
Tutto cambia: una diversa mobilità tra acque e terre

Verso progetti di territorio per l'Alto Adriatico e la regione Friuli Venezia Giulia

Colophon

Questo volume e gli esiti della ricerca in esso pubblicati sono stati realizzati con il cofinanziamento dell'Unione europea – NextGenerationEU, finanziamento n. ECS00000043 – CUP J43C22000320006, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR – IT), Missione 4 “Istruzione e Ricerca”, Componente 2, Investimento 1.5, Interconnected Nord-Est Innovation (iNEST) Ecosystem, Spoke 8.

Tutto cambia: una diversa mobilità tra acque e terre

Verso progetti di territorio per l'Alto Adriatico e la regione Friuli Venezia Giulia

di
Elena Marchigiani
Ludovico Centis
Emanuel Giannotti
Denis Maragno

ISBN (cartaceo)
979-12-5953-171-1
ISBN (digitale)
979-12-5953-247-3
DOI
10.57623/979-12-5953-247-3



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books www.anteferma.it/aob/

editore

Anteferma Edizioni
via Asolo 12, Conegliano, TV
edizioni@anteferma.it

progetto grafico

Giulia Ciliberto
Luca Coppola
Pietro Costa
Giacomo Dal Prà

copyright



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

iNEST

Spoke 8

Tecnologie marittime, marine e delle acque interne: verso il Gemello Digitale dell'Alto Adriatico
Research Topic 4
Pianificazione spaziale integrata terra-mare

Coordinatrice scientifica

Elena Marchigiani

Nota per le attribuzioni

Il volume è frutto della collaborazione di docenti e ricercatori di iNEST Spoke 8, Research Topic 4, appartenenti alle Università degli Studi di Trieste e Iuav di Venezia.

Nell'ambito di un'attività di ricerca condivisa, concezione e stesura generale del volume sono da attribuire ai quattro autori, con il coordinamento editoriale di Elena Marchigiani e il coordinamento grafico di Ludovico Centis. I capitoli generali sono stati redatti da: Ludovico Centis (L.C.), Emanuel Giannotti (E.G.), Denis Maragno (D.M.), Elena Marchigiani (E.M.), Nicola Romanato (N.R.).

Alla stesura dei saggi di approfondimento hanno collaborato anche i tanti studiosi e soggetti che, a vario titolo, hanno partecipato alla ricerca: Anna Attademo (A.A.), Daniele Brigolin (D.B.), DIGIMAT spa, Sebastiano Fabbrini (S.F.), Barbara Gasparini di Gaetano (B.G.G.), Stefano Graziani (S.G.), Davide Longato (D.L.), Maria Manfroni (M.M.), Vittore Negretto (V.N.), Michela Pace (M.P.), Michelangelo Russo (M.R.), Elisa Scattolin (E.S.). T.E.R.R.A. srl, The Edge Company, Stefania Tonin (S.T.), Luca Velo (L.V.). L'apporto specifico dei singoli autori è stato segnalato a chiusura dei paragrafi con la sigla derivata da nome e cognome. Se tale indicazione non è presente, lo scritto è da attribuire a tutti gli autori del capitolo o del saggio.

Per le immagini prodotte, le indicazioni delle sorgenti sono riportate nella sezione «Dataset consultati» del volume.

GRUPPO DI LAVORO

Università degli Studi di Trieste (Spoke leader)

Elena Marchigiani (coordinatrice), Ludovico Centis, Stefano Graziani, Alvise Pagnacco, Federico Vascotto.

Università Iuav di Venezia

Francesco Musco (coordinatore), Daniele Brigolin, Sebastiano Fabbrini, Barbara Gasparini di Gaetano, Emanuel Giannotti, Davide Longato, Giulia Lucertini, Maria Manfroni, Denis Maragno, Vittore Negretto, Michela Pace, Nicola Romanato, Elisa Scattolin, Stefania Tonin, Maria Chiara Tosi, Luca Velo.

