

RIVISTA QUADRIMESTRALE  
DI  
DIRITTO DELL'AMBIENTE

NUMERO 3 - 2024

MARUSCA DE CASTRIS

*Quali indicatori per la misurazione della sostenibilità delle coste?*



ISSN 2239-964X

**MARUSCA DE CASTRIS\***

***Quali indicatori per la misurazione della sostenibilità delle coste?\****

SOMMARIO: 1. *Premessa.* – 2. *Le dimensioni per l'analisi della sostenibilità delle zone costiere.* – 3. *Gli indicatori.* – 4. *La metodologia di costruzione.* – 5. *L'esperienza in Europa di indicatori per GIZC.* – 6. *Conclusioni.*

1. *Premessa*

Le aree costiere sono certamente tra i luoghi più complessi in cui l'uomo si trova a vivere e ad operare, influenzate da processi fisici e cambiamenti climatici, che incidono sull'equilibrio degli ecosistemi e la biodiversità. La popolazione, concentrata in gran parte lungo le coste, è costantemente chiamata a trovare soluzioni sostenibili per convivere con questi processi, bilanciando lo sviluppo economico e la protezione ambientale. Le zone costiere sono cruciali per varie attività economiche come l'energia, il commercio, la pesca e il turismo, ma sono anche fonte di conflitti tra diversi settori produttivi e diversi usi.

Con la Raccomandazione 2002/413/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2002 è stata formalmente proposta la Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC). Questa raccomandazione ha l'obiettivo di promuovere un approccio integrato alla gestione delle aree costiere per garantire un uso sostenibile delle risorse naturali e proteggere gli ecosistemi costieri.

L'espressione "gestione integrata" è stata formalmente riconosciuta durante la Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo del 1992, nota anche come il Vertice della Terra di Rio de Janeiro, che ha portato all'adozione dell'Agenda 21. L'Agenda 21 ha evidenziato la necessità di integrare la gestione delle zone costiere con uno sviluppo sostenibile e ha promosso

---

\* Professoressa Associata di Statistica Economica, Università degli Studi Roma Tre. Email: marusca.decastris@uniroma3.it.

\*\* Lo scritto è il risultato di una ricerca condotta nell'ambito del progetto *PRIN2022 PNRR From BEaches to Coasts: towards an Integrated PROtection of COASTS* (BeProCoasts). (Codice del progetto: P2022WCTEW, CUP: F53D23012100001, Finanziato dall'Unione europea – NextGenerationEU).

l'adozione di politiche di gestione integrata a livello internazionale<sup>1</sup>. Da quel momento, la GIZC è diventata un approccio ampiamente riconosciuto e adottato da molti paesi e organizzazioni internazionali per affrontare i problemi delle aree costiere, bilanciando gli aspetti ambientali, economici e sociali<sup>2</sup>.

La GIZC richiede l'adozione di un approccio sistemico che consideri l'effetto delle diverse opzioni politiche sull'intero sistema costiero. Un ruolo fondamentale nella GIZC è svolto dalle istituzioni responsabili di sviluppare, implementare e coordinare politiche che bilanciano i bisogni ambientali, economici e sociali delle zone costiere.

L'uso di indicatori è il modo per misurare le condizioni attuali del sistema e i progressi verso uno stato desiderato. Il set di indicatori utilizzato nella GIZC varia a seconda delle esigenze specifiche della regione costiera, ma in generale, gli indicatori si suddividono in tre categorie principali: ambientali, economici e sociali<sup>3</sup>. Questi indicatori sono progettati per misurare lo stato attuale del sistema costiero, i progressi verso uno stato desiderato di sostenibilità e l'efficacia delle politiche adottate.

Questo approccio è utile per confrontare lo stato di attuazione della GIZC in diverse regioni. D'altro canto, quando si affrontano questioni in particolari regioni costiere, si possono identificare indicatori orientati ai problemi per misurare lo stato della costa rispetto a problematiche che non sono riflesse nei set di indicatori generici.

