo della cosiddetta "*resource rent*" (rendita della risorsa), data da quella parte del valore di scambio dei prodotti generati facendo uso del SE che non è spiegata da altri fattori produttivi, e che si può assumere corrisponda al valore di scambio che avrebbe il SE se scambiato sul mercato "depurato" delle altre componenti di costo (primario e intermedio) dei prodotti derivati. Laddove si utilizza, invece, il valore dei prodotti derivati facendo uso del SE senza questa "depurazione", il concetto di riferimento per le stime non è quello di "*valore del SE*" ma quello di "*valore dipendente dal SE*". In altri casi, i valori dipendenti dal servizio che vengono stimati sono riferiti non a flussi correnti di prodotti generati facendone uso, ma a quello di "beni" già esistenti (capitale fisico, ma anche umano) che possono sussistere grazie al SE o che dipendono dalla sua esistenza nel senso che ne sono protetti. Il concetto di riferimento, in questi casi, è quello di "danno evitato".
- La natura ipotetica di molte delle quantificazioni dei valori in vario modo connessi ai SE conferisce a queste statistiche caratteristiche di sperimentaltà

per definizione, indipendenti dai margini di errore delle stime. Questa ipoteticità è mitigata se l'enfasi posta sulle variazioni nei flussi di SE, più che sui livelli. A questo proposito, un incremento dei valori economici associati ad un SE potrebbe riflettere una maggior domanda per quel servizio, che l'ecosistema può ancora soddisfare, oppure un aumento della capacità dell'ecosistema di soddisfare la domanda (ad esempio a seguito di un suo miglioramento) ove questa non fosse già completamente soddisfatta; viceversa, un decremento potrebbe dipendere dalla dismissione di attività antropiche (magari proprio finalizzato alla miglior conservazione del patrimonio naturalistico), oppure da una perdita di capacità dell'ecosistema di soddisfare la domanda, quando questa già eccede o viene ad eccedere la capacità di fornire il servizio. Tutto ciò indica chiaramente che, nonostante i notevoli passi in avanti fatti dalle tecniche di misurazione, e l'estensione crescente delle applicazioni, le ricerche e le applicazioni metodologiche per la stima monetaria dei SE sono ancora lontane da una loro utilizzazione a fini della programmazione.

I conti degli asset ecosistemici (in termini monetari) sono progettati per registrare le informazioni sulla consistenza e sulle variazioni (aggiunte e riduzioni) degli stock di risorse degli ecosistemi, in termini monetari. Il conto degli asset ecosistemici registra queste informazioni a partire dalla valutazione monetaria dei SE, e dall'attualizzazione dei flussi attesi di SE, calcolata con il metodo del valore attuale netto. In questo modo, si possono ottenere valori in termini monetari per gli ecosistemi all'inizio e alla fine di ogni periodo contabile.

Un'ultima precisazione importante è relativa alla cautela nel considerare come sommabili i valori monetari dei diversi SE, non tanto perché derivati attraverso metodi differenti, ma per la mancanza in tutto o in parte del requisito di indipendenza tra i diversi SE (in quanto legati da connessioni funzionali), perché riferibili a diversi concetti di "valore economico", o anche perché imputabili talvolta a valori reali, talaltra a valori potenziali.

Nella nostra ricerca saranno fornite, nella parte successiva, alcune indicazioni per la Regione Toscana ai fini dell'implementazione dei primi quattro tipi di conti degli ecosistemi, mentre non è stato possibile affrontare le questioni poste da quest'ultimo tipo di conto.

Pertanto, questa sezione ha brevemente illustrato le componenti costitutive di un sistema di contabilità ambientale secondo lo schema SEEA-EA che, ricordiamo, sono:

- Il conto dell'estensione;
- Il conto delle condizioni;
- Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini fisici;
- Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini monetari;
- Il conto degli asset ecosistemici in termini monetari;

Nella seconda parte del rapporto abbiamo provato a indicare alcune possibili strade operative da seguire per impostare i primi 4 conti del SEEA-EA, rimandando la valutazione degli asset ecosistemici in termini monetari.