Indice

INTRODUZIONE	Fare ricerca e innovazione, con uno sguardo dal mare Elena Marchigiani	p. 8
	Nulla di speciale, tutto è speciale. Tra Trieste e Cavallino Treporti Stefano Graziani	p. 14

CAPITOLO 1	Luoghi complessi Ludovico Centis, Elena Marchigiani	p. 40
	Valori e servizi ecosistemici del patrimonio ecologico-naturalistico Davide Longato	p. 54

CAPITOLO 2	In transizione climatica Denis Maragno, Elena Marchigiani	p. 64
	La mutevolezza della costa nord-adriatica Emanuel Giannotti	p. 76
	La valutazione economico-ambientale delle trasformazioni associate al cambiamento climatico Daniele Brigolin, Stefania Tonin	p. 82

CAPITOLO 3	Quali strumenti per territori in mutazione? Elena Marchigiani	p. 90
	Interazioni terra-mare: sfide e prospettive per la pianificazione dello spazio marittimo Barbara Gasparini di Gaetano, Emanuel Giannotti, Denis Maragno, Vittore Negretto	p. 122
	Immaginare la linea di costa futura tra espansione e ritiro Vittore Negretto	p. 128
	Imparare dal passato: progetti di infrastrutturazione, tra ricorsi, rotture e nuove prospettive Ludovico Centis	p. 138

CAPITOLO 4	Ripartire dalla mobilità Denis Maragno, Nicola Romanato	p. 144
	Mappare i flussi: una banca dati dinamica verso la costruzione di un <i>Digital Twin</i> Denis Maragno, Nicola Romanato	p. 164
	Mobilità attiva e progetto nei territori periurbani in transizione Luca Velo	p. 170
	Sulle relazioni spaziali tra ciclabilità e valori ecosistemici Davide Longato	p. 174
CAPITOLO 5	Contesti strategici Emanuel Giannotti, Elena Marchigiani	p. 182
CAPITOLO 6	Piste operative: progetti di giovani ricercatori e bandi a cascata	p. 198
GR1	Diluvio. Visualizzare l'impensabile Ludovico Centis	p. 202
GR2	Ecopublica. La rete eco-pubblica come chiave di lettura e progetto per l'adattamento al cambiamento climatico dei territori costieri alto adriatici Michela Pace, Luca Velo, Sebastiano Fabbrini, Maria Manfroni	p. 206
GR3	MOBIPLAN-FVG: Mobilità e pianificazione sostenibile nell'interfaccia terra-mare del Friuli Venezia Giulia Emanuel Giannotti, Denis Maragno, Vittore Negretto	p. 210
BC1	M.A.R.A.N.O. Monitoraggio Ambiente, Risorse Acquatiche e Nautica On-line T.E.R.R.A. srl	p. 214
BC2	MERCIE Modelli Eco-sostenibili per Rigenerazioni urbane Collaborative Integrate e Inclusive del sistema terra-marE Michelangelo Russo, Anna Attademo, DIGIMAT spa	p. 216

BC3	F.A.S.T. Fluvial Analytical Scanning Technologies T.E.R.R.A. srl	p. 218
BC4	L.A.G.U.N.A.S. Localizzazione Avifauna per una Gestione Urbana Netcentrica Ambientale Sostenibile The Edge Company	p. 220