## *2. Le dimensioni per l'analisi della sostenibilità delle zone costiere*

La sostenibilità delle zone costiere è un concetto multidimensionale che integra diversi fattori legati all'ambiente, alla società, all'economia e alla governance. Queste dimensioni devono essere considerate insieme per garantire un equilibrio tra la conservazione degli ecosistemi costieri e lo sviluppo economico e sociale delle comunità che vivono lungo le coste<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> S. BELFIORE, *La manualistica sulla gestione integrata delle coste. Sviluppi recenti*, in *Bollettino della Società geografica italiana*, 6(1-2), 2001, pp. 245-250.

<sup>2</sup> D. ADDIS, *La gestione integrata delle coste nelle politiche del Mediterraneo e dell'UE: due strumenti a confronto*, in *Agricoltura Istituzioni Mercati*, n. 3/2013.

<sup>3</sup> M. SANÒ-R. MEDINA, *A systems approach to identify sets of indicators: Applications to coastal management*, in *Ecological Indicators*, n. 23/2012, pp. 588-596.

<sup>4</sup> F. AHLHORN, *Integrated Coastal Zone Management: Status, Challenges and Prospects*, Springer, Berlin/Heidelberg, 2017.

La dimensione ambientale considera la protezione e la conservazione degli ecosistemi costieri, fondamentali per garantire la sostenibilità delle aree. Questa dimensione include la salvaguardia della biodiversità, degli habitat naturali e delle risorse naturali<sup>5</sup>. A tal fine sono significative le azioni per la riduzione degli impatti negativi sull'ambiente causati dalle attività umane e per l'adattamento al cambiamento climatico.

La sostenibilità economica implica un uso equilibrato delle risorse costiere per garantire il benessere economico a lungo termine delle comunità, senza comprometterne la capacità futura di generare ricchezza. Lo sviluppo dell'economia blu sostenibile promuove la gestione sostenibile delle attività economiche legate al mare e alle coste (il turismo costiero, la pesca e l'acquacoltura, l'estrazione di risorse energetiche marine) e un'equa distribuzione dei benefici economici. La gestione e pianificazione delle attività turistiche consente di ridurre l'impatto ambientale, proteggere il patrimonio naturale e culturale delle aree costiere e massimizzare i benefici economici per le comunità locali.

La sostenibilità sociale riguarda il benessere delle comunità costiere, l'equità nell'accesso alle risorse e ai benefici economici, e la preservazione delle culture e tradizioni locali. Questa dimensione include il miglioramento delle condizioni socio-economiche attraverso l'accesso a servizi essenziali senza danneggiare l'ambiente naturale.

La dimensione istituzionale richiama l'attenzione sulla necessità di una governance efficace e inclusiva, essenziale per garantire la gestione sostenibile delle zone costiere. Le istituzioni devono essere in grado di pianificare, regolare e monitorare lo sviluppo costiero in modo integrato e coordinato<sup>6</sup>. Prima di tutto occorre adottare un approccio olistico, come quello della GIZC, che consideri le interazioni tra i vari settori economici le risorse ambientali e le dinamiche sociali. L'attuazione di politiche e regolamenti per proteggere gli ecosistemi costieri e garantire uno sviluppo sostenibile. Questo include la definizione di normative sull'uso del suolo, il controllo dell'inquinamento, la protezione della biodiversità e la gestione dei rischi legati ai cambiamenti climatici. La cooperazione tra i diversi livelli di governo (locale, regionale, nazionale) e settori economici

---

<sup>5</sup> B. NEUMANN-K. OTT-R. KENCHINGTON, *Strong sustainability in coastal areas: a conceptual interpretation of SDG 14*, in *Sustainability science*, n. 12/2017, pp. 1019-1035.

<sup>6</sup> J. DUXBURY-S. DICKINSON, *Principles for sustainable governance of the coastal zone: In the context of coastal disasters*, in *Ecological economics*, 63(2-3), 2007, pp. 319-330.

permette di evitare conflitti di interesse e sovrapposizioni nelle politiche costiere. Un aspetto cruciale della sostenibilità istituzionale è la creazione di sistemi di monitoraggio regolari nel tempo per valutare l'efficacia delle politiche di gestione costiera<sup>7</sup>, l'impatto delle attività umane e le condizioni ecologiche della zona costiera, con la possibilità di adattare le politiche sulla base dei risultati ottenuti.

