

S C E N A R I I T A L I A N I

TERRITORIO / AMBIENTE / SOCIETÀ / ECONOMIA

XVII RAPPORTO

Paesaggi sommersi

*Geografie della crisi climatica nei territori
costieri italiani*



XVII Rapporto della Società Geografica Italiana

PAESAGGI SOMMERSI

Geografie della crisi climatica nei territori costieri italiani

AUTORI E AFFILIAZIONI

Alberto Diantini, Università degli Studi di Ferrara, alberto.diantini@unife.it
Alessandra Colocci, Università degli Studi di Brescia, alessandra.colocci@unibs.it
Andrea Zinzani, Università degli Studi di Bologna, andrea.zinzani4@unibo.it
Annaclaudia Martini, Università degli Studi di Bologna, annaclaudia.martini@unibo.it
Antonella Dosolina Pietta, Università degli Studi di Brescia, antonella.pietta@unibs.it
Arturo Gallia, Università degli Studi di Roma Tre, arturo.gallia@uniroma3.it
Arturo Lanzani, Politecnico di Milano, arturo.lanzani@polimi.it
Beatrice Ruggieri, Università degli Studi di Milano Bicocca, beatrice.ruggieri@unimib.it
Carlo Bisci, Università degli Studi di Camerino, carlo.bisci@unicam.it
Carlo Donadio, Università degli Studi di Napoli, donadio@unina.it
Carlo Perelli, Università degli Studi di Cagliari, perelli@unica.it
Carolina Falaguasta, Università degli Studi di Firenze, carolina.falaguasta@unifi.it
Chiara Spadaro, Università Ca' Foscari di Venezia, chiara.spadaro@unive.it
Damiano Abbatini, Istituto Nazionale di Statistica, abbatini@istat.it
Daniel Andrew Finch-Race, Università degli Studi di Bologna, daniel.finchrace@unibo.it
Daniele Codato, Università degli Studi di Padova, daniele.codato@unipd.it
Edoardo Crescini, Università degli Studi di Padova, edoardo.crescini@unipd.it
Eleonora Gioia, Università Politecnica delle Marche, e.gioia@staff.univpm.it
Eleonora Guadagno, Università degli Studi di Napoli L'Orientale, eguidagno@unior.it
Enrico Squarcina, Università degli Studi di Milano Bicocca, enrico.squarcina@unimib.it
Fausto Marincioni, Università Politecnica delle Marche, f.marincioni@univpm.it
Federico Martellozzo, Università degli Studi di Firenze, federico.martellozzo@unifi.it
Federico Spagnoli, Consiglio Nazionale delle Ricerche, federico.spagnoli@cnr.it
Federico Zanfi, Politecnico di Milano, federico.zanfi@polimi.it
Filippo Celata, Università degli Studi di Roma La Sapienza, filippo.celata@uniroma1.it
Filippo Menga, Università degli Studi di Bergamo, filippo.menga@unibg.it
Filippo Randelli, Università degli Studi di Firenze, filippo.randelli@unifi.it
Francesco Curci, Politecnico di Milano, francesco.curci@polimi.it
Francesco Facchinelli, Università degli Studi di Padova, francesco.facchinelli@unipd.it
Fulvio Toseroni, Università Politecnica delle Marche, f.toseroni@staff.univpm.it
Giacomo Zanolin, Università degli Studi di Genova, giacomo.zanolin@unige.it
Gianluigi Salvucci, Istituto Nazionale di Statistica, salvucci@istat.it
Gino Cantalamessa, Università degli Studi di Camerino, gino.cantalamessa@unicam.it
Giovanni De Falco, Consiglio Nazionale delle Ricerche, giovanni.defalco@cnr.it
Giovanni Modaffari, Università degli Studi di Napoli L'Orientale, giovanni.modaffari@unior.it
Giovanni Sistu, Università degli Studi di Cagliari, sistug@unica.it
Giuseppa Della Fera, Associazione GIShub, dellafera.urbanplanner@gmail.com
Marco Grasso, Università degli Studi di Milano Bicocca, marco.grasso@unimib.it
Marco Maria Bagliani, Università degli Studi di Torino
Maria Luisa Ronconi, Università della Calabria, marialuisa.ronconi@unical.it
Mario Tramontana, Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, mario.tramontana@uniurb.it

Massimo De Marchi, Università degli Studi di Padova, massimo.de-marchi@unipd.it
Matteo Dalle Vaglie, Università degli Studi di Firenze, matteo.dallevaglie@unifi.it
Mauro Varotto, Università degli Studi di Padova, mauro.varotto@unipd.it
Olga Nardini, Università degli Studi di Firenze, olga.nardini@unifi.it
Paola Minoia, Università degli Studi di Torino, paola.minoia@unito.it
Salvatore Pappalardo, Università degli Studi di Padova, salvatore.pappalardo@unipd.it
Salvo Torre, Università degli Studi di Catania, s.torre@unict.it
Sara Bonati, Università degli Studi di Genova, sara.bonati@unige.it
Stefania Benetti, Università degli Studi del Piemonte Orientale, stefania.benetti@uniupo.it
Stefano Malatesta, Università degli Studi di Milano Bicocca, stefano.malatesta@unimib.it
Stefano Morelli, Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, stefano.morelli@uniurb.it
Stefano Soriani, Università Ca' Foscari di Venezia, soriani@unive.it
Teresa Graziano, Università degli Studi di Catania, teresa.graziano@unict.it
Valentina Albanese, Università degli Studi dell'Insubria, ve.albanese@uninsubria.it

Il Rapporto è stato curato da Filippo Celata e Stefano Soriani. Il testo finale è il risultato di una riflessione comune tra tutte le autrici e tutti gli autori, il cui contributo specifico è stato il seguente:

Introduzione: F. Celata, S. Soriani.

Capitolo primo: paragrafi 1.1, 1.4: S. Soriani; paragrafi 1.2, 1.3: E. Guadagno; paragrafo 1.a: P. Minoia, S. Soriani.

Capitolo secondo: paragrafi 2.1, 2.2, 2.3: S. Bonati, E. Gioia, F. Marincioni, S. Morelli, O. Nardini, F. Toseroni, M. Tramontana; paragrafo 2.a: S. Bonati, G. Zanolin; paragrafo 2.b: A. Gallia, S. Malatesta; paragrafo 2.4: P. Minoia, S. Torre, A. Zinzani.

Capitolo terzo: paragrafi 3.1, 3.2: F. Martellozzo, M. Dalle Vaglie, F. Randelli, C. Falaguasta; paragrafo 3.a: G. De Falco, C. Perelli, G. Sistu; paragrafo 3.b: M.L. Ronconi; paragrafo 3.3: C. Falaguasta, F. Martellozzo, F. Randelli, M. Dalle Vaglie, F. Celata; paragrafo 3.4: M. Dalle Vaglie, F. Randelli, F. Martellozzo.

Capitolo quarto: paragrafi 4.1, 4.2, 4.3: G. Salvucci, D. Abbatini, F. Celata*; scheda: B. Ruggieri; paragrafo 4.a: F. Curci, A. Lanzani, F. Zanfi**.

Capitolo quinto: paragrafi 5.1, 5.2, 5.3: F. Celata, E. Gioia; prima scheda: G. Modaffari; seconda scheda: B. Ruggieri, F. Celata; paragrafo 5.a: C. Bisci, G. Cantalamessa, E. Gioia, F. Marincioni, S. Morelli, F. Spagnoli, M. Tramontana; paragrafo 5.b, terza scheda: C. Donadio, E. Guadagno.

Capitolo sesto: paragrafi 6.1, 6.2, prima scheda: S. Soriani; seconda scheda: E. Guadagno, M. Grasso; paragrafo 6.3: M. De Marchi, D. Codato, F. Facchinelli, A. Diantini, S. Pappalardo, terza scheda: E. Crescini, G. Della Fera, M. De Marchi.

Capitolo settimo: paragrafo 7.1: V. Albanese, T. Graziano; paragrafo 7.2: E. Gioia, E. Guadagno; paragrafo 7.3: F. Menga, C. Perelli, G. Sistu; scheda: E. Squarcina; paragrafo 7.a: C. Spadaro.

Capitolo ottavo: paragrafi 8.1, 8.2, 8.3: S. Soriani; paragrafo 8.4: M. Bagliani, A. Colocci, A. Pietta; paragrafo 8.a: S. Benetti; paragrafo 8.5: E. Guadagno, M. Grasso; paragrafo 8.b: D.A. Finch-Race, A. Martini, P. Minoia, A. Zinzani.

Postfazione: M. Varotto.

* Gli autori desiderano ringraziare l'Istituto Geografico Militare, il Ten. Col. Ing. Silvio Massimo Capaldo e la dottoressa Cinzia Tafi.

** Gli autori appartengono a un gruppo di docenti e ricercatori del Dipartimento di Architettura e Studi Urbani del Politecnico di Milano che dal 2018, nel quadro di una convenzione stipulata con il Comune di Lecce, hanno condotto ricerche e laboratori didattici dedicati alla fascia costiera leccese e che in particolare, da febbraio 2022, è incaricato dell'affiancamento scientifico dell'amministrazione e dell'Ufficio di Piano nella redazione del nuovo Piano Urbanistico Generale.

Si ringraziano tutti gli ospiti che sono intervenuti ai due workshop preparatori per la redazione del Rapporto: Daniela Addis, Associazioni “Generazione Mare” e “Mare Amico”; Giorgio Alleva, Sapienza Università di Roma; Marica Di Pierri, ASud; Michele Manigrasso, Osservatorio Paesaggi Costieri – Legambiente; Paola Mercogliano, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici; Michele Munafò, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale; Francesco Musco, Università Iuav di Venezia; Marie-Helene Rio, European Spatial Agency; Francesca Santoro, Unesco; Alessio Satta, MedSea Foundation; Donatella Spano, Università di Sassari.

Un sentito ringraziamento a Eleonora Gioia per il suo prezioso aiuto in tutte le fasi di preparazione del Rapporto.

Il Rapporto è dedicato alla memoria di Marco Bagliani, studioso appassionato di questioni ambientali e climatiche che ha accompagnato e contribuito alla stesura del Rapporto, senza poterne leggere l'ultima pagina.

ISBN 978-88-85445-28-4

È vietata la riproduzione e l'archiviazione, anche parziale e per uso didattico, con qualsiasi mezzo, sia del contenuto di quest'opera sia della forma editoriale con la quale è pubblicata (legge 22/4/1941, n. 633 e legge 18/08/2000, n. 248). La riproduzione in fotocopia è consentita esclusivamente per uso personale e per una porzione non superiore al 15% delle pagine del volume, con le modalità e il pagamento del compenso stabiliti a favore degli aventi diritto.