Riferimenti bibliografici	p. 223
Dataset consultati	p. 233
Autori	p. 235

Effetti del cambiamento climatico sulle zone costiere temperate

Le zone costiere della fascia climatica temperata sono interessate con sempre maggior frequenza da fenomeni meteorologici intensi. Una rassegna degli impatti generati dai cambiamenti climatici per il territorio costiero del Mare Adriatico è stata recentemente prodotta per supportare l'individuazione di misure di adattamento (Hudi, PovhŠkugor, Sekovski, 2021), mettendo in evidenza molteplici tipologie di effetti, quali: l'aumento delle temperature dell'aria medie annue e stagionali, dei loro massimi e minimi; la diminuzione del numero di giornate di gelo; l'aumento del numero di ondate di calore e di notti tropicali; l'aumento delle precipitazioni intense nei mesi invernali; la diminuzione delle precipitazioni intense nei mesi estivi; l'aumento del numero di giornate secche consecutive. Tali eventi sono sovrapposti alle variazioni di lungo periodo di innalzamento del livello del mare, che secondo recenti analisi modellistiche prodotte per l'area veneziana si attesterebbero tra i 32 ed i 62cm per lo scenario IPCC RCP2.6, e tra i 58 ed i 110cm per quello RCP8.5 anche con la possibilità di un ulteriore peggioramento (Zanchettin *et al.*, 2021). Va qui sottolineato che questo innalzamento atteso, se pur graduale, potrà indurre cambiamenti rapidi nella frequenza e severità delle mareggiate (Vitousek *et al.*, 2017).

Queste tendenze di trasformazione, pur essendo in linea con le trasformazioni che stanno avvenendo su scala globale (IPCC, 2021), presentano alcune specificità derivanti dalle particolari caratteristiche del bacino Adriatico nel contesto del Mediterraneo. In primo luogo, come conseguenza della rilevante azione delle maree, la regione alto-adriatica è caratterizzata da importanti aree lagunari, inserite nella rete dei siti Natura 2000, e riconosciute per la loro rilevanza per la conservazione, ai sensi delle direttive Habitat ed Uccelli (79/409/CEE e 92/43/CEE). Habitat specifici quali le barene, caratterizzanti gli ecosistemi lagunari dal punto di vista ecologico, andranno incontro a cambiamenti importanti, come conseguenza diretta del cambiamento climatico, con risposte complesse da un punto di vista sia morfologico che funzionale – ad esempio in termini di coperture vegetazionali (Fagherazzi *et al.*, 2020). Le aree dunali presenti nell'Alto Adriatico comprendono alcuni habitat identificati come prioritari ai sensi della direttiva 92/43/CEE (Acosta, Ercole, 2015), quali «Dune costiere fisse a vegetazione erbacea, dune grigie» (2130), «Dune costiere con *Juniperus* spp.» (2250) e «Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*» (2270). Va qui ricordato che, oltre al valore conservazionistico, questi ecosistemi svolgono anche una importante funzione di protezione della costa dall'azione delle mareggiate.

Le molteplici pressioni originate dalle intense attività antropiche presenti, e che si svolgono in parte o interamente lungo la fascia costiera,

La valutazione economico-ambientale delle trasformazioni associate al cambiamento climatico