Si chiede che le istituzioni sviluppino politiche e strumenti di gestione che siano in grado di rispondere alle sfide attuali e future legate alle zone costiere.

La sostenibilità delle zone costiere è legata anche alla conservazione del patrimonio culturale<sup>8</sup> e alla promozione di una consapevolezza collettiva dell'importanza della protezione degli ecosistemi costieri. Questa dimensione include l'educazione ambientale attraverso la promozione della conoscenza e della sensibilizzazione sulle questioni ambientali tra le comunità locali, i turisti e i giovani. L'educazione è uno strumento essenziale per sviluppare una cittadinanza attiva e consapevole, capace di prendersi cura delle coste. La conservazione del patrimonio culturale richiede inoltre la protezione delle tradizioni, dei paesaggi culturali e dei siti archeologici delle zone costiere<sup>9</sup>, che possono essere minacciati dall'urbanizzazione, dall'erosione o dall'inquinamento.

Le zone costiere sono tra le più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico<sup>10</sup>, come l'innalzamento del livello del mare, l'acidificazione degli oceani e l'aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi. La resilienza delle comunità e degli ecosistemi costieri è una componente chiave della sostenibilità. In conclusione, la sostenibilità delle zone costiere richiede l'implementazione di un approccio integrato che consideri tutte le dimensioni interconnesse: ambientale, economica, sociale, istituzionale, culturale ed educativa, e la resilienza ai cambiamenti climatici.

### 3. Gli indicatori

---

<sup>7</sup> R. S. POMEROY-J. E., PARKS-L. M. WATSON, *How is your MPA doing. A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 2004.

<sup>8</sup> S. KHAKZAD-M. PIETERS-K. VAN BALEN, *Coastal cultural heritage: A resource to be included in integrated coastal zone management*, in *Ocean & Coastal Management*, n. 118/2015, pp. 110-128.

<sup>9</sup> E. AZZOPARDI-J. O. KENTER-J. YOUNG-C. LEAKEY ET AL., *What are heritage values? Integrating natural and cultural heritage into environmental valuation*, in *People and Nature*, n. 5/2023, pp. 368-383.

<sup>10</sup> J. R. BERNHARDT-H. M. LESLIE, *Resilience to climate change in coastal marine ecosystems*, in *Annual review of marine science*, 5(1), 2013, pp. 371-392.

Il sistema costiero si presenta come un ambiente complesso in cui le dinamiche fisiche, le funzioni eco-sistemiche e i processi socio-economici sono strettamente connessi in uno spazio relativamente piccolo. Per studiare i problemi del sistema costiero è quindi necessario adottare un approccio multidisciplinare e porre attenzione alle diverse componenti del sistema.

La sfida principale risiede quindi nella complessità del fenomeno, quale è il sistema ambientale costiero, la misurazione del quale richiede, dapprima, di chiarire gli aspetti concettuali e definatori e, poi, di scegliere tra un sistema di indicatori semplici e la costruzione di una misura sintetica che, mediante un'opportuna funzione di aggregazione, sia capace di raccogliere i molteplici aspetti del fenomeno oggetto di studio.

La complessità del fenomeno attiene alla coesistenza di diversi sottosistemi, ciascuno dei quali presenta specifici problemi, per i quali è necessario individuare specifici strumenti utili alla misurazione del fenomeno.

Gli indicatori di sostenibilità sono strumenti essenziali per semplificare la complessità dello stato attuale delle aree costiere e delle possibili evoluzioni del sistema, considerando le sue dimensioni ambientali, sociali ed economiche<sup>11</sup>. Questi indicatori sono fondamentali per qualsiasi sistema di conoscenza e osservazione<sup>12</sup> volto a misurare la sostenibilità<sup>13</sup>. Come ben evidenziato da un rapporto sulla sostenibilità curato da Meadows nel 1998, gli indicatori derivano dai valori, essi sono misure di ciò che ci interessa, e, allo stesso tempo, creano valore, poiché ci interessa ciò che misuriamo.