© 2025 by Società Geografica Italiana
Via della Navicella 12 (Villa Celimontana), Roma
Tel. 06-7008279 – fax 06-77079518 – e-mail: segreteria@societageografica.it

Finito di stampare nel giugno 2025

Copertina: Pietro Palladino

Indice

Introduzione		9
Capitolo primo	Come siamo arrivati fin qui: crisi ambientale e «questione coste» in Italia	17
	1.1. <i>L'evoluzione del territorio costiero: «questione coste» e crisi climatica</i>	17
	<i>Turismo, artificializzazione della spiaggia e crisi cronica dei sedimenti</i>	
	<i>I porti e l'industria costiera</i>	
	<i>Occupazione delle coste, iper-territorializzazione, incuria e illegalità</i>	
	1.2. <i>Tassonomie, dinamiche e problematiche costiere</i>	24
	1.3. <i>Pressioni e vulnerabilità</i>	27
	1.4. <i>La crisi climatica come moltiplicatore di stress</i>	31
	1.a. <i>Gestione e difesa della Laguna di Venezia. Un difficile equilibrio tra terra e mare</i>	34
Capitolo secondo	Vulnerabilità e crisi climatica	39
	2.1. <i>La vulnerabilità fisica</i>	40
	2.2. <i>La vulnerabilità sociale</i>	42
	2.a. <i>Vulnerabilità e (mal)adattamento sulla costa e lo spazio marino ligure</i>	44
	<i>L'impatto sul rischio di disastri in Liguria</i>	
	2.3. <i>L'approccio integrato: dove la geografia fisica incontra quella umana</i>	48
	2.b. <i>Piccole isole e crisi climatica: vulnerabilità e geografie umane</i>	49
	2.4. <i>Per un'ecologia politica della crisi climatica nei territori costieri italiani</i>	52
Capitolo terzo	I litorali italiani al 2100	57
	3.1. <i>Previsioni e conseguenze dell'innalzamento del livello del mare in Italia</i>	57
	3.2. <i>Stima e cartografia dei paesaggi sommersi</i>	59
	3.a. <i>Cambiamento climatico e fragilità costiera in Sardegna</i>	66
	3.3. <i>Funzioni e caratteristiche dei territori a rischio</i>	69
	3.4. <i>Salinizzazione del suolo e impatto sull'agricoltura</i>	71
	3.b. <i>Dinamiche costiere in prospettiva storica: il Golfo di Taranto e la Piana di Sibari</i>	73
Capitolo quarto	L'urbanizzazione costiera di fronte alla sfida della crisi climatica	79
	4.1. <i>Dinamiche di urbanizzazione lungo le coste italiane</i>	79
	4.2. <i>L'impatto della crisi ambientale sui litorali urbanizzati: la popolazione a rischio</i>	85
	<i>Ricollocare le popolazioni a rischio?</i>	89
	4.3. <i>L'impatto sui litorali urbanizzati: gli edifici a rischio</i>	91
	4.a. <i>Pianificazione costiera e territori dell'abusivismo: le marine di Lecce</i>	94
Capitolo quinto	Crisi climatica, spiagge ed erosione costiera: impatti e alternative	101
	5.1. <i>Crisi climatica ed erosione costiera: le spiagge italiane a rischio</i>	101
	5.2. <i>Spiagge a rischio, concessioni marittime e stabilimenti balneari</i>	106
	<i>Le difese costiere: storia, problematiche e implicazioni</i>	109
	5.3. <i>Arretrare o resistere? Implicazioni e alternative</i>	114
	<i>Rinaturalizzare le coste: il riallineamento e arretramento gestito</i>	117
	5.a. <i>Erosione costiera e crisi climatica nelle Marche</i>	119
	<i>L'erosione della costa marchigiana dal XIX secolo a oggi</i>	

	<i>Percezioni e strategie di risposta: verso un cambio di paradigma?</i>	
5.b.	<i>Pressioni e problematiche di governance delle aree costiere campane</i>	127
	<i>Dinamiche osservabili in tre contesti litoranei campani</i>	129
Capitolo sesto	<i>Blue economy: infrastrutture costiere, crisi climatica e territorializzazione del mare</i>	133
6.1.	<i>Crisi climatica, infrastrutture costiere e adattamento: il caso dei porti</i>	133
	<i>I casi dei porti di Genova e Venezia</i>	139
6.2.	<i>Infrastrutture energetiche e territorializzazione del mare in Italia</i>	142
	<i>Energia eolica e governance costiera: il parco Bealeolico di Taranto</i>	146
6.3.	<i>Combustibili fossili, petroleumscapes e giustizia climatica</i>	148
	<i>Verso un trattato di non proliferazione dei combustibili fossili</i>	152
Capitolo settimo	<i>Percezioni e narrative della crisi ambientale</i>	155
7.1.	<i>Narrazioni della crisi climatica sui media tradizionali e sul web</i>	156
	<i>La crisi climatica nei media tradizionali</i>	
	<i>La crisi climatica sul web sociale e i nuovi movimenti per il clima</i>	
7.2.	<i>Crisi climatica e percezione del rischio</i>	162
	<i>Crisi e percezioni: evidenze dal Golfo di Gaeta</i>	
	<i>Percezione del rischio, politiche e governance dei territori costieri</i>	
7.3.	<i>La percezione del clima che cambia tra gli studenti</i>	167
	<i>Mare alto e brutto. Percezioni dell'oggi e del domani</i>	
	<i>L'educazione ambientale e al mare: Ocean literacy e Ocean citizenship</i>	172
7.a.	<i>Il Delta del Po: precarietà anfibia, pressioni antropiche e nuove percezioni</i>	175
Capitolo ottavo	<i>Politiche e problematiche di gestione della costa</i>	183
8.1.	<i>Il quadro di riferimento della gestione e della governance costiera</i>	183
	<i>Gestione Integrata della Zona Costiera e evoluzione della governance costiera</i>	
	<i>Territorializzazione del mare e regolazione degli usi: la Pianificazione Spaziale Marittima e le sue implicazioni</i>	
8.2.	<i>Gestione e governance della costa: la situazione italiana</i>	188
	<i>Piani spaziali del mare, Piano del Mare e Piano Nazionale di Adattamento</i>	
8.3.	<i>La gestione della costa di fronte alla crisi climatica: un «cantier aperto»</i>	194
8.4.	<i>Strategie e piani di adattamento nazionali e regionali per i sistemi costieri</i>	195
	<i>Il confronto con le politiche di adattamento regionali</i>	
8.a.	<i>Aree protette e patrimonio naturale e culturale nelle zone costiere</i>	202
8.5.	<i>Problemi di governance costiera e attori</i>	204
8.b.	<i>Cittadinanza attiva, governance socio-ambientale e salvaguardia di Venezia</i>	208
	<i>Le reti locali e la salvaguardia del sistema lagunare</i>	
Postfazione	<i>Geografie, paesaggi e pubblici sommersi</i>	215
Riferimenti bibliografici		219

Crisi climatica, spiagge ed erosione costiera: impatti e alternative

In questo capitolo si presenta un ampio approfondimento sui litorali sabbiosi e sulle spiagge, per via della loro particolare vulnerabilità agli effetti della crisi climatica da un lato, e del loro elevato valore ambientale, sociale ed economico dall'altro. I litorali sabbiosi sono inoltre esemplificativi delle notevoli pressioni alle quali sono sottoposti i paesaggi costieri italiani, nonché delle difficoltà e delle ambivalenze delle attuali strategie di gestione costiera, di adattamento e di contrasto all'erosione dei litorali. Si individueranno dapprima le spiagge a rischio scomparsa sulla base di analisi che integrano le previsioni relative ai processi erosivi in atto con le dinamiche di innalzamento del livello del mare prevedibili al 2050 e al 2100, per poi analizzare le possibili conseguenze per le attività che attualmente si svolgono sulle spiagge. Si rifletterà, su questa base, su quali sono le alternative in termini di risposta e di adattamento – quelle attualmente prevalenti e quelle preferibili. L'occasione sarà utile per approfondire da un lato il tema delle difese costiere e, dall'altro, le alternative in termini di strategie di cosiddetto riallineamento e arretramento gestito. Si sottolineerà la necessità di interventi che favoriscano la rinaturalizzazione e la resilienza di paesaggi costieri particolarmente vulnerabili anche perché compromessi da decenni di urbanizzazione, cementificazione e sfruttamento eccessivo. Si evidenzieranno infine le difficoltà di strategie di questo tipo, proprio alla luce delle problematiche che riguardano gli attuali regimi di sfruttamento e di gestione delle coste. Si presenteranno anche due ampie schede, sulle coste marchigiane e su quelle campane, le quali esemplificano in maniera evidente molti dei problemi summenzionati.

5.1. Crisi climatica ed erosione costiera: le spiagge italiane a rischio

I litorali sabbiosi sono come detto tra i tratti di costa più esposti nonché più vulnerabili agli impatti della crisi climatica. L'innalzamento del livello del mare non è peraltro l'unica dinamica rilevante in tal senso. Le spiagge sono infatti i contesti nei quali appare più evidente l'effetto di processi erosivi che precedono la crisi climatica e che hanno già comportato, secondo l'ISPRA (2021), l'erosione di circa il 18% delle coste basse italiane tra il 2006 e il 2019. L'elevata pressione antropica che i litorali sabbiosi subiscono, in particolare per via della loro attrattività turistica, amplifica l'impatto della crisi climatica, ne riduce la naturale resilienza e aumenta i rischi per le importanti funzioni sociali ed economiche che essi svolgono.

In questo paragrafo si presentano per questo alcune stime sull'entità e sulla distribuzione delle spiagge italiane a rischio di una pressoché completa erosione al 2050 e al 2100, riprese e adattate da un recente lavoro degli autori sul tema (Celata e Gioia, 2024). L'analisi si basa su stime precedenti che integrano, appunto, previsioni relative sia all'innalzamento del livello del mare che alle dinamiche di erosione costiera (Vousdoukas e altri, 2020). Utilizziamo a tal fine l'unica base informativa che consente una valutazione complessiva e dettagliata lungo l'intera linea di costa italiana, sebbene previsioni più accurate richiederebbero modelli morfologici più complessi e analisi più dettagliate che però sono disponibili a scale inevitabilmente più locali e solo per alcuni tratti di costa.

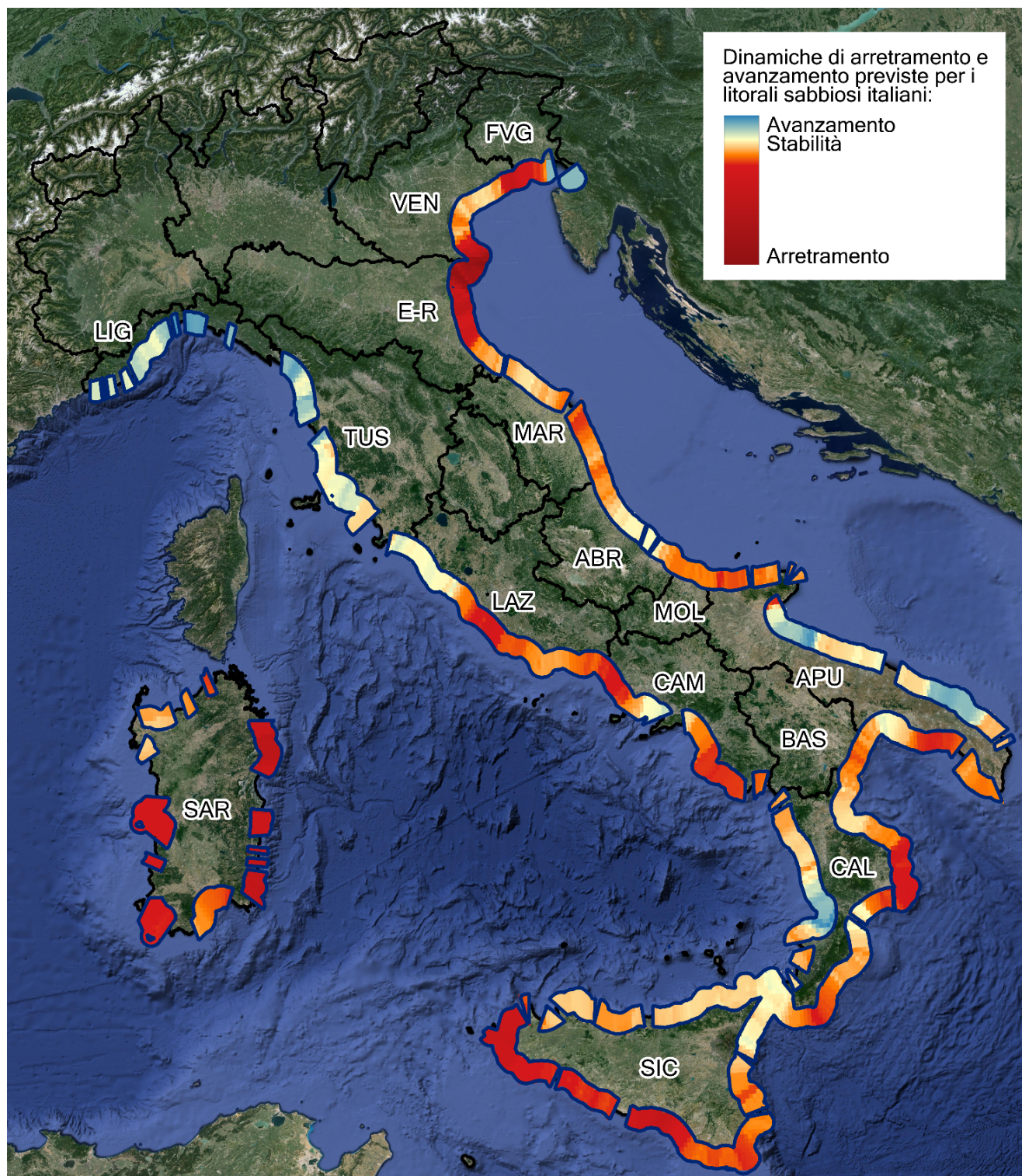


Fig. 5.1. Dinamiche di arretramento e avanzamento dei litorali sabbiosi previste al 2050

Fonte: interpolazione spaziale delle previsioni di Voudoukas e altri, 2020, RCP 4.5, 50° percentile

La figura 5.1 fornisce un'interpolazione spaziale delle previsioni di arretramento e avanzamento delle spiagge lungo le coste basse italiane sulle quali si basano le successive elaborazioni.