accentuano l'effetto prodotto dai cambiamenti climatici in termini di fenomeni erosivi, trasformazione degli habitat e perdita della biodiversità. I danni potenziali alle aree costiere derivanti dall'innalzamento del livello del mare e dalle mareggiate comprendono impatti ambientali ed economici, quali ad esempio l'erosione accelerata delle spiagge e delle scogliere (Roskopf *et al.*, 2018), l'inondazione permanente di alcune zone collocate a pochi metri sul livello del mare (Nicholls, 2004), l'aumento di gravi inondazioni (Bernier *et al.*, 2024). Le conseguenze economiche legate ai rischi di inondazioni, mareggiate ed erosione sono drammatiche e aumentano all'aumentare della popolazione e all'esposizione al rischio di asset urbani e infrastrutturali. Hallegatte *et al.* (2013) hanno ad esempio stimato che nelle principali 136 città costiere più popolate al mondo, le inondazioni causano ogni anno danni per circa 6 miliardi di dollari. Sempre a scala mondiale, l'ammontare dei danni potrà salire ulteriormente se non si adotteranno efficienti interventi di adattamento al cambiamento climatico, raggiungendo così una stima di circa 1.000 miliardi di dollari nel 2050. A questi impatti primari possono conseguire importanti impatti indotti; ad esempio, la perdita economica di beni fisici quali edifici residenziali e commerciali, ma anche di infrastrutture come strade, ponti e reti di trasporto, nonché l'intrusione di acqua salina nei suoli (Tully *et al.*, 2019), nelle falde acquifere e nelle risorse idriche superficiali (Cunillera-Montcusí *et al.*, 2022), e il degrado delle zone umide costiere ricche di habitat la cui diversità biologica permette di fornire importanti servizi ecosistemici (Hinkel *et al.*, 2013; Diaz, 2015). Nel caso delle già citate barene, ad esempio, importanti servizi di regolazione del ciclo del carbonio e di sostentamento dei cicli vitali di ittiofauna ed avifauna sono associati al funzionamento dell'habitat (Rova, Pranovi, Müller, 2015; Rova, Pranovi, 2017). A queste si aggiunge l'attrattività turistica delle aree costiere, risultante dalla combinazione di infrastrutture e valenze naturalistiche. Vanno inoltre citati gli impatti indotti sull'utilizzo dei suoli e delle acque costiere e di transizione per le attività primarie, quali l'agricoltura, la pesca, l'acquacoltura (Chapman, 2012).

Gli impatti diretti e indiretti del mutamento climatico in aree costiere sono stati stimati da alcuni autori, generalmente a livello macroeconomico. A titolo esemplificativo, Szewczyk *et al.* (2020) stimano che in Europa, a seconda degli scenari climatici considerati (innalzamento delle temperature medie pari a 1,5°C, 2°C o 3°C) e per sette settori studiati (inondazioni fluviali, inondazioni costiere, agricoltura, approvvigionamento energetico, siccità, tempeste di vento e mortalità umana dovuta a caldo e freddo estremo), le perdite di benessere potrebbero essere comprese tra 42 e 175 miliardi di dollari all'anno, ovvero tra 0,33% e 1,38% del PIL europeo. In particolare,

le inondazioni fluviali e costiere, che rappresentano la seconda fonte più significativa di perdita, espongono maggiormente a rischio le regioni settentrionali e meridionali dell'UE; qui gli impatti causati dalle inondazioni sono compresi tra 8,5 e 40 miliardi di euro a seconda degli scenari considerati (1,5–3°C). Va anche sottolineato che il livello del mare continuerà ad aumentare anche molto tempo dopo un'eventuale stabilizzazione delle temperature medie. Ad esempio, il livello del mare con +2°C, nel 2160, sarà molto più alto rispetto a quello con + 2°C nel 2060. Ciò significa che le stime proposte per gli impatti delle inondazioni costiere in riferimento a un certo livello di riscaldamento sono molto conservative. A titolo indicativo, si riportano le stime prodotte da un progetto europeo, PESETA¹, per le principali regioni europee e considerando le conseguenze economiche

FIGURA 05 – P. 85

Per quanto riguarda gli impatti economici su specifici settori, l'Italia è il Paese europeo con la più alta esposizione economica al rischio di alluvioni. In uno scenario di aumento della temperatura di 3°C entro il 2070, i costi diretti in termini di perdita attesa di capitale infrastrutturale sarebbero compresi tra 1 e 2.3 miliardi di euro all'anno nel periodo 2021–2050, e tra 1.5 e 15.2 miliardi di euro all'anno nel periodo 2071–2100. Per quanto concerne l'innalzamento del livello del mare e le inondazioni costiere, nello scenario peggiore si prevedono costi fino a 900 milioni di euro entro il 2050 e 5.7 miliardi di euro entro la fine del secolo. Tra i settori particolarmente colpiti, vi sono quello agricolo, che potrebbe subire entro il 2100 una diminuzione del valore dei terreni in Italia compresa tra 87 e 162 miliardi di euro, e il settore turistico, che potrebbe registrare una contrazione della domanda complessiva italiana fino al 9%. Le perdite dirette per questo settore sono stimate rispettivamente in 17 e 52 miliardi di euro in due scenari di aumento della temperatura (+2°C e +4°C) (Spano *et al.*, 2020).