L'efficacia degli indicatori dipende dalle caratteristiche possedute. Devono soddisfare infatti alcune proprietà fondamentali: la validità scientifica, l'efficienza in termini di tempo e costi, la rilevanza sociale e la disponibilità al pubblico<sup>14</sup>. È altrettanto importante che siano democratici, ovvero che la loro creazione coinvolga la partecipazione pubblica e che i risultati siano accessibili a tutti. Inoltre, devono basarsi su dati già esistenti, essere facili da comprendere,

---

<sup>11</sup> S. BELL-S. MORSE, *Sustainability indicators past and present: what next?*, in *Sustainability*, n. 10/2018.

<sup>12</sup> S. ENGEN-V. H. HAUSNER-E. MIKKELSEN-H. GUNDERSEN ET AL., *Co-creating coastal sustainability goals and indicators*, in *Sustainability Science*, 19(4), 2024, pp. 1327-1343.

<sup>13</sup> S. BELL-S. MORSE, *Measuring sustainability. Learning from doing*. Earthscan, London, Sterling, VA, 2003.

<sup>14</sup> D. MEADOWS, *Indicators and information systems for sustainable development. A report to the Balaton Group*, Sustainability Institute, 1998. M. DIJK-J. DE KRAKER-A. VAN ZEIJL-ROZEMA ET AL., *Sustainability assessment as problem structuring: three typical ways*, in *Sustainability Science*, n. 12/2017, pp. 305-317.

chiarire quali direzioni siano più favorevoli per il sistema, rispondere adeguatamente alle misure gestionali, semplificare i fenomeni complessi e fornire informazioni tempestive e chiare dei cambiamenti nel sistema<sup>15</sup>.

Un altro aspetto riguarda la rilevanza sociale degli indicatori<sup>16</sup> che può essere assicurata attraverso un processo di costruzione degli stessi che coinvolga sia la società che la comunità scientifica. Nondimeno, il processo richiede una forte accuratezza scientifica per assicurare che tali indicatori rispettino gli standard di qualità necessari per essere considerati strumenti validi e affidabili.

#### 4. *La metodologia di costruzione*

La misurazione del livello di sostenibilità ambientale delle zone costiere presenta una certa complessità metodologica.

Occorre evidenziare che il sistema di indicatori semplici fornisce una informazione completa ed esaustiva; tuttavia, un sistema multidimensionale può rendere più difficile l'analisi del fenomeno in esame.

L'idea di disporre, per ogni area geografica, di una misura quantitativa univoca (unidimensionale) che sintetizza tutte le informazioni contenute negli indicatori semplici, in modo da renderle immediatamente visibili e interpretabili, può semplificare notevolmente l'analisi territoriale dei dati, completando e non sostituendo quanto già emerso dall'analisi dei singoli indicatori.

La misurazione unica può costituire un valido ausilio per il *policy maker* che, dovendo trasformare le informazioni in decisioni, può trarre vantaggio dall'immediata fruibilità e interpretazione degli indici sintetici e dalla conoscenza dell'andamento del fenomeno tracciato nel tempo.

Implementare un indice sintetico significa percorrere una strada con numerosi ostacoli, il superamento dei quali può richiedere l'adozione di scelte difficili e troppo arbitrarie, con il rischio di perdere lungo il tragitto informazioni preziose che evidentemente caratterizzano le aree geografiche.

Si pensi, da un lato, agli ostacoli riguardanti la disponibilità dei dati, la selezione degli indicatori più rappresentativi e il loro trattamento per renderli confrontabili nello spazio e nel tempo (standardizzazione) e, dall'altro, alla scelta

---

<sup>15</sup> *Ibidem*.

<sup>16</sup> S. ENGEN-V. H. HAUSNER-E. MIKKELSEN-H. GUNDERSEN ET AL., *Co-creating coastal sustainability*, cit.

della funzione di sintesi; in quest'ultima fase, forse la più critica, l'arbitrio del ricercatore assume un ruolo fondamentale, infatti le scelte possibili per giungere a un indice di sintesi sono numerose e spaziano tra strumenti di statistica descrittiva, tecniche di analisi multivariata, misure di distanza, funzioni lineari e non lineari e trasformazioni di numeri indici.