Ai fini delle nostre stime, tali proiezioni sono state associate al *geodatabase* delle coste italiane dell'ISPRA, che include i poligoni di ogni singola spiaggia. Lo scenario di riferimento è anche in questo caso RCP 4.5. Per identificare la superficie delle spiagge a rischio, queste sono state suddivise in sezioni di circa 450 metri di lunghezza ed è stata calcolata la differenza tra la larghezza massima di ciascuna sezione e le previsioni di arretramento della linea di costa corrispondenti. I risultati presentati di seguito riguardano la superficie delle sezioni di spiaggia che si prevede subiranno un arretramento superiore ai tre quarti della loro larghezza massima, ovvero saranno quasi completamente sommerse. Tali risultati sono restituiti a diverse scale e per diversi percentili di probabilità, per dare conto dell'incertezza associata agli scenari futuri.

Limitandosi allo scenario mediano (relativo al 50° percentile) e come si vede nelle figure che seguono, i risultati indicano che complessivamente, in Italia, già nel 2050, circa il 70% delle spiagge risulterà in erosione, e sarà probabilmente quasi completamente sommersa il 20% della loro superficie attuale. Spiccano in questo scenario le regioni Sardegna e Friuli-Venezia Giulia, le quali già al 2050 rischiano di perdere un terzo o più delle loro spiagge. Entro il 2100 la porzione di spiagge a rischio erosione rimane più o meno la stessa (circa il 70%), ma la quota di spiagge a rischio di una quasi completa sommersione sale al 45%.

Pur continuando a mostrare notevoli differenze, il rischio al 2100 si intensifica considerevolmente in tutte le regioni italiane, con picchi in Sardegna (38% nel 2050, 70% nel 2100), Lazio (22%, 59%), Friuli-Venezia Giulia (31%, 57%), Campania (21%, 55%), Puglia (24%, 51%) e Sicilia (24%,

50%). Anche i contesti nei quali le dinamiche di erosione saranno più attenuate nei prossimi anni, quindi, subiranno impatti sostanziali nel lungo termine. Al 2100 lo scenario più probabile indica che quasi tutte le regioni perderanno almeno un terzo delle loro spiagge. Il peggioramento della situazione rispetto al 2050 è particolarmente evidente nelle Regioni Lazio e Campania, seguite da Marche, Emilia-Romagna e Puglia.

Molte delle regioni più vulnerabili si trovano a sud. Anche tra le prime venti province italiane più colpite, la maggior parte si trova nel meridione, e metà di esse sono esclusivamente in Sardegna e nel sud della Sicilia. La Sardegna spicca come la regione più a rischio: la percentuale di spiagge che rimarranno stabili o in avanzamento cambierà solo minimamente (dal 11% nel 2050 al 9% nel 2100), ma la porzione di spiagge quasi completamente sommerse è destinata a aumentare notevolmente, dal 38% al 70%.

La maggiore vulnerabilità delle regioni meridionali sembra contraddire le previsioni presentate precedentemente, secondo le quali le regioni più esposte sono nel Nord Adriatico. In questo caso parliamo tuttavia di spiagge, ovvero di ambienti come detto fragili e instabili a ridosso della linea di riva. La vulnerabilità delle regioni meridionali in questo può essere attribuita anche all'impatto dei processi di erosione in corso, che aumentano di intensità spostandosi da nord a sud (Zanchini e Nanni, 2022), e colpiscono in particolare le coste più frastagliate, relativamente più frequenti al sud.

Anche lungo l'Adriatico sono in ogni caso previsti impatti significativi, per via della natura semichiusa e relativamente bassa del bacino, e della topografia bassa e piatta di larga parte della costa. Nell'Alto Adriatico come altrove il problema è poi aggravato dai processi di subsidenza. Lungo l'intera costa adriatica la percentuale di spiagge stabili o in avanzamento è infatti la più bassa. Entro il

2050, lo scenario più sfavorevole in queste regioni è previsto nel Friuli-Venezia Giulia, in particolare nella zona di Trieste, la più colpita tra tutte le province italiane. Anche la provincia di Rovigo si colloca tra quelle più in pericolo, per via dell'elevatissimo rischio di inondazioni che l'area del Delta del Po subisce per via della crisi climatica. Entro il 2100, in linea con il resto del Paese, è previsto un peggioramento notevole in tutta la regione adriatica, particolarmente pronunciato in Puglia.

Le regioni continentali che si affacciano sui mari Ligure e Tirreno mostrano gradi variabili di suscettibilità all'erosione costiera. Lo scenario peggiore è previsto in Campania dove, nello scenario

più probabile, circa l'85% delle spiagge sarà in arretramento già entro il 2050. Percentuali simili si riscontrano nel Lazio, che condivide con la Campania un tasso notevolmente alto di consumo di suolo costiero. Un grado relativamente più elevato di stabilità caratterizza le coste di Liguria e Toscana, per entrambi gli intervalli temporali, con circa un terzo e la metà delle spiagge che risultano stabili o in avanzamento. Nella provincia di Lucca, addirittura, tutte le spiagge sono previste in avanzamento. In entrambe le regioni, tuttavia, la porzione di spiagge a rischio triplicherà dal 2050 al 2100, rimanendo in ogni caso inferiore alla media nazionale.



Fig. 5.2. Superficie delle spiagge a rischio sommersione per oltre il 75% nelle regioni italiane

Le etichette indicano la previsione per il 5°, 50° e 95° percentile. Fonte: elaborazione su dati Voudoukas e altri, 2020, scenario RCP 4.5 e geodati ISPRA

Il rischio di subire una quasi completa sommersione dipende ovviamente anche dalla diversa larghezza delle spiagge, il che spiega ad esempio l'elevata vulnerabilità della Sardegna, della Sicilia meridionale o del Friuli-Venezia Giulia. Nella figura 5.3 si riportano le previsioni per ciascuna

delle province costiere italiane, associate appunto alla larghezza media delle spiagge. La correlazione tra le due variabili è di 0,5 per il 2100 e altamente significativa, ma nella figura 5.3 si possono riscontrare anche diverse eccezioni negative e positive.

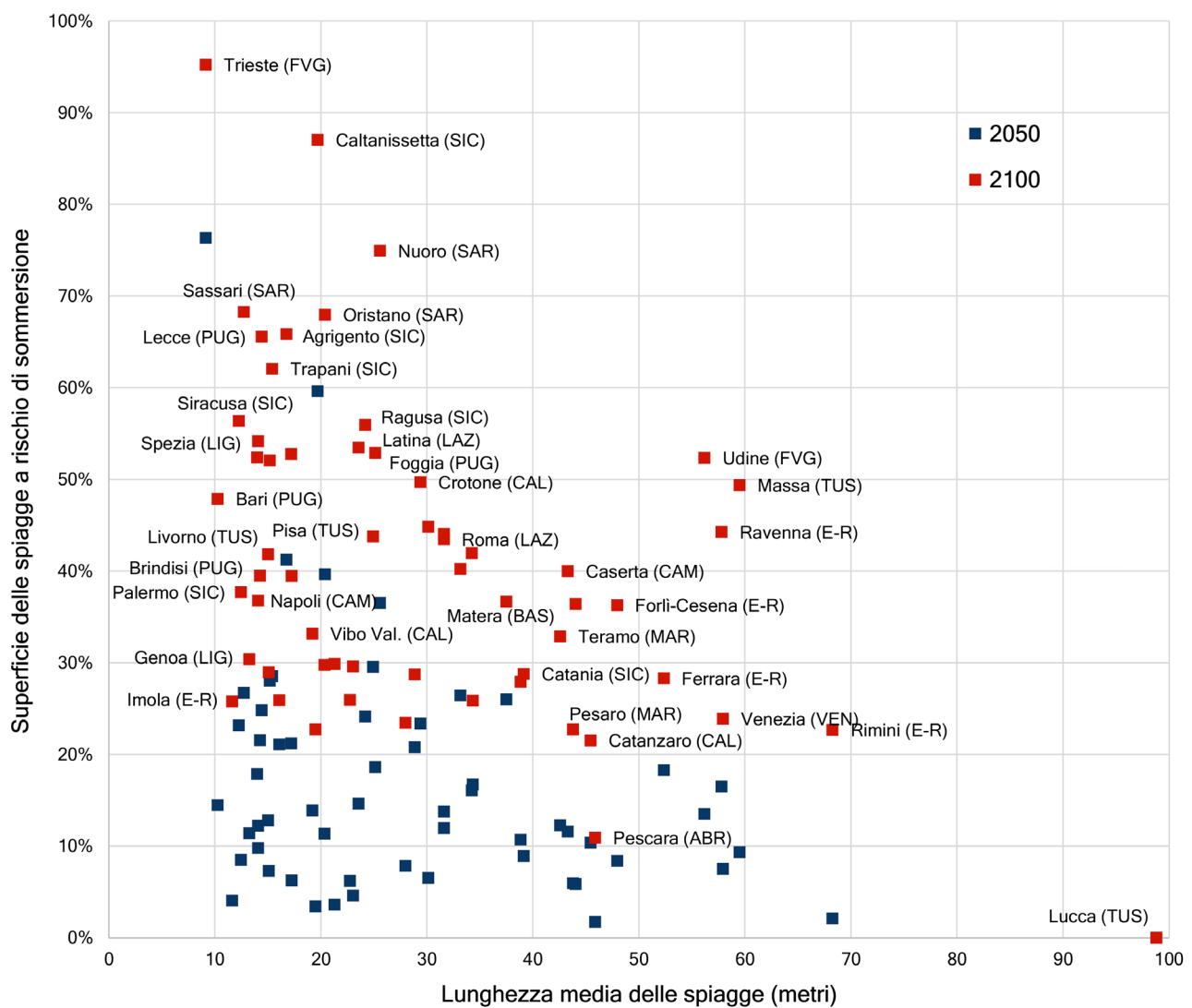


Fig. 5.3. Spiagge a rischio sommersione quasi completa e larghezza media delle spiagge nelle province italiane

Fonte: elaborazione su dati Vousdoukas e altri, 2020, scenario RCP 4.5, 50° percentile e ISPRA

I risultati possono essere riferiti anche a ciascuno dei comuni litoranei italiani, sebbene a questa scala le incertezze siano ovviamente più elevate. In generale, possiamo stimare che il 6% dei comuni litoranei rischia la completa sommersione di più del 95% delle proprie spiagge già entro il 2050. Questi comuni sono concentrati principalmente in Sardegna e Liguria: sebbene quest'ultima non risulti essere complessivamente tra le regioni più a rischio, quindi, l'impatto a livello locale potrà essere notevole. Entrambe le regioni hanno infatti per larghi tratti una costa frastagliata con diverse *pocket beach*, ovvero spiagge isolate tra promontori sporgenti, che risultano molto vulnerabili per via di un trasporto di sedimenti inevitabilmente molto limitato. Al 2050 il numero di comuni a rischio della completa sommersione di quasi tutte le spiagge raddoppia, e quasi un terzo di questi si trova nel Golfo di Napoli, un'area che combina un'elevatissima pressione antropica, profondità relativamente basse e una costa particolarmente frastagliata.

5.2. Spiagge a rischio, concessioni marittime e stabilimenti balneari

La possibile scomparsa di molte spiagge italiane avrà notevoli ripercussioni non solo di tipo economico, ma relative più in generale alla fruizione e alla fruibilità dei litorali sabbiosi e al loro valore sociale, ricreativo, paesaggistico, oltre che ambientale ed ecologico.

Dal punto di vista prettamente economico, è stato stimato che in Italia ogni metro quadro di spiaggia sabbiosa perduta corrisponda a una perdita economica media di circa 1.600 Euro (Cantasano e altri, 2023). Applicando questa stima alle sole spiagge che abbiamo identificato a rischio di essere quasi completamente sommerse, nello scenario più probabile, e attualizzando la stima a oggi, ne risulterebbe rispettivamente una perdita attesa di circa 30 miliardi di Euro per il 2050 e 80 per il 2100.