Sebbene le stime qui riportate tengano conto di meccanismi di danno molto rilevanti, la valutazione dei possibili impatti climatici in Europa e in Italia è ancora incompleta. Infatti, gli impatti biofisici e socioeconomici chiave, come gli effetti dei cambiamenti sui servizi ecosistemici, le migrazioni e i punti di non ritorno climatici irreversibili, non sono stati ancora considerati a causa delle difficoltà valutative di questi aspetti (Ciscar Martinez *et al.*, 2018).

Approcci valutativi

Questo complesso intreccio di impatti richiede un approccio valutativo articolato, che includa l'utilizzo di diverse metodologie. Tradizionalmente, la dimensione economica e sociale è valutata in modo separato da quella ambientale ed ecologica, ma è oggi essenziale che tali dimensioni si possano combinare insieme per fornire rappresentazioni realistiche ai fini delle scelte politiche. Uno sforzo concreto verso l'integrazione delle stime puramente economiche e di quelle ecologiche è rappresentato dalla valutazione dei "servizi ecosistemici" (Costanza *et al.*, 2017). Si tratta di una metodologia che valuta nel complesso i benefici economici derivanti dai diversi servizi offerti dagli ecosistemi costieri, includendo valori intangibili quali, ad esempio, la protezione delle coste, la depurazione delle acque, o il ruolo di rifugio per la riproduzione e lo svernamento dell'avifauna. Costanza *et al.* (1997, 2014) sostengono che le aree marine e costiere determinano il 60% del valore economico dei servizi ecosistemici forniti dalla biosfera. Un utile contributo per la valutazione dei servizi ecosistemici è offerto dall'Ecosystem Service Value Database (ESVD), un database che oggi raccoglie più