Nonostante le difficoltà metodologiche, gli indicatori sintetici sono ampiamente utilizzati da numerosi organismi internazionali per misurare fenomeni di natura economica, ambientale e sociale. Essi offrono dei vantaggi non trascurabili che attengono alla possibilità per gli utenti di confrontare dimensioni complesse, e di comunicare e promuovere l'accountability su temi di interesse pubblico. D'altro canto non possiamo omettere le possibili criticità di un indicatore sintetico che può nascondere gravi carenze in alcune dimensioni e aumentare la difficoltà di individuare un'adeguata azione correttiva, se il processo di costruzione non è trasparente<sup>17</sup>.

La costruzione di indicatori sintetici richiede la scelta di indicatori elementari significativi, la comparabilità dei dati, attraverso una standardizzazione, e la scelta di una procedura di aggregazione.

Sono note diverse procedure di standardizzazione dei dati, la maggior parte delle quali utilizza come parametri alternativi di riferimento: il valore medio, il valore minimo o il valore massimo dell'indice elementare ad un certo anno. Questi metodi permettono di cogliere le variazioni relative, ad esempio rispetto al valore medio annuale. La funzione di aggregazione può utilizzare un approccio additivo che si basa sull'ipotesi di sostituibilità delle componenti (esempio la media aritmetica) oppure un approccio moltiplicativo (esempio la media geometrica meno sensibile ai valori anomali). Nella media aritmetica il deficit di un indicatore può essere compensato dal surplus di un altro indicatore. Per tale motivo si preferisce talvolta ricorrere ad approcci di tipo moltiplicativo. L'indice finale deve avere una direzione, in modo che l'indice possa essere interpretato in modo univoco.

In letteratura gli studi che hanno sviluppato indici sintetici sulla sostenibilità ambientale per specifiche aree geografiche, spesso a livello di paese o regione, hanno in prima battuta costruito indici come medie aritmetiche

---

<sup>17</sup> OECD, *Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and user guide*, OECD Publication, Paris, 2008.

semplici, mostrando diverse criticità, e poi hanno implementato l'analisi in componenti principali.

L'analisi delle componenti principali (PCA) è una tecnica statistica che trasforma linearmente un insieme di variabili originali (di grandi dimensioni) in un insieme sostanzialmente più piccolo di variabili non correlate, che rappresenta la maggior parte delle informazioni contenute nell'insieme originale di variabili.

##### 5. *L'esperienza in Europa di indicatori per GIZC*

Per sostenere l'implementazione della Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) attraverso lo sviluppo e l'uso di indicatori per misurare e monitorare la sostenibilità delle aree costiere europee, nel 2007 è stato avviato il Progetto DEDUCE (*DEmonstration of Indicators for Integrated Coastal Zone Management in Europe*), grazie ad un finanziamento dell'Unione Europea.

Gli indicatori sviluppati nel contesto del Progetto DEDUCE derivano dalla Raccomandazione sulla GIZC del 2002 e sono stati progettati per supportare i governi nella pianificazione costiera integrata, garantendo uno sviluppo sostenibile delle aree costiere. In particolare, il progetto ha preso in considerazione diversi temi chiave per valutare l'efficacia delle politiche di gestione costiera.

Le principali categorie di indicatori identificate nel Progetto DEDUCE<sup>18</sup> sono:

###### 1. Indicatori di pressioni socioeconomiche:

- Popolazione costiera: Misura l'andamento della popolazione nelle aree costiere e la densità della popolazione rispetto alla media nazionale.

- Uso del suolo: Indica i cambiamenti nell'uso del suolo costiero, come la percentuale di aree naturali, agricole e urbane.

- Attività economiche: Monitora lo sviluppo economico nelle aree costiere, con particolare attenzione a settori come turismo, pesca e attività portuali.