Per fornire qualche evidenza più articolata del «valore» delle spiagge a rischio è possibile analizzare quali concessioni marittime ovvero quali attività esse ospitano attualmente. Le spiagge sono infatti beni demaniali inalienabili. Parti di esse possono tuttavia essere date in concessione a operatori pubblici e privati per lo svolgimento di attività turistiche, nautiche, ricreative, sportive, produttive o di altro tipo. La presenza di strutture che forniscono diverse tipologie di servizi è una caratteristica distintiva delle spiagge italiane, in particolare lungo i litorali più accessibili e frequentati durante l'estate.

Tra queste attività spiccano gli stabilimenti balneari, in quanto particolarmente frequenti. Gli stabilimenti sono in genere imprese piccole o molto piccole, con circa 6,5 dipendenti ciascuna in media e un numero totale di circa 60.000 lavoratori (Nomisma, 2023). Una su cinque delle concessioni attuali è stata rilasciata negli ultimi 10 anni, in particolare nelle regioni meridionali.

Il tema è inoltre oggetto recentemente di ampi dibattiti, come già accennato. In particolare, l'abitudine di estendere la durata delle concessioni o rinnovarle ai medesimi soggetti gestori è in contrasto con la cosiddetta Direttiva Bolkestein dell'Unione Europea, che impone piuttosto che le concessioni debbano essere soggette ad aste periodiche. Le modifiche che dovrebbero discendere dall'applicazione della Direttiva stanno incontrando notevoli resistenze, giustificate principalmente alla luce della logica sostanzialmente pro-mercato della Direttiva e del rischio che imprese locali e a conduzione familiare possano essere soprafatte da operatori più grandi e al limite transnazionali. L'attuale regime, d'altro lato, è accusato di aver condotto a una sostanziale privatizzazione della maggior parte dei tratti di spiaggia più accessibili e frequentati, a restrizioni illegali all'accesso e alla fruizione delle spiagge, e a una gestione quasi-monopolistica dell'economia balneare.

La pervasività di questi servizi, in ogni caso, implica che la presenza, l'estensione e il numero delle concessioni balneari possano essere indicativi di quanto intensamente le spiagge siano utilizzate e, quindi, dell'impatto negativo derivante dalla loro erosione, dal punto della loro fruibilità. A tal fine si sono utilizzati dei *dataset* di dati aperti forniti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, opportunamente filtrati al fine di includere solo le concessioni marittime che riguardano attività che

si svolgono sulle spiagge o nelle loro immediate vicinanze, escludere i servizi le cui attività non dovrebbero essere compromesse dall'innalzamento del livello del mare (per esempio i servizi nautici) e ovviare a eventuali dati mancanti o imprecisi. Abbiamo per questo considerato circa 18.000 concessioni marittime, delle quali il 53% sono per servizi turistici o ricreativi e tra questi il 70% sono stabilimenti balneari. I risultati sono riportati nella figura 5.4.

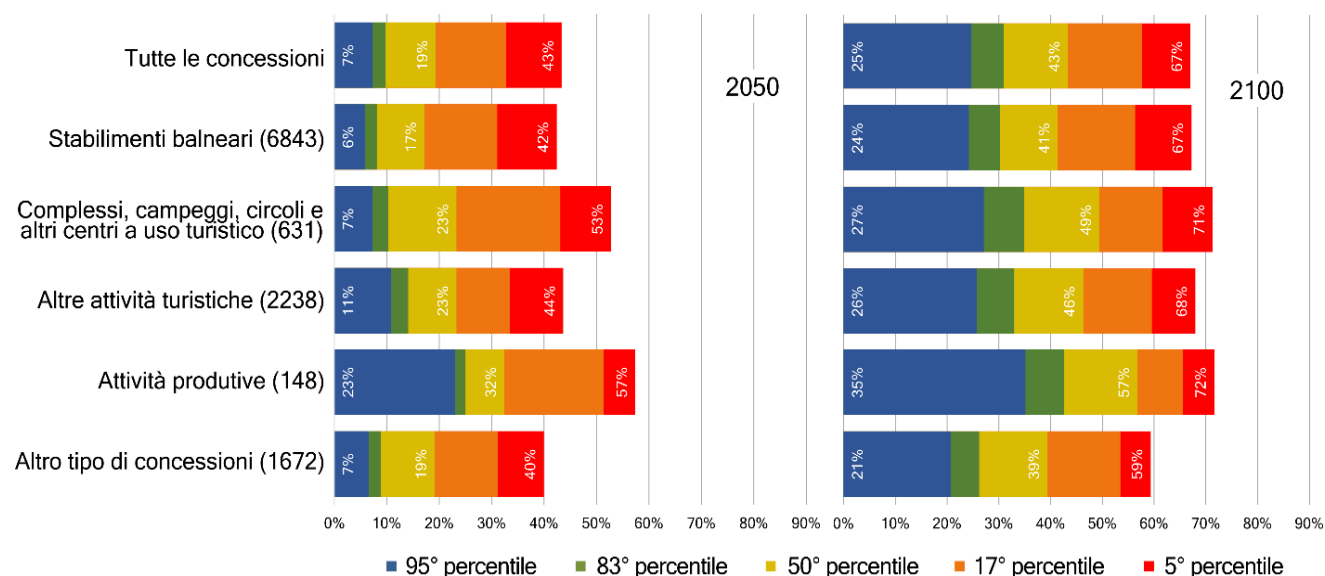


Fig. 5.4. Concessioni marittime per tipologia in spiagge a rischio di sommersione per oltre il 75%, in diversi scenari di probabilità
Fonte: elaborazione su dati Voudoukas e altri, 2020, scenario RCP 4.5, ISPRA, MIT. Le cifre tra parentesi indicano il numero totale delle concessioni per categoria. I dati per Sicilia, Basilicata e Friuli-Venezia Giulia non sono disponibili

Considerando lo scenario mediano (50° percentile), tra il 17 e il 25% delle attuali concessioni risulta in spiagge a rischio di quasi completa sommersione al 2050, il 40-50% entro il 2100, con la sola eccezione delle attività non turistiche, per le quali l'impatto sarà maggiore di circa 10 punti percentuali.

Questi risultati e la loro distribuzione tra le regioni italiane sono, ovviamente, fortemente correlati alle previsioni in termini di spiagge a rischio presentate nel paragrafo precedente. Nella figura 5.5 si confrontano appunto i due risultati, relativa-

mente ai soli stabilimenti balneari, per comprendere in quali contesti l'impatto sarà maggiore nelle spiagge «libere», e in quali nelle spiagge attrezzate. Nel caso del Molise, ad esempio, si prevede che l'arretramento colpirà in modo sproporzionato le spiagge libere (+11%). Lo stesso vale, anche se in misura minore, per le altre regioni al di sotto della diagonale che compare nel grafico. Per le regioni al di sopra della diagonale, invece, l'impatto sulle spiagge attrezzate sarà più intenso. In particolare, si prevede che l'impatto sulle spiagge attrezzate in Campa-

nia nel 2100 sarà il più elevato tra tutte le regioni: il 75% degli stabilimenti balneari campani sono in spiagge a rischio, mentre la regione è al terzo posto in termini di arretramento complessivo delle spiagge. In media, in Italia, si può prevedere che l'impatto sarà leggermente più elevato per le spiagge libere. Associando queste previsioni al numero medio

attuale di dipendenti degli stabilimenti balneari, e al loro fatturato (Nomisma, 2023), si può stimare che gli stabilimenti balneari italiani in spiagge a rischio di essere quasi completamente sommerse entro il 2050 e il 2100 coinvolgano, rispettivamente, circa 10.000 e 25.000 lavoratori, e producano circa 320 e 770 milioni di euro di fatturato.

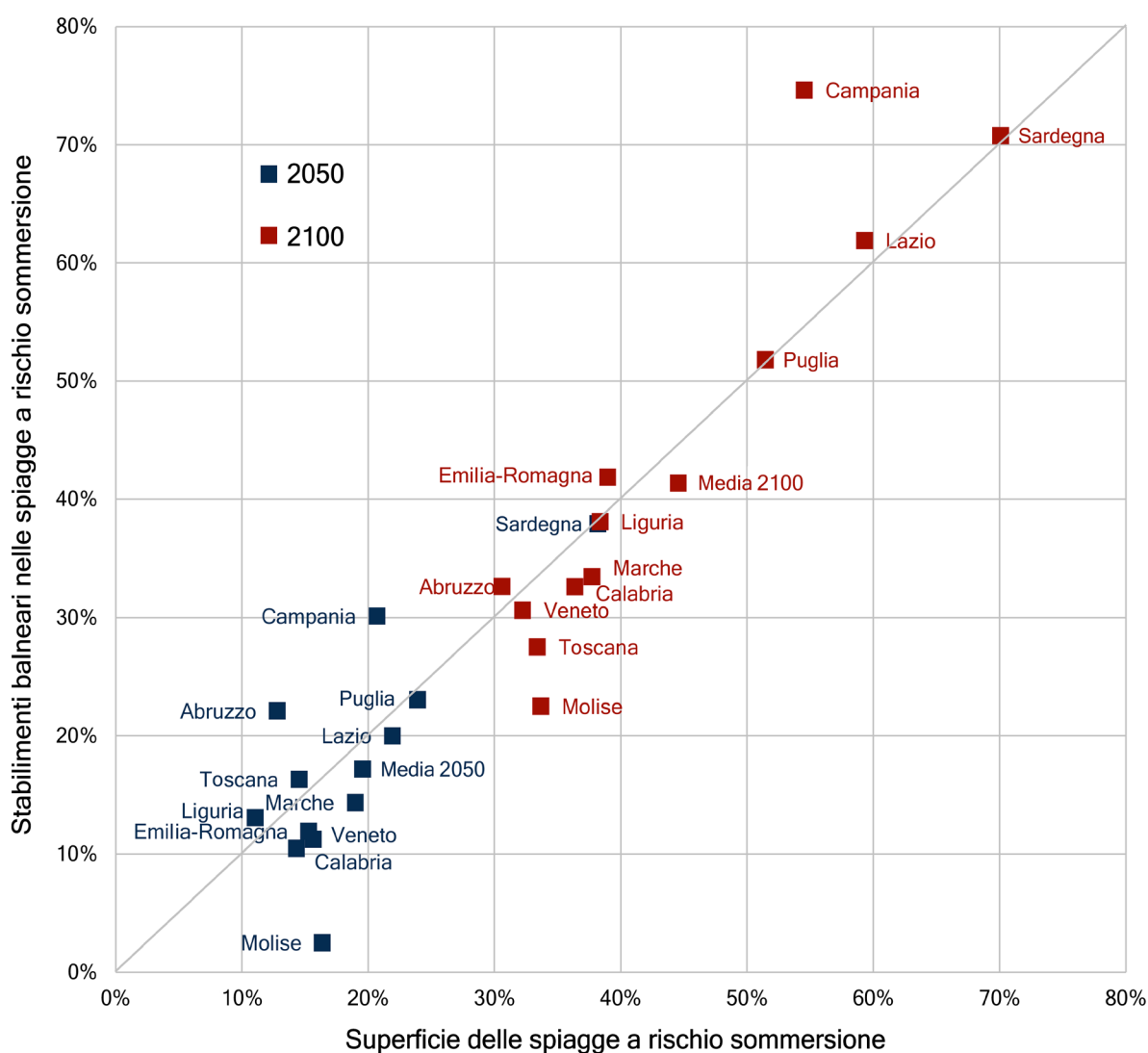


Fig. 5.5. Superficie a rischio e stabilimenti balneari su spiagge a rischio nelle regioni italiane

Fonte: elaborazione su dati Voudoukas e altri, 2020, Scenario RCP 4.5, 50° percentile, ISPRA, MIT. I dati per Sicilia, Basilicata e Friuli-Venezia Giulia non sono disponibili

Le difese costiere: storia, problematiche e implicazioni

Se l'erosione dei litorali è ascrivibile, come si è visto, a una moltitudine di fattori, tra gli effetti più evidenti e problematici vi è senza dubbio la riduzione delle spiagge.