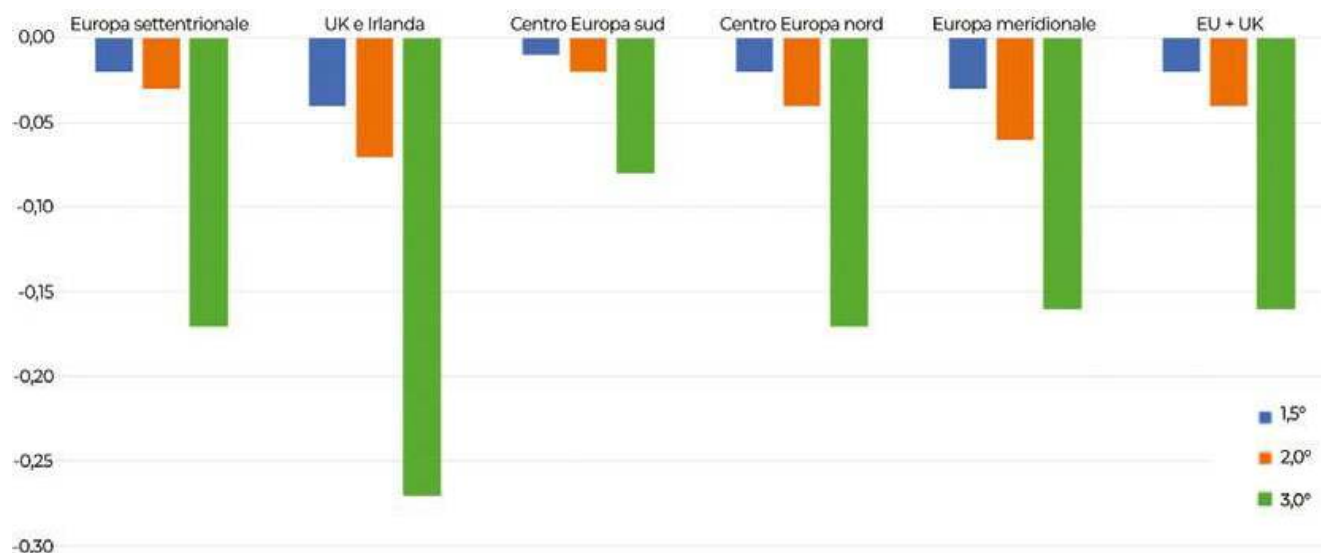


FIGURA 05

Perdita di benessere in % del PIL per regione europea in diversi scenari climatici (innalzamento della temperatura di 1,5, 2 e 3°C). Fonte: elaborazione di Daniele Brigolin, Stefania Tonin, 2024; da (Szewczyk *et al.*, 2020).

VALORE ECONOMICO		ESEMPI	TECNICHE DI VALUTAZIONE PIÙ ADATTE
Valore d'uso	Valore d'uso diretto (di consumo e non consumo)	Pesca, attività turistiche ricreative, attività culturali ed educative	Prezzi di mercato, funzione di produzione, metodo dei costi di viaggio, metodo dei prezzi edonici, metodo della valutazione contingente, metodo di scelta congiunta
	Valore d'uso indiretto	Stoccaggio e sequestro della CO ₂ atmosferica, regolazione dei cicli dei macronutrienti (quali N e P), ecc.	Metodo della valutazione contingente
Valore di non uso	Valore di lascito	Soddisfazione derivante dal lasciare in eredità alle generazioni future gli ecosistemi in modo inalterato	Metodo della valutazione contingente, metodo di scelta congiunta
	Valore di esistenza	Soddisfazione derivante dalla conservazione di alcune specie in via di estinzione e di ecosistemi pregiati	Metodo della valutazione contingente, metodo di scelta congiunta

TABELLA 01

Metodi di valutazione economica più adatti per tipologia di valore. Fonte: elaborazione di Daniele Brigolin, Stefania Tonin, 2024; da (Beaumont *et al.*, 2006).

di 10.000 valori che coprono tutte le tipologie di servizi ecosistemici e di biomi e che, attraverso la tecnica del *benefit transfer* o *value transfer*, permette di utilizzare i risultati di studi di valutazione originali esistenti per gli ecosistemi in determinate aree geografiche (“siti di studio”), rapportandoli agli ecosistemi che sono di interesse attuale per gli investimenti o le politiche (“siti politici”) (De Groot *et al.*, 2012). I vantaggi dell'utilizzo del *benefit transfer* rispetto alla realizzazione di nuovi studi di valutazione ad hoc sono numerosi. Gli studi di valutazione primari spesso richiedono, infatti, molto tempo, sono costosi, necessitano di competenze tecniche specifiche e, generalmente, vengono eseguiti solo a livello locale o su un numero limitato di ecosistemi. Al contrario, il *value transfer*, se eseguito correttamente, può risultare più economico, meno dispendioso in termini di tempo e applicabile su diverse scale. Inoltre, questo approccio permette di tenere conto delle variazioni locali attraverso l'inclusione di diverse variabili di contesto biofisico e socioeconomico (Brander *et al.*, 2024).