###### 2. Indicatori di impatti ambientali:

- Erosione costiera: Misura il livello di erosione nelle coste e l'efficacia delle misure adottate per prevenire o mitigare il fenomeno.

---

<sup>18</sup> X. MARTÍ-A. LESCRAUWAET-M. BORG-M. VALLS, *Indicators guideline: to adopt and indicator-based approach to evaluate coastal sustainable development*, DEDUCE Project, 2007.

- Biodiversità costiera: Valuta la presenza di aree protette e la condizione della biodiversità nelle zone costiere, come le specie minacciate e gli habitat critici.

- Qualità delle acque: Controlla lo stato di salute delle acque costiere in termini di inquinamento e salubrità, comprese le aree balneari e gli ecosistemi marini.

3. Indicatori di vulnerabilità:

- Risorse naturali vulnerabili: Misura la vulnerabilità delle risorse costiere, come le falde acquifere e le aree umide, agli impatti del cambiamento climatico e delle attività umane.

- Rischi naturali: Valuta la frequenza e la gravità dei rischi naturali (come tempeste, inondazioni, erosione) che interessano le aree costiere.

- Cambiamento climatico: Indicatori per monitorare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle coste, come l'innalzamento del livello del mare e l'aumento di eventi meteorologici estremi.

4. Indicatori di governance e gestione:

- Politiche di gestione integrata: Monitora l'adozione di politiche e strumenti di gestione integrata delle coste da parte dei governi locali e nazionali.

- Partecipazione pubblica: Valuta il coinvolgimento delle comunità locali e delle parti interessate nei processi decisionali relativi alla gestione delle zone costiere.

- Efficienza delle politiche: Misura l'efficacia delle politiche di gestione costiera nell'affrontare le sfide di sostenibilità.

5. Indicatori di risposta politica e istituzionale:

- Investimenti in protezione costiera: Monitora i fondi e le risorse allocate per la protezione delle coste, come la costruzione di infrastrutture di difesa contro l'erosione.

- Adozione di misure di adattamento: Valuta la prontezza e la capacità delle istituzioni di implementare misure di adattamento ai cambiamenti climatici e ad altri impatti ambientali.

Il Progetto DEDUCE (*DEmonstration of Indicators for Integrated Coastal Zone Management in Europe*) ha affrontato molte delle dimensioni fondamentali della sostenibilità delle zone costiere, integrando aspetti ambientali, economici, sociali ed istituzionali attraverso lo sviluppo di un set di indicatori specifici per la Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC). Tuttavia, come ogni strumento di sintesi, presenta dei limiti nel riuscire a coprire in modo

esaustivo tutte le dimensioni della sostenibilità costiera. I principali limiti metodologici del Progetto DEDUCE sono relativi a tre aspetti: 1) La dipendenza dalla disponibilità e dalla qualità dei dati forniti dai paesi partecipanti: alcuni paesi hanno limitate capacità di monitoraggio delle zone costiere. La disponibilità e la frequenza di aggiornamento dei dati possono influenzare l'accuratezza delle valutazioni sulla sostenibilità. Le condizioni delle zone costiere cambiano rapidamente, specialmente sotto la pressione del cambiamento climatico, quindi l'uso di dati storici potrebbe non riflettere pienamente lo stato attuale delle aree costiere. 2) L'eterogeneità delle condizioni costiere, diverse in termini di caratteristiche fisiche, economiche e sociali. 3) La possibile difficoltà di integrare i risultati di diversi indicatori in una valutazione complessiva delle politiche di gestione costiera.

Il Progetto DEDUCE ha svolto un ruolo importante nel fornire un set di indicatori utili per misurare la sostenibilità e la gestione delle zone costiere in Europa. Questi indicatori hanno l'obiettivo di aiutare i responsabili delle politiche a prendere decisioni informate e promuovere una gestione integrata delle coste, considerando gli impatti ambientali, economici e sociali a lungo termine.