A fronte di tali dinamiche, in Italia la difesa dei litorali si è a lungo basata sulla mitigazione o eliminazione del rischio, attraverso misure volte a ridurre la vulnerabilità con interventi strutturali (protezione passiva) e la pericolosità mediante la modifica del processo (intervenendo sulle cause) o la resistenza ad esso (Panizza, 2005). Fin dall'inizio, inoltre, il tentativo di stabilizzare la linea di riva è stato operato tramite la realizzazione di manufatti di opposizione all'energia del moto ondoso o al flusso dei sedimenti con opere trasversali. Successivamente si è puntato anche all'aumento del volume degli apporti con materiali estratti da terra o da dragaggio dei fondali – i cosiddetti ripascimenti artificiali. Le soluzioni strutturali (*hard*), quelle di alimentazione artificiale, e altre mirate a contenere il deflusso di sedimenti (*soft*), possono presentarsi combinate in progetti più complessi (Pranzini, 2004).

I primi segni di attenzione ai fenomeni di erosione in Italia risalgono agli anni successivi all'unificazione. Come ricordato da Antonio Petrillo (2007), nella legge fondamentale sui lavori pubblici 2248/1865, compare il riferimento a «opere e lavori di costruzione e di manutenzione dei porti, dei fari e delle spiagge marittime»; mentre nella legge 543/1907 si elencano i principi delle opere che «abbiano lo scopo di arrestare il processo di corrosione e difendere gli abitati dalle corrosioni prodotte dal mare», anche a seguito di eventi come l'erosione osservata in quegli anni sulla sponda sinistra della foce dell'Arno. In questi primi provvedimenti si sollecita la tutela soltanto verso i manufatti e non ancora verso la costa in generale. Ma è a partire dal secondo dopoguerra che si registrano le riflessioni e gli interventi più importanti. Nel luglio 1967, pochi mesi dopo le alluvioni che avevano coinvolto Firenze e Venezia, veniva istituita la Commissione cosiddetta De Marchi che, nell'arco di un paio di anni, avrebbe prodotto una vasta relazione sul dissesto idrogeologico del Paese e sugli interventi necessari per la messa in sicurezza dei territori. In essa si sottolineava, tra le altre cose, che l'elevato costo delle opere di difesa consigliava di porre l'attenzione soltanto su spiagge «di una certa importanza [...] che deve essere valutata con riferimento sia al turismo che alla difesa dei centri abitati balneari, alla protezione di ferrovie, strade, bonifiche ecc.» (CISSIDS, 1970, pp. 166-167). Una sottocommissione dedicata alla «Difesa dal mare dei territori litoranei», presieduta dall'ingegnere Guido Ferro, produsse inoltre – tra i vari allegati – una carta nazionale in cui venivano evidenziati i circa 600 km di tratti in erosione alla fine degli anni Sessanta.

L'espansione della motorizzazione civile e lo sviluppo della viabilità, delle industrie lungo le linee costiere (prima interessate soltanto dalla presenza di cantieri navali), la diffusione degli stabilimenti balneari e l'importanza degli insediamenti agricoli permessi dalle bonifiche – aspetti che si registrano soprattutto in concomitanza con il *boom* economico – avevano contribuito a consolidare un «interesse nazionale e non più locale della conservazione delle spiagge», il quale imponeva allo Stato la salvaguardia dei litorali.

La sottocommissione invitava inoltre a soffermarsi sull'innalzamento del livello marino dovuto allo scioglimento delle calotte polari, sulla temperatura media del mare e sulle implicazioni per la linea di costa, indicando la necessità di realizzare una rete mareografica efficiente (CISSIDS, 1970, pp. 520-527). Tra il 1975 e il 1989, inoltre, si assiste al passaggio dallo Stato alle regioni delle competenze in materia di ambiente e demanio marittimo, oltre all'introduzione dell'obbligo di programmazione e cura della protezione delle coste, nonché del ripascimento degli arenili (Guadagno e Grasso, 2022). Nel 1981, il CNR pubblica le *Raccomandazioni tecniche per la protezione delle coste*, in cui le opere di difesa mirate ad arrestare l'azione erosiva del mare si distinguono in difese aderenti, pennelli, frangiflutti foranei, ripascimenti e spiagge artificiali, opere di protezione di porti e canali di accesso, dune e argini a mare. Nel 1985, inoltre, vengono pubblicati i primi fogli dell'*Atlante delle spiagge italiane*, in cui si raccoglievano dati sul moto ondoso, gli apporti fluviali, le morfologie costiere e l'evoluzione della linea di riva, lo stato di erosione o di accumulo delle spiagge, lo stato delle dune e la presenza di opere antropiche, comprese quelle a difesa dei litorali (Pranzini, 2023). I dati pubblicati certificavano spiagge in erosione lungo 1.039 km di costa e circa 166 km di ampliamenti. Il 18 maggio 1989 viene emanata la prima Legge nazionale sulla Difesa del Suolo (n. 183).

Riguardo l'assetto attuale dei litorali e delle opere di difesa, i dati sulla dinamica costiera elaborati dall'ISPRA al 2020 evidenziano un'instabilità su 1.913 km di litorali (943 per erosione e 970 per avanzamento) con una tendenza leggermente positiva, rispetto a quanto osservato a partire dal 1950 per quanto riguarda stabilità e tratti di costa in avanzamento (ISPRA, 2023).

L'anno precedente, il 27,5% delle coste basse (quasi 1200 km) risultava difeso da opere rigide, con dati compresi tra il 2,3% della Sardegna o l'8,5% della Basilicata, il 52,6% del Veneto, il 58,6% dell'Abruzzo, il 65,9% del Molise e il 67,4% delle Marche (Barbano, 2021). Queste regioni registrano quindi una densità molto pronunciata di opere di difesa per chilometro di costa (figura 5.6).

Seguendo Pranzini (2004), le opere di difesa dei litorali si possono articolare secondo la seguente classificazione. Le *scogliere parallele*, in primo luogo, sono realizzate a distanza dalla riva, con scogli, tubi, sacchi di sabbia o prefabbricati in cemento armato. Utili a ridurre l'energia del moto ondoso e favorire la sedimentazione delle sabbie, comportano spesso un'accentuata erosione dei segmenti di litorale sottoflutto, come è particolarmente evidente lungo la costa adriatica. Si può altresì registrare la formazione di salienti o di tomboli di collegamento tra le scogliere e la riva. L'impatto delle onde può inoltre causarne alla lunga il collasso. Possono essere anche sommerse; in tal caso non ostacolano (come avviene nel caso di quelle emerse) le correnti lungo la costa e il relativo trasporto sedimentario, riducendo al contempo la riflessione dell'onda. Tuttavia, la maggiore risalita del moto ondoso sulla spiaggia può comportare un aumento dell'erosione. Barriere di questo tipo sono particolarmente numerose nelle regioni Marche, Sicilia e Abruzzo, e frequenti anche in Molise ed Emilia-Romagna.

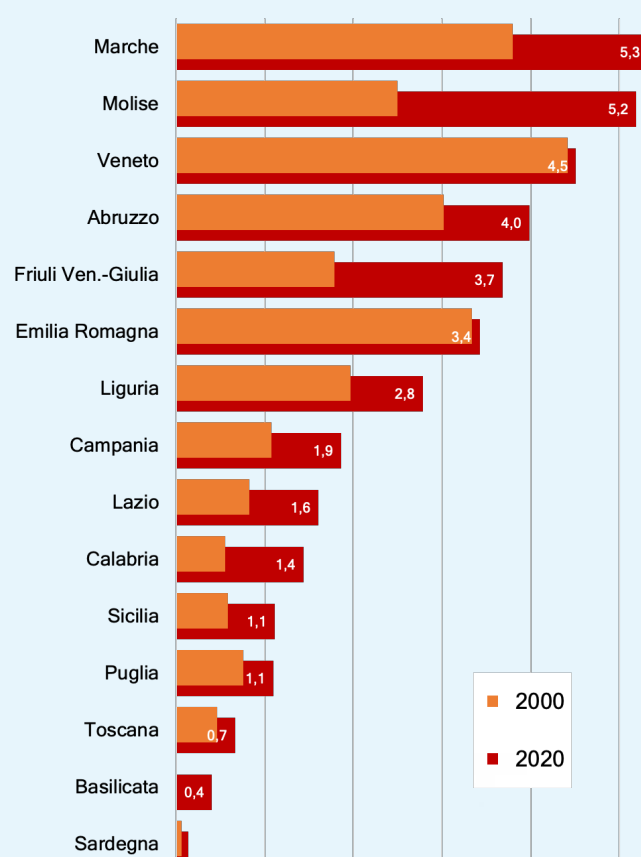


Fig. 5.6. Opere di difesa costiera per km di costa nelle regioni Italiane, 2000 e 2020

Fonte: elaborazione su dati ISPRA, 2023

I *pennelli* (singoli o a sistemi), in secondo luogo, sono scogliere perpendicolari o oblique alla riva, allineate alla direzione delle onde prevalenti. Sono realizzate in pietrame, legno, calcestruzzo o palancole metalliche, in strutture continue o segmentate. Riducendo il flusso sedimentario portano all'espansione della spiaggia sopraflutto con contestuale erosione di quella sottoflutto in un apparente equilibrio tra accumuli e perdite. Una perdita netta può tuttavia verificarsi quando il flusso di sedimenti accumulato viene gradualmente spinto verso il largo. Barriere di questo tipo sono particolarmente numerose in Sicilia, Puglia, Liguria e frequenti anche in Veneto e Molise.

Le *scogliere radenti o aderenti*, in terzo luogo, sono realizzate sulla battigia, con materiali di risulta, calcestruzzo o elementi apposti come massi di cava, palancole metalliche o palizzate in legno. Il loro diffuso utilizzo ha permesso di evidenziarne numerosi effetti negativi in termini paesaggistici, di accentuazione dell'erosione e di cambiamento della morfologia della costa. La maggior parte di esse ha peraltro un impatto paesaggisticamente negativo, dovuto anche all'accumulo di rifiuti, e sono difficilmente valicabili. Provocano inoltre un progressivo approfondimento del fondale antistante. Il conseguente e crescente impatto sulla struttura, a meno di costosi interventi di manutenzione, può essere causa di crollo e, in alcuni casi, di un allungamento del tratto interessato dall'erosione. Barriere di questo tipo sono particolarmente numerose in Sicilia, Liguria, Calabria e Campania, e particolarmente frequenti in Veneto e Friuli.

Altre forme di protezione sono relativamente più rare. Le *piattaforme-isola*, ad esempio, sono delle strutture circolari che provocano onde riflesse divergenti, interferendo meno con quelle lineari incidenti, e possono essere utilizzate per fini turistici. Sono molto rare, e ancora presenti quasi esclusivamente in Sicilia e Campania. I *setti sommersi* sono invece pennelli di scogli parzialmente o completamente sommersi, perpendicolari alla riva. Si innalzano per 1-2 metri dal fondale e bloccano la parte di sedimenti coinvolta nel movimento di rotolamento e saltazione (che ha una funzione determinante nella formazione della spiaggia). Comportano un'erosione minore per le spiagge sottoflutto. I *pennelli emersi permeabili*, invece, vengono disposti in linee di pali piantati nel fondale. Sono poco utilizzati in Italia, tranne alcuni esempi sulla costa toscana alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso. Tra gli interventi di difesa costiera va inoltre inclusa come detto anche l'*alimentazione artificiale dei litorali* per incrementare l'input sedimentario con materiali non provenienti dagli altri segmenti di spiaggia: la necessità di ripetere ciclicamente l'intervento e di individuare il materiale granulometricamente più affine rendono notevoli i costi dell'intervento.

Seguono diverse difese 'non convenzionali', quali le *dry beaches*, nelle quali un tubo drenante nei pressi della linea di riva immette l'acqua delle mareggiate in collettori da cui verrà riversata nuovamente in mare (come nei sistemi realizzati a Ostia, Procida e Alassio) o in impianti di itticoltura; e altri metodi di riduzione dell'energia del moto ondoso quali la copertura del fondale con *alghe sintetiche*, che presentano però problemi legati alla loro stabilità, la realizzazione delle *barriere galleggianti* – ancora più complessa e invasiva – e le *piastre* posizionate a largo, su pilastri a pochi metri dal fondale, per ridurre l'energia dell'onda.