In questa prospettiva, la dicotomia tra sviluppo economico e tutela ambientale può essere risolta applicando un approccio che combini la crescita economica con un uso sostenibile delle risorse naturali e un'efficace tutela ambientale (OECD, 2020). Inoltre, ciascuna di queste dimensioni rappresenta di per sé un sistema complesso di scelte, metodi e azioni. Da un punto di vista economico, per consentire scelte politiche e di gestione corrette, è utile valutare i benefici e i costi delle azioni o delle inazioni necessarie per affrontare gli impatti del mutamento del clima. Per “costi” si intende ciò a cui la società rinuncia per realizzare determinate politiche e progetti; per “benefici” si intendono i vantaggi derivanti dalla riduzione dei rischi legati al cambiamento climatico (Owen, Hanley, 2004). Nella traduzione in moneta di costi e benefici è importante però valutare anche altre dimensioni valoriali quali l'etica e l'equità nella distribuzione di vantaggi e svantaggi e, quindi, combinare l'analisi costi-benefici tradizionale (Hanley, Barbier, 2009) con le priorità e i criteri di *policy* che sono indicati dal decisore politico. Inoltre, molti dei costi e dei benefici non hanno una valutazione di mercato e sono distribuiti su un orizzonte temporale che può essere molto lungo. Tutto questo rende il processo di valutazione particolarmente complesso e incerto, e richiede di ricorrere a tecniche di valutazione non convenzionali e integrate con modelli di

scenari alternativi di cambiamento.

TABELLA 01 – P. 85

Ad esempio, i servizi ecosistemici solitamente non hanno un loro valore di mercato e vengono considerati come beni pubblici. Spesso non sono oggetto di scambio e il mercato non funziona correttamente nei loro confronti. Tuttavia, per una giusta allocazione delle risorse naturali, e per potere effettuare scelte intertemporali appropriate ai livelli di consumo efficiente delle stesse senza incorrere in sovra-sfruttamento o depauperamento, è fondamentale conoscere il valore ecologico ed economico dei servizi ecosistemici. La teoria economica indirizza verso tecniche di valutazione che tengano conto delle preferenze degli individui, della loro disponibilità a pagare un prezzo (DAP) o a ricevere una compensazione (DAA); nel primo caso, per ottenere e/o preservare un dato bene o servizio ambientale, nel secondo caso, per accettare una sua diminuzione. In questo modo, il valore del bene dipende dal rapporto e dalla percezione che gli individui hanno nei confronti del bene stesso (Panella, 2002).

Una misura corretta del valore economico del bene ambientale dovrebbe prevedere la valutazione di tutte le componenti del valore stesso, indicato come Valore Economico Totale (VET) (Turner *et al.*, 2003). Seguendo questo approccio (Barbier, 1994), il VET è dato dalla somma di tutte le componenti del “valore d’uso” (diretto e indiretto) e “di non uso” che contribuiscono al benessere umano. Il valore d’uso deriva direttamente dall’utilizzo che un individuo fa o intende fare del bene stesso. A sua volta può essere scomposto in “valore d’uso diretto” e “valore d’uso indiretto”. Il primo è riferito alla fruizione che l’individuo trae da un bene o servizio; il secondo, invece, non è legato all’uso che l’individuo fa di una risorsa ma è connesso all’utilità ricavata da una determinata funzione di quella risorsa, ad esempio quella ricreativa o estetica, o comunque al riconoscimento che la risorsa è una componente vitale dell’ecosistema. I valori di non uso sono più complessi e si riferiscono a valori non strumentali; si pensi, ad esempio, al valore della conservazione di una specie rara o in via di estinzione, come nel caso della *Stipa veneta*, specie vegetale endemica dei sistemi delle dune consolidate dell’Alto Adriatico, recentemente attenzionata dal progetto *LIFE REDUNE*². Tra i valori di non uso si includono il “valore di esistenza”, il “valore d’opzione” e il “valore di lascito”. Il valore di esistenza costituisce la componente principale dei valori di non uso ed è legato alla certezza dell’esistenza prolungata del bene ambientale. Esso non è collegato ad alcun uso reale o potenziale del bene. Questo tipo di valore è strettamente connesso a forme di altruismo e di rispetto per altre persone o altri esseri, come ad esempio l’empatia o la simpatia verso le persone o gli animali. Nel momento in cui si considera nell’analisi l’incertezza, si deve però includere anche un’altra categoria di valore e cioè il valore d’opzione. L’incertezza è un aspetto importante di molti beni pubblici, specialmente di quelli ambientali. Il valore d’opzione è la somma che un individuo è disposto a pagare per avere l’opzione di poter consumare in futuro un certo bene (Weisbrod, 1964). L’interesse per conservare un’opzione per il futuro costituisce anche la base della definizione del valore di lascito, ovvero il desiderio di tutela delle future generazioni.