Il Progetto DEDUCE ha costruito un cruscotto di indicatori per monitorare la sostenibilità delle zone costiere, considerando molte dimensioni della sostenibilità, tuttavia, pur riconoscendo la complessità delle sfide costiere, il progetto non riesce a coprire completamente tutti gli aspetti della sostenibilità in modo bilanciato e dettagliato, soprattutto in termini di equità sociale e di attenzione alle specificità locali e ai compromessi tra sviluppo economico e tutela ambientale.

## *6. Conclusioni*

Le misure di sostenibilità per le zone costiere possono essere costruite solo avendo conto della complessità di bilanciare le esigenze ambientali, economiche e sociali di queste aree. La gestione integrata delle zone costiere (GIZC), formalmente riconosciuta nel 2002, rappresenta il quadro concettuale per affrontare tali sfide, con l'uso di indicatori che consentano di misurare l'efficacia delle politiche di sostenibilità.

La multidimensionalità della sostenibilità costiera può essere oggetto di misurazione con l'uso di indicatori fondamentali per monitorare le condizioni delle coste e misurare i progressi verso la sostenibilità. Gli indicatori devono

essere validi scientificamente, efficienti in termini di tempo e costi, rilevanti socialmente e accessibili pubblicamente. La costruzione di indicatori sintetici per la sostenibilità è metodologicamente complessa. Nonostante le difficoltà, tali indicatori offrono vantaggi significativi per la comunicazione e la promozione della responsabilità pubblica.

L'esperienza del Progetto DEDUCE, che ha sviluppato indicatori per la gestione sostenibile delle coste europee, è una guida per la costruzione di misure sulla sostenibilità, sia per l'identificazione delle dimensioni e delle variabili di interesse sia per l'approccio metodologico.

In conclusione, la sostenibilità delle zone costiere richiede un approccio integrato che consideri tutte le dimensioni, riconoscendo i vantaggi e i limiti metodologici degli strumenti di sintesi disponibili.

Bibliografia

ADDIS D., *La gestione integrata delle coste nelle politiche del Mediterraneo e dell'UE: due strumenti a confronto*, in *Agricoltura Istituzioni Mercati*, n. 3/2013.

AHLHORN F., *Integrated Coastal Zone Management: Status, Challenges and Prospects*, Springer, Berlin/Heidelberg, 2017.

AZZOPARDI E.-KENTER J. O.-YOUNG J.-LEAKEY C. ET AL., *What are heritage values? Integrating natural and cultural heritage into environmental valuation*, in *People and Nature*, n. 5/2023, pp. 368–383.

BERNHARDT J. R.-LESLIE H. M., *Resilience to climate change in coastal marine ecosystems*, in *Annual review of marine science*, 5(1), 2013, pp. 371-392.

BELFIORE S., *La manualistica sulla gestione integrata delle coste. Sviluppi recenti*, in *Bollettino della Società geografica italiana*, 6(1-2), 2001, pp. 245-250.

BELL S.-MORSE S., *Measuring sustainability. Learning from doing*. Earthscan, London, Sterling, VA, 2003.

BELL S.-MORSE S., *Sustainability indicators past and present: what next?*, in *Sustainability*, n. 10/2018.

BERNHARDT J. R.-LESLIE H. M., *Resilience to climate change in coastal marine ecosystems*, in *Annual review of marine science*, 5(1), 2013, pp. 371-392.

DIJK M.-DE KRAKER J.-VAN ZEIJL-ROZEMA A. ET AL., *Sustainability assessment as problem structuring: three typical ways*, in *Sustainability Science*, n. 12/2017, pp. 305-317.

DUXBURY J.-DICKINSON S., *Principles for sustainable governance of the coastal zone: In the context of coastal disasters*, in *Ecological economics*, 63(2-3), 2007, pp. 319-330.

ENGEN S.-HAUSNER V. H.- MIKKELSEN E.- GUNDERSEN H. ET AL., *Co-creating coastal sustainability goals and indicators*, in *Sustainability Science*, 19(4), 2024, pp. 1327-1343.

KHAKZAD S.-PIETERS M.-VAN BALEN K., *Coastal cultural heritage: A resource to be included in integrated coastal zone management*, in *Ocean & Coastal Management*, n. 118/2015, pp. 110-128.