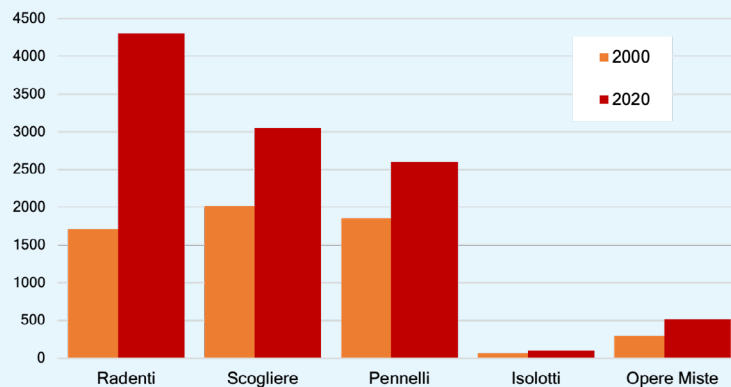


Fig. 5.7. Opere di difesa costiera per tipologia in Italia, 2000 e 2020

Fonte: ISPRA, 2023

Tutte le opere di difesa implicano ovviamente un impatto ambientale e influenzano la geomorfologia dei litorali, il paesaggio e gli ecosistemi sia nelle aree interessate che in quelle limitrofe. Tali ragioni dovrebbero spingere a privilegiare soluzioni del tutto diverse, quali quelle descritte nella prossima scheda, basate sulla rinaturalizzazione dei litorali e sulla riduzione dei fattori antropici che contribuiscono all'erosione e alla vulnerabilità.

I dati ISPRA registrano oltre 10.500 opere di difesa costiera nel 2020, con un incremento di quasi il 59% durante i venti anni precedenti (figura 5.7). I dati descrivono inoltre un aumento consistente delle opere radenti e di interventi “con carattere d’urgenza”, realizzati a difesa di infrastrutture; e di opere di difesa del tutto o parzialmente sommerse per cercare di conciliare efficienza idraulica e impatto ridotto.

A grandi linee, si possono distinguere la notevole presenza di opere distaccate dalla riva (scogliere) lungo i litorali sabbiosi delle regioni medio-adriatiche (dal Molise all’Emilia-Romagna); pennelli e opere radenti nel nord Adriatico, in Veneto e Friuli; scogliere e opere miste invece in Campania e parte di Puglia e Calabria. Riguardo le isole, sia in Sardegna che in Sicilia le opere di difesa sono approssimativamente raddoppiate in venti anni.

5.3. *Arretrare o resistere? Implicazioni e alternative*

Di fronte alle sfide derivanti dagli scenari descritti nei paragrafi precedenti il dibattito ruota intorno a due alternative in qualche modo opposte: resistere a tutti i costi ergendo strutture di protezione e di difesa costiera, oppure favorire l'adattamento naturale della linea di costa attraverso strategie cosiddette di «riallineamento gestito» e di «arretramento gestito» (si vedano le relative schede).

Per quel che riguarda in particolare le spiagge, è importante sottolineare che gli scenari di impatto assumono che la loro forma e posizione rimanga inalterata nei prossimi decenni, anche a fronte di intense dinamiche erosive. In realtà non è così: le spiagge in erosione tendono infatti naturalmente ad arretrare e a «migrare» verso l'interno. Tuttavia, sebbene ciò sia generalmente vero, tale aspettativa deve essere opportunamente contestualizzata. Lungo gran parte della linea costiera italiana l'arretramento «naturale» è fisicamente impossibile a causa della morfologia della costa o per via dell'elevata urbanizzazione e della presenza di insediamenti e infrastrutture.

Nella figura 5.8 si può osservare che per circa metà della sua lunghezza il retrospiaggia in Italia è occupato da strutture artificiali, ovvero è urbanizzato (39%), occupato da strutture turistiche (7%) o da infrastrutture costiere (4%). La situazione è molto differenziata nelle diverse regioni, con punte del 60-90% di retrospiaggia artificiale in un terzo di esse. In regioni quali l'Abruzzo, le Marche e la Liguria, quindi, la porzione di spiagge a rischio è

minore che altrove, ma l'arretramento naturale delle spiagge è di fatto impedito dall'ampissima porzione di retrospiaggia artificializzato. Il contrario è vero, in particolare, per la Sardegna e per la Puglia, laddove l'erosione sarà molto intensa ma avverrà lungo litorali più naturali e quindi potenzialmente più resilienti. Lo scenario peggiore, da questa prospettiva, è in Friuli Venezia-Giulia, Lazio e Campania, laddove forti processi erosivi avverranno lungo coste intensamente urbanizzate.

È inoltre essenziale considerare che le attuali strategie di risposta all'erosione costiera sono quasi esclusivamente orientate a resistere a tutti i costi attraverso la realizzazione, l'estensione e il rafforzamento di difese costiere quali le scogliere artificiali e i pennelli (si veda la scheda). Si calcola come detto che circa 1.200 km di costa italiana siano attualmente protetti da strutture artificiali, ovvero più di un quarto della lunghezza totale delle spiagge sabbiose, con un aumento del +10,6% dal 2010 al 2020 (Nanni e altri, 2023).

I rischi e gli effetti negativi delle difese costiere sono ben noti. Da un lato, si tratta di interventi relativamente poco costosi che garantiscono livelli prevedibili di sicurezza nel breve termine. Per questo sono molto diffusi lungo le coste più urbanizzate e turistificate. D'altro lato le barriere artificiali denaturalizzano e artificializzano i paesaggi costieri, peggiorano la qualità delle acque, e soprattutto rischiano di aggravare complessivamente i processi erosivi, in particolare presso le coste contigue e sottoflutto, conducendo alla progressiva estensione delle difese esistenti.

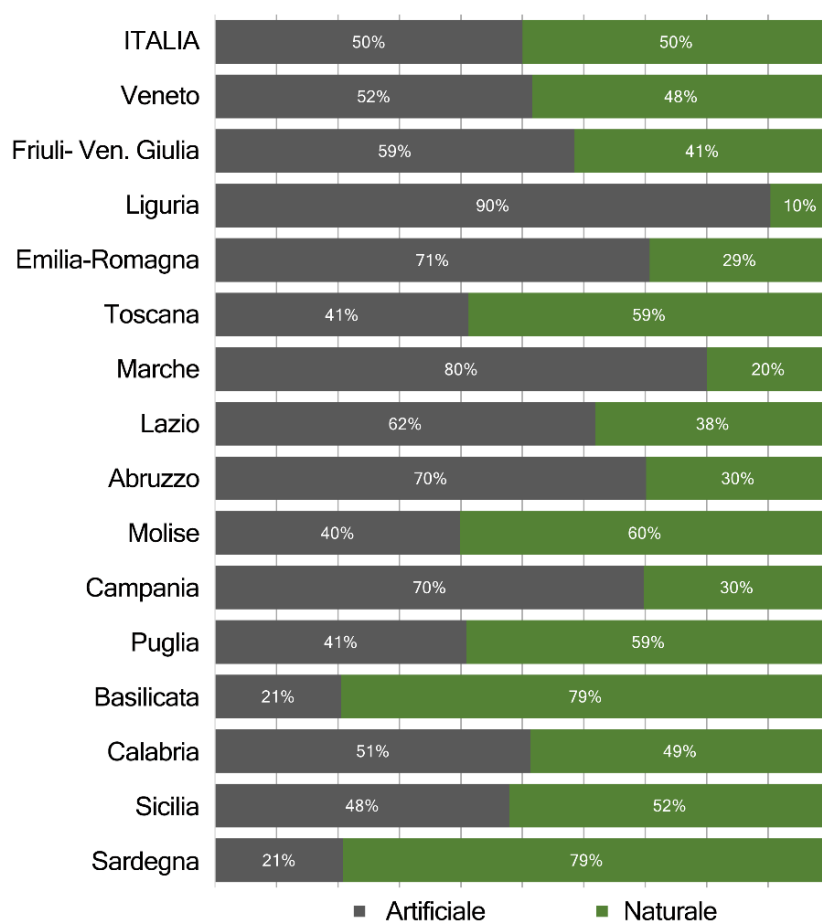


Fig. 5.8. Porzione di retrospiaggia artificiale e naturale nelle regioni italiane

Fonte: elaborazione su dati ISPRA, 2020

Nel lungo termine queste strategie di «resistenza» aumentano quindi complessivamente il grado di esposizione e di vulnerabilità dei litorali sabbiosi, limitando gravemente la loro naturale resilienza, aumentandone la rigidità e impedendone l'adattamento e l'arretramento naturale. In uno scenario come quello delineato nelle sezioni precedenti, è stato dimostrato che tali strategie saranno sempre meno efficaci e anche sempre meno convenienti rispetto a strategie alternative di adattamento e di arretramento gestito (Turner e altri, 2007), non solo per il progressivo innalzamento del livello del mare, ma perché implicano costi di manutenzione più alti.

L'effetto della crisi climatica, in questo quadro, rischia di essere non solo la scomparsa di molte spiagge, ma una sempre più intensa e pervasiva denaturalizzazione, artificializzazione e ingegnerizzazione di un'ampissima porzione dei litorali italiani più frequentati e più attrattivi.

Anche per questo numerosi studiosi e associazioni ambientaliste promuovono da tempo strategie più «naturali» e adattive. Le strategie di riallineamento e arretramento gestito, in particolare, sono per certi versi opposte a quelle basate sulle difese costiere anche perché implicano, al contrario, un sostanziale, coraggioso ma anche complicato

e costoso – da diversi punti di vista – intervento di rinaturalizzazione dei litorali. Tale rinaturalizzazione non è solo strumentale a consentire il riallineamento e l'arretramento della linea di costa. Avrebbe di per sé effetti positivi dal punto di vista paesaggistico, ambientale e ridurrebbe le pressioni antropiche che sono concausa dei processi erosivi in atto e che riducono la resilienza dei paesaggi costieri: l'urbanizzazione, il sovra-sfruttamento, il consumo e il degrado del suolo.

Gli effettivi esperimenti di riallineamento e arretramento gestito sono tuttavia in Italia quasi inesistenti. E nonostante i loro evidenti limiti e ambivalenze, è improbabile che gli attuali approcci al problema vengano abbandonati in favore di strategie più razionali, efficaci nel lungo periodo e che fanno affidamento sulla naturale resilienza dei litorali sabbiosi, per diversi motivi. In primo luogo, per via del cosiddetto «effetto argine»: una volta che una barriera viene eretta, lo sfruttamento del territorio retrostante si intensifica, aumentando di conseguenza gli incentivi a rafforzare ulteriormente le protezioni esistenti. In secondo luogo, i litorali sabbiosi in Italia sono di fatto gestiti da una coalizione di interessi composta dalle amministrazioni locali, dagli operatori turistici e dalle imprese che si occupano di questi interventi, fortemente orientata alla conservazione dello *status quo* (Pranzini, 2018). Dal punto di vista degli operatori locali, l'arretramento gestito implica incertezze e una notevole restrizione alla loro operatività, il che è evidentemente in contrasto con il regime di fatto privatistico e di *laissez-faire* che attualmente prevale lungo le coste italiane. Le difese costiere, d'altro lato, assicurano gli operatori rispetto alla continuazione delle loro attività e al mantenimento del loro valore, essendo tali attività indissolubilmente legate alla posizione che esse attualmente occupano. Tali assicurazioni, tuttavia, nel medio termine potrebbero rivelarsi illusorie. Un modo per affrontare il problema potrebbe essere quello di introdurre regimi di concessione o di au-

torizzazione che tengano conto del progressivo arretramento della linea di costa.

Bisogna tuttavia tenere conto della scarsa efficacia e anche delle ambiguità dei regimi attuali di pianificazione costiera, di cui si parlerà più estesamente negli approfondimenti relativi alle coste campane e marchigiane riportati di seguito, nonché nell'ultimo capitolo del Rapporto. In molti comuni costieri, in particolare in quelli più turistici, è particolarmente evidente la sistematica prevalenza di interessi privati, di breve periodo e meramente economici su quelli collettivi, ambientali e a lungo termine. In molti di questi contesti come si è detto lo sfruttamento delle coste avviene al di fuori di una qualsiasi effettiva pianificazione, ed è a volte del tutto abusivo. D'altro lato, le demolizioni sono rarissime, anche nel caso di costruzioni non autorizzate che contribuiscono in modo significativo al degrado del paesaggio e alla vulnerabilità, o perfino quando comportano specifici rischi. Le norme esistenti – a cominciare dalla più volte citata Legge Galasso – sono spesso disattese o poco efficaci. La prospettiva di una pianificazione costiera proattiva ed efficace è quindi particolarmente problematica.