Una quantificazione accurata del valore monetario di queste risorse richiede l’utilizzo di strumenti di valutazione specifici, spesso chiamati “non-di mercato” proprio per distinguerli dalle tecniche di valutazione tradizionale che ricorrono al collegamento diretto o indiretto con i prezzi manifestati sul mercato. Nella tabella 1 si riporta una breve panoramica su alcune delle principali tecniche di valutazione ambientale più adatte per tipologia di valore.

In un contesto di scenari di cambiamento climatico, la valutazione economica della perdita di servizi ecosistemici si basa necessariamente su una previsione di cambiamento nella struttura e nelle funzioni dell’ecosistema oggetto di studio. Una considerazione, quest’ultima, che concorre a rendere intricata la scelta di approcci e strumenti valutativi. La previsione può essere di tipo qualitativo o quantitativo, basata sul giudizio esperto o sul risultato di complessi algoritmi computazionali. In entrambi i casi, tale previsione è il risultato di un modello concettuale dell’evoluzione dell’ecosistema (*sensu* Beck, 1983), che a sua volta può avere complessità notevole. Nell’esempio già citato degli habitat emersi e sommersi associati alla presenza delle barene nelle lagune alto-adriatiche, la struttura futura dell’habitat, in termini di presenza e abbondanza di specie vegetali alofite, o di fanerogame marine e macroalghe che popolano ghebi (piccoli canali) o chiari (specchi d’acqua poco profondi), sarà conseguenza dell’evoluzione morfologica della barena stessa, a sua

volta influenzata dalle previsioni di innalzamento del livello medio del mare (Zanchettin *et al.*, 2021) e della subsidenza (Teatini *et al.*, 2012), ma anche di eventuali cambiamenti dell'idrodinamica lagunare (Bellafiore *et al.*, 2014). La funzione di consolidamento svolta dalla vegetazione di barena, e la funzione di trattenere maggiori quantità di materia organica e sedimento durante le alte maree, influenzeranno a loro volta la previsione dell'evoluzione morfologica (Fagherazzi *et al.*, 2020), definendo anche le quantità complessive di carbonio, azoto e fosforo trattenuti dalla barena, base per una valutazione appropriata dei servizi ecosistemici di regolazione (Rova, Pranovi, Müller, 2015; Rova, Pranovi, 2017; si veda inoltre il già richiamato progetto *LIFE REDUNE*). La presenza della vegetazione sommersa influenza invece la composizione della comunità ittica (Gilby *et al.*, 2018; si veda anche il progetto *LIFE SERESTO*³), rendendo quindi potenzialmente necessaria l'applicazione di modelli che prevedano l'evoluzione dei popolamenti di fanerogame in risposta alle condizioni ambientali, quali ad esempio la temperatura (Plus *et al.*, 2003). Questo per poi riuscire a valutarne le conseguenze in termini di servizi di supporto al ciclo di vita di specie di interesse conservazionistico o commerciale, e quindi sui servizi ecosistemici di approvvigionamento quali la pesca artigianale, o culturali, quali la pesca ricreativa.

Note

¹ Si veda: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-activities-z/peseta-climate-change-projects_en (Ultimo accesso: 31 gennaio 2025).

² Si veda: <https://liferedune.it> (Ultimo accesso: 31 gennaio 2025).

³ Si veda: <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/acque-interne-e-marino-costiere-1/progetti-conclusi/life-seresto> (Ultimo accesso: 31 gennaio 2025).