MARTÍ X.-LESCRAUWAET A.-BORG M.-VALLS M., *Indicators guideline: to adopt and indicator-based approach to evaluate coastal sustainable development*, DEDUCE Project, 2007.

MEADOWS D., *Indicators and information systems for sustainable development. A report to the Balaton Group*, Sustainability Institute, 1998.

NEUMANN B.-OTT K.-KENCHINGTON R., *Strong sustainability in coastal areas: a conceptual interpretation of SDG 14*, in *Sustainability science*, n. 12/2017, pp. 1019-1035. OECD (2008).

OECD, *Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and user guide*, OECD Publication, Paris, 2008.

POMEROY R. S.-PARKS J. E.-WATSON L. M., *How is your MPA doing. A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 2004.

SANÒ M.-MEDINA R., *A systems approach to identify sets of indicators: Applications to coastal management*, in *Ecological Indicators*, n. 23/2012, pp. 588-596.

**ABSTRACT**

Marusca De Castris – *Quali indicatori per la misurazione della sostenibilità delle coste?*

La Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) costituisce un quadro strategico per promuovere lo sviluppo sostenibile nelle regioni costiere, con l'obiettivo di conciliare le esigenze economiche con la necessità di preservare gli ecosistemi. Un elemento centrale della GIZC è rappresentato dall'impiego di indicatori per monitorare in modo sistematico sia lo stato ambientale delle aree costiere, sia l'efficacia degli interventi di policy.

Il presente contributo esamina criticamente gli approcci metodologici alla costruzione di indici composti per la valutazione della sostenibilità costiera. Tali indici rappresentano strumenti analitici fondamentali, in quanto consentono di sintetizzare dati complessi e multidimensionali in un formato funzionale al supporto delle decisioni e alla valutazione delle politiche. L'analisi si apre con una discussione sulle tecniche di aggregazione di singoli indicatori in misure sintetiche, per poi concentrarsi sui metodi statistici multivariati—con particolare riferimento all'analisi delle componenti principali (PCA)—che riducono la dimensionalità dei dataset generando un numero limitato di componenti non correlate, in grado di conservare la maggior parte delle informazioni originarie.

Pur riconoscendo le complessità metodologiche associate a tali approcci, lo studio evidenzia il valore degli indici composti come strumenti per il confronto tra dimensioni complesse della sostenibilità e per il rafforzamento della trasparenza e della responsabilità delle politiche pubbliche. Allo stesso tempo, vengono segnalati alcuni limiti potenziali, tra cui il rischio di perdita informativa e la minore interpretabilità, soprattutto nei casi in cui il processo di costruzione degli indici non sia caratterizzato da trasparenza e rigore metodologico.

**PAROLE-CHIAVE:** *coste; sostenibilità; gestione integrata; indicatori sintetici.*

Marusca De Castris – Which indicators for measuring coastal sustainability?

Integrated Coastal Zone Management (ICZM) constitutes a strategic framework for advancing sustainable development in coastal regions, aiming to reconcile economic imperatives with the imperative of ecosystem preservation. A core component of ICZM is the application of indicators to systematically monitor both the environmental status of coastal zones and the effectiveness of policy interventions.

This paper critically reviews methodological approaches to the construction of composite indices for assessing coastal sustainability. Such indices serve as essential analytical instruments, enabling the synthesis of complex, multidimensional data into a format that supports informed decision-making and policy evaluation. The analysis begins with a discussion of techniques for the aggregation of individual indicators into composite measures, followed by an examination of multivariate statistical methods – particularly principal component analysis (PCA) – which reduce the dimensionality of datasets by generating a limited number of uncorrelated components that retain the majority of the original information.

While acknowledging the methodological complexities involved, the study underscores the value of composite indices as tools for comparing multifaceted sustainability dimensions and enhancing the transparency and accountability of public policies. At the same time, it cautions against potential limitations, including the risk of information loss and reduced interpretability, particularly when the index construction process lacks transparency or methodological rigour.

**KEYWORDS:** *coasts; sustainability; integrated management; composite indicators.*