Di questi temi si discuterà nell'ultimo capitolo. Preme qui tuttavia sottolineare che, in primo luogo, gli stessi esiti degli scenari e delle previsioni presentate nei paragrafi e capitoli precedenti dipendono in misura cruciale da quali strategie di mitigazione e adattamento alla crisi climatica saremo in grado di mettere in atto, non solo a livello internazionale o nazionale, ma anche a livello regionale e soprattutto locale. Sebbene siano sottoposti a pressioni analoghe, i contesti costieri sono talmente differenziati e specifici da richiedere valutazioni caso per caso, come in parte si tenta di fare nelle parti del Rapporto che approfondiscono specifici contesti. La stessa preferibilità di interventi di riallineamento, arretramento o difesa deve essere valutata alla luce delle specificità di ogni tratto di costa. In secondo luogo, ne discende che la strategia «migliore» non può es-

sere determinata in astratto sulla base esclusivamente del suo costo-efficacia, ovvero dal punto di vista tecnico ed economico. È essenziale tenere in conto il contesto socio-politico più ampio, nel quadro di un'adeguata consapevolezza delle sfide enormi che la crisi climatica comporta. Gli effetti della crisi d'altro lato renderanno sempre più evidente l'insostenibilità degli approcci correnti e la necessità di un ripensamento radicale dei regimi di gestione costiera.

In questo quadro l'arretramento gestito è una sfida allo stesso tempo tecnica e politica, perché può essere considerato come una pratica di gestione costiera intrinsecamente trasformativa (Kates e altri, 2012), capace di cambiare radicalmente la percezione sociale del rischio climatico, e sfidare gli approcci di adattamento più tecnottimistici e meramente conservativi (Siders e altri, 2021).

Rinaturalizzare le coste: il riallineamento e arretramento gestito

Nell'ambito del dibattito sull'erosione costiera e sull'impatto della crisi climatica è molto ampio il consenso sulla necessità di un nuovo paradigma basato sull'adattamento pianificato e sull'adozione di soluzioni «basate sulla natura» quali il riallineamento gestito e l'arretramento gestito. Tali approcci non sono tuttavia né semplici né privi essi stessi di ambivalenze.

Il riallineamento gestito o *managed realignment* consiste in una serie di interventi di ingegneria leggera volti a fare spazio al mare e favorire il riallineamento naturale della linea di costa, sfruttando e promuovendo la capacità adattativa delle coste, anche tramite la rimozione delle protezioni artificiali o consentendo la loro rottura naturale. L'obiettivo è che la costa si adatti all'erosione in maniera dinamica, naturale, flessibile e autosostenibile (Esteves, 2014). In molti casi gli interventi prevedono anche la creazione di *habitat* intercotidali che forniscono una protezione naturale e dinamica alle coste, quali le paludi o i banchi di fango (Turner e altri, 2007). Si tratta di un classico esempio di *nature-based solution* il cui obiettivo è favorire una gestione costiera più sostenibile e resiliente. Oltre a comportare di per sé notevoli benefici ambientali, si tratta di soluzioni più economicamente efficienti nel medio periodo rispetto alle protezioni costiere, soprattutto alla luce delle previsioni di progressivo innalzamento del livello del mare. Gli esperimenti in tal senso sono tuttavia relativamente rari. In Europa sono stati documentati nel 2015 circa 140 interventi di riallineamento gestito, generalmente di piccola scala e limitati solo a una porzione dell'area a rischio, nessuno dei quali è in Italia (Esteves e Williams, 2017). Il riallineamento è ad esempio al centro del *National Adaptation Programme* del Regno Unito, anche al fine di contenere le ingenti spese per le difese costiere, che si prevede raggiungerebbero i 200 milioni l'anno entro il 2030, il 60% in più della spesa attuale.

L'arretramento gestito, o *managed retreat*, implica «lo spostamento pianificato, intenzionale e coordinato di persone, beni e attività lontano dal rischio» (Siders, 2019). Si configura anch'esso come un'alternativa alle strategie di protezione strutturale e artificiale delle coste, nonché a forme di adattamento alternative quali la sopraelevazione delle strutture costiere. Esso è in particolare necessario laddove la presenza di infrastrutture o l'urbanizzazione costiera impedisce la realizzazione di interventi più leggeri di riallineamento gestito. Negli Stati Uniti sono stati realizzati diversi interventi in tal senso, ma limitati ad aree a rischio di gravi inondazioni. Complessivamente si è stimato che circa 1,3 milioni di persone siano state reinsediate in almeno 27 casi di arretramento gestito in varie parti del mondo negli ultimi tre decenni (Hino e altri, 2017). Entrambe le tipologie di intervento incontrano diverse difficoltà, ostacoli e barriere tecniche, econo-

niche, socio-culturali, psicologiche, ambientali e relative all'incertezza rispetto alle dinamiche future di evoluzione costiera: ostacoli che ne hanno fino ad ora limitato l'applicazione quasi esclusivamente ad aree non urbanizzate o a situazioni di rischio elevato e conclamato.

L'arretramento gestito è particolarmente impegnativo e incontra spesso una forte resistenza. Le principali barriere sono di natura psicologica – tende ad essere malvisto dalla popolazione locale e dagli operatori economici, anche a causa di pregiudizi cognitivi che favoriscono atteggiamenti ottimistici – e istituzionale – gli attori locali responsabili della gestione costiera tendono spesso a preferire strategie di mera resistenza e di perpetrazione dello *status quo* (Siders, 2019).

Si tratta d'altronde di strategie controverse che sollevano interrogativi relativi ai processi decisionali adottati, spesso poco inclusivi e trasparenti, agli strumenti tecnici e legali disponibili, alla loro effettiva efficacia rispetto a strategie più note, e all'equa distribuzione dei relativi costi e benefici – economici, ma anche intangibili. L'arretramento gestito implica inoltre generalmente l'acquisizione preventiva delle strutture soggette ad arretramento da parte dello Stato: coloro che abitano in zone a rischio possono vendere le loro abitazioni ai governi centrali o locali e trasferirsi in aree ritenute più sicure. Nonostante negli Stati Uniti ci siano stati diversi interventi, come detto, l'arretramento gestito è in molti contesti considerato una sorta di *taboo* soprattutto perché inteso come sinonimo di fallimento di fronte all'avanzata dell'acqua e perché è considerato una limitazione dei diritti di proprietà privata. Anche per questo l'opzione è spesso limitata ad aree con situazioni di rischio elevato e conclamato.

Cruciale in questo senso è che le comunità locali siano rese protagoniste delle strategie di adattamento, evitando tuttavia che i relativi costi ricadano interamente su di loro. È importante inoltre coinvolgere adeguatamente tutti i livelli di governo rilevanti, con una particolare attenzione alla costruzione del consenso e alla giustizia sociale e spaziale (Hurlimann e altri, 2014). La realizzazione di interventi pilota e sperimentali può essere essenziale per mostrare i benefici di queste strategie e favorirne la diffusione anche altrove.

L'adattamento, d'altronde, in molti casi è finalizzato a preservare l'esistente (adattamento incrementale), ma in casi più rari a trasformarlo radicalmente (adattamento trasformativo). L'adattamento trasformativo è l'approccio più radicale ed efficace ma anche il più complesso poiché richiede non solo un cambiamento delle relazioni socio-politiche ma anche di quelle visioni e di quei paradigmi all'interno dei quali queste sono riprodotte.

Riallineamento e arretramento gestito sono, in questo, anche in palese opposizione non solo a strategie di mera resistenza, ma più in generale agli approcci all'adattamento più tecno-ottimistici e conservatori. È stato tuttavia evidenziato che, anche quando pianificatori e *policy-maker* esprimono una chiara preferenza per approcci non meramente protettivi e di resistenza, questi tendono a perpetrarsi per via di una serie di vincoli legislativi e finanziari, per la forza degli interessi consolidati o semplicemente per inerzia. Le caratteristiche naturali e antropiche di molti contesti costieri, inoltre, possono rendere l'arretramento gestito semplicemente impossibile o incredibilmente costoso. Il rischio, come detto, è che prevalgano strategie di natura meramente protettiva che, di fronte agli effetti sempre più visibili e gravi della crisi climatica, non potranno che comportare la progressiva artificializzazione di porzioni sempre più ampie di litorale. Le sfide e gli scenari sull'impatto della crisi climatica possono, d'altro lato, contribuire a un ripensamento più generale e radicale degli attuali regimi di organizzazione e di gestione delle coste.

5.a. Erosione costiera e crisi climatica nelle Marche

L'erosione della costa marchigiana dal XIX secolo a oggi

Il litorale delle Marche incarna molti degli elementi che costituiscono il ricco tessuto naturale, storico e culturale della costa italiana e, in particolare, dell'Adriatico Centrale. Il patrimonio ambientale, in parte protetto in riserve naturali, forma una peculiare miscela di diverse unità geomorfologiche costituite da spiagge interposte a settori di costa rocciosa. Queste si fondono con la crescente pressione dell'attività umana su un sistema ambientale dotato di un equilibrio dinamico naturale di per sé molto precario, che nel tempo ha affrontato diversi mutamenti sia a scala locale sia per settori più estesi. È noto, infatti, che i sedimenti resi disponibili dai processi erosivi nei bacini idrografici, i cui versanti possono essere anche molto distanti dalla costa, e dal trasporto solido dei corsi d'acqua, rappresentano l'alimentazione naturale delle spiagge nonché il principale fattore di bilancio dei sistemi costieri di contrasto dell'erosione. Venendo a mancare o riducendosi l'apporto sedimentario dei corsi d'acqua, il sistema litoraneo si riequilibra su assetti diversi e può entrare in crisi in tempi più o meno brevi, in funzione delle maggiori o minori riserve di sedimenti presenti lungo costa o *input* dai settori costieri limitrofi, oltre che dei maggiori o minori cambiamenti delle dinamiche marine.

Nel caso delle Marche si è storicamente assistito a molte di queste variazioni. Dagli inizi del secolo scorso, la riforestazione e le pratiche agricole hanno ad esempio causato un evidente arretramento delle foci fluviali. Le infrastrutture costiere, tra cui la linea ferroviaria molto vicina alla costa, hanno comportato la perdita delle dune litoranee, che rappresentano riserve naturali di sedimenti. Le attività economiche, tra cui l'industria e la pesca, hanno avuto anch'esse un impatto significativo, causando cambiamenti paesaggistici e ambientali.

Il turismo balneare ha accelerato l'urbanizzazione costiera, con la costruzione di insediamenti, stabilimenti balneari e manufatti proprio in molte delle aree più instabili.

Di fatto, le risposte a tali sfide costiere hanno principalmente coinvolto interventi strutturali di difesa delle spiagge e di ripascimento artificiale, ma tali misure hanno spesso aggravato la retrocessione del litorale. In questo senso il caso delle Marche è paradigmatico della situazione italiana, con risposte alle criticità dei litorali basate (per gran parte della loro storia) su interventi ingegneristico-strutturali di protezione, localizzati e focalizzati su specifici settori e con poca attenzione al contesto più ampio. Una rinnovata consapevolezza dei valori e delle connessioni territoriali, sia tra i cittadini che tra le istituzioni, inserisce le Marche in un dibattito nazionale volto alla ricerca di politiche veramente efficaci, ma che tengano conto di quanto la pressione antropica abbia già alterato gli equilibri naturali.

La costa marchigiana si estende per una lunghezza complessiva di 172 km, di cui 144 km costituiti da tratti costieri bassi, il resto da rilievi costieri quali a nord il monte San Bartolo e il Colle Ardizio, il monte Conero al centro e le aree collinari della zona di Pedaso a sud. Le coste del monte San Bartolo e del monte Conero sono caratterizzate da falesie, ovvero formazioni rocciose con pareti a picco sul mare. Il litorale è caratterizzato dalle foci di tredici fiumi principali, che forniscono quasi tutto il carico sedimentario che raggiunge l'area costiera, con un contributo minore dovuto all'erosione delle falesie. In corrispondenza delle pianure alluvionali costiere dei fiumi si riscontrano ampie spiagge ghiaioso-sabbiose (Buli, 1994; CNR-MURST, 1997), mentre nelle aree alla base di falesie inattive, ovvero non soggette all'azione erosiva diretta delle onde, si trovano spiagge di dimensioni più ridotte, ma comunque significa-

tive. Le falesie attive, esposte cioè all'erosione diretta del mare, invece, sono spesso caratterizzate da una stretta fascia ciottolosa alla loro base. In alcuni settori di costa alta si possono osservare spiagge confinate o *pocket beach*, anche piuttosto sviluppate, come ad esempio lungo il promontorio del Conero.

È importante notare che la linea di costa ha raggiunto la sua posizione attuale in tempi recenti. In epoca romana, le foci fluviali erano più arretrate rispetto alla loro posizione attuale (Acciarri e altri, 2016; AA.VV., 2006; Coltorti, 1997; Galiè, 2001). Successivamente, si è verificato un complessivo avanzamento con un'evoluzione abbastanza articolata, caratterizzata da più fasi di accrescimento e arretramento. Le aree di costa alta hanno invece subito un generale arretramento che si è interrotto, a eccezione che nel caso di falesie ancora attive, con la formazione della più recente piana costiera. Durante la Piccola Età Glaciale, dal 1450 al 1850 circa, si è verificato un deterioramento climatico (Ladurie, 2004), nell'ambito del quale la linea di riva marchigiana è stata interessata da un generale avanzamento, grazie a un grande apporto di sedimenti fluviali al mare, causato dall'aumento delle precipitazioni, dall'abbassamento del limite superiore della vegetazione e dal disboscamento legato all'utilizzo di legname per far fronte al clima rigido (Pranzini, 1989; Pranzini, 1994; Acciarri e altri, 2016). Tale tendenza evolutiva, favorita in maniera determinante anche dall'incremento demografico e dalla crescita economica (Bisci e altri, 2021a), è proseguita fino al XIX secolo, con avanzamenti particolarmente significativi in corrispondenza delle foci dei fiumi maggiori, dove si sono sviluppati delta protesi in mare anche per centinaia di metri, raggiungendo la massima espansione alla fine del secolo (figura 5.9).

Sul finire del XIX secolo il litorale marchigiano nella sua interezza ha raggiunto la massima estensione. Nel contempo, a partire dalla seconda metà del secolo, la realizzazione delle prime strutture portuali, delle opere annesse e della linea ferroviaria Ancona-Pescara (inaugurata nel 1863), hanno indotto i primi locali processi di erosione e arretramento (Buli e Ortolani, 1947). La linea ferroviaria, spesso a ridotta distanza dalla linea di riva, ha comportato la drammatica scomparsa di una buona parte delle dune litoranee, serbatoi naturali di sedimenti essenziali per la dinamica costiera, di cui oggi si rinvergono lembi molto ridotti (Bisci e altri, 2021b, 2023).

Recenti indagini (Acciarri e altri, 2016; Acciarri e altri, 2021; Bisci e altri, 2021a) hanno permesso di ricostruire in dettaglio il trend evolutivo del litorale dal secolo scorso a oggi, caratterizzato da un diffuso arretramento attribuito principalmente alla diminuzione dell'apporto solido fluviale a seguito di interventi antropici nei bacini fluviali. A questo si aggiungono le opere lungo i litorali che hanno determinato una variazione delle dinamiche costiere locali. È interessante osservare che le foci di alcuni corsi d'acqua minori, caratterizzati nel corso del XIX secolo da un minor impatto antropico, hanno mantenuto o aumentato localmente la loro dimensione fino alla fine degli anni Venti del Novecento.

Nella prima metà del XX secolo si continua a osservare un generale arretramento delle foci fluviali, le cui cause sono da ricercare nella riforestazione e nell'espansione di pratiche agricole, come ad esempio la piantumazione di alberi ad alto fusto lungo i confini dei campi (la cosiddetta «piantata») e l'aumento di filari di viti, che hanno ridotto l'erosione del suolo (Arzeni e altri, 2012). In questo periodo sono stati anche realizzati lavori per incrementare

la coltivabilità, come ad esempio l'unione di canali di flusso per l'irrigazione e la bonifica di paludi costiere tramite colmata (Buli e Ortolani, 1947; Arzeni e altri, 2012). Sono state inoltre costruite le prime dighe per l'energia idroelettrica e per l'irrigazione (ad esempio la Gola del Furlo nel 1922) e realizzate briglie per ridurre l'erosione da parte della corrente fluviale o per far fluire l'acqua nei canali d'irrigazione. Tutti interventi che hanno ridotto o

bloccato l'apporto solido fluviale. Anche per quanto riguarda il litorale nel suo insieme, nella prima metà del Novecento prevalgono i fenomeni di arretramento della linea di riva. Questi sono più generalizzati ed evidenti a nord del Conero, mentre il litorale Piceno, ove fenomeni di locale erosione sono comunque presenti, mostra ancora una prevalenza di fenomeni di progradazione, ovvero di accrescimento della superficie emersa.

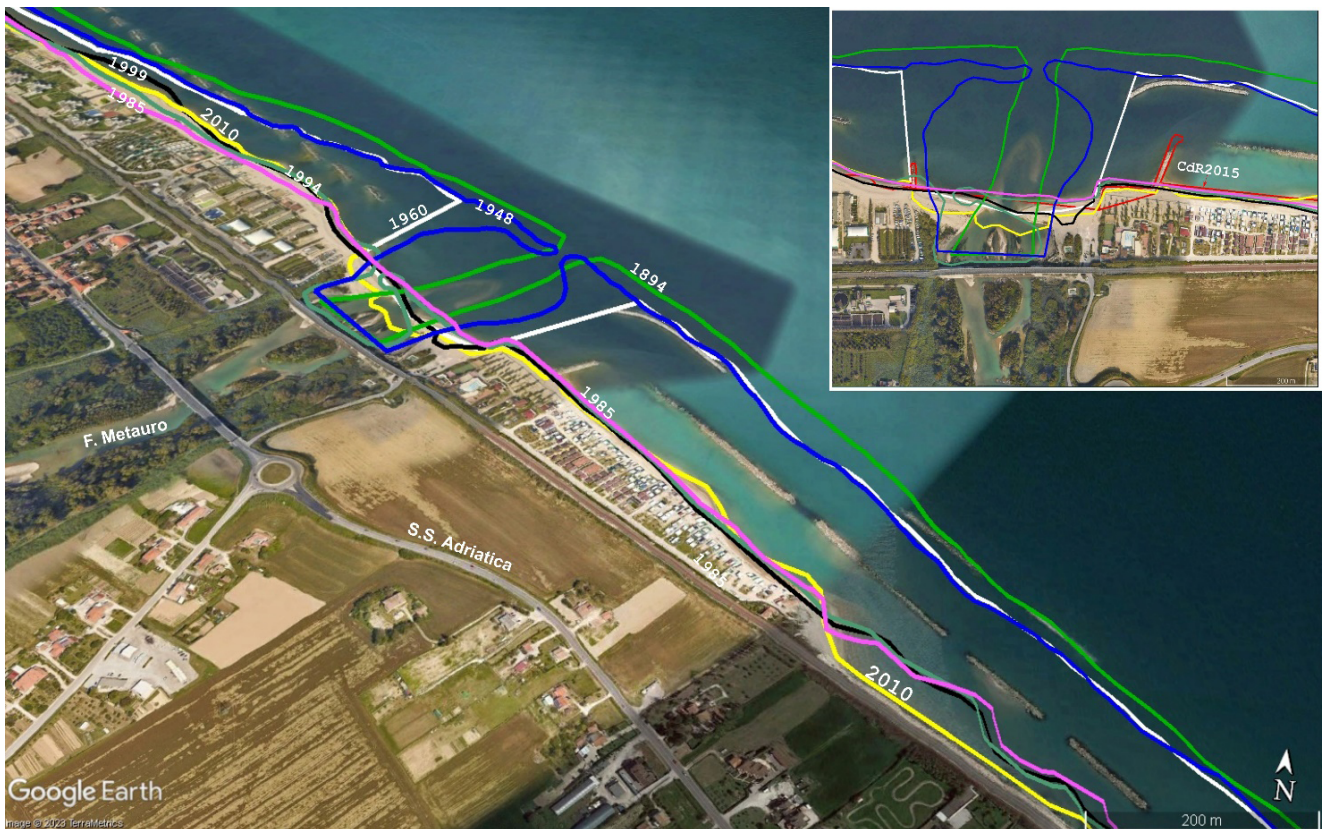


Fig. 5.9. Foce del Fiume Metauro (Fano): posizione della linea di costa negli ultimi 120 anni

Fonte: elaborazione su dati IGM 1894, 1948, 1960, 1994; Regione Marche 1985, 1999, 2019; Progetto Coste del Geoportale Nazionale 2012.

Nell'immediato dopoguerra alcune aree di foce mostrano un'inversione di tendenza, con un leggero aumento del carico sedimentario nelle aree in cui i flussi fluviali sono stati rettificati da argini (Bisci e altri, 1992; Materazzi e altri, 2010; Giacometti e altri, 2015) e in assenza di sbarramenti (ad esempio presso i fiumi Aso, Tenna e Tronto). Negli anni Cinquanta e Sessanta del XX secolo il numero delle dighe e i lavori idraulici realizzati lungo i corsi d'acqua nella regione sono aumentati, unitamente alla urbanizzazione, dovuta al cosiddetto «esodo rurale». Lo sviluppo industriale e le attività economiche hanno progressivamente alterato le dinamiche naturali esistenti e dato il via ad una pressione antropica lungo la costa mai registrata prima. Ciò ha favorito le maggiori variazioni negative dell'intero litorale, con un forte arretramento delle foci fluviali, in particolare dal 1953 al 1978 (figura 5.9). L'erosione, inoltre, è stata favorita dal prelievo di inerti dagli alvei fluviali, più intensa dal 1965 al 1975 (AQUATER, 1982; Bisci e altri, 1992, 2021a, 2023). A ciò si è aggiunto, dopo gli anni sessanta, un ulteriore incremento di urbanizzazione sul litorale, anche al di sopra della spiaggia, ove sono stati costruiti, spesso a danno delle dune costiere, nuovi insediamenti, stabilimenti balneari e altri manufatti legati ad attività economiche che, oltre a causare inquinamento, hanno aumentato sempre più il deflusso delle acque superficiali verso luoghi diversi da quelli naturalmente preposti (Zunica, 1987).

Inoltre, numerose sono state le industrie e le attività legate allo sfruttamento delle risorse localizzate lungo il litorale, sia per ragioni strutturali, come la disponibilità di spazio pianeggiante, sia per ragioni infrastrutturali, come la maggiore presenza di arterie di trasporto. Anche la pesca, un'attività di lunga tradizione,

ha indotto lo sviluppo di porti specializzati e di attività ad essa connesse, come la cantieristica (Pesaro, Fano, Ancona, San Benedetto del Tronto), o la costruzione di reti e impianti di conservazione del pescato (Ancona, Cupra Marittima, Pedaso, San Benedetto del Tronto), che sono risultate corresponsabili di tali mutamenti (Curzi e Tonnarelli, 1991). A questo settore è imputabile un forte impatto paesaggistico e ambientale, dovuto alla presenza di strutture portuali che si sono ampliate nel tempo, ma anche alle perdite di carburante o ai residui dei motori marini. Infine, sui mutamenti del litorale ha assunto una certa rilevanza anche l'influenza esercitata dal turismo balneare e dalle attività ad esso collegate in maniera diretta (alberghi, servizi) e indiretta (infrastrutture, trasporti). L'offerta alberghiera si è distribuita lungo tutta la costa, con punte nella parte settentrionale, lungo la riviera pesarese e a Senigallia, nella parte centrale nella zona del Conero (Ancona, Sirolo, Numana) e nella parte meridionale a Civitanova Marche, Porto San Giorgio e San Benedetto del Tronto. Anche questo settore è responsabile di forti squilibri sulla costa, ad esempio attraverso la pavimentazione della sabbia e della vegetazione, l'eccessiva edificazione in competizione con agricoltura e industria e l'elevato prelievo di acque per sopperire al fabbisogno idrico dei turisti, oltre che per l'uso agricolo e industriale (Curzi e Tonnarelli, 1991). La crescita della popolazione costiera ha subito un rallentamento solo a partire dalla seconda metà degli anni '70, a causa di rinnovati equilibri dei flussi migratori campagna-città ed entroterra-costa, dovuti allo sviluppo di poli industriali anche nelle aree interne e di una generale diminuzione della natalità (Curzi e Tonnarelli, 1991).

Al suddetto contesto di insistenza antropica si

è aggiunta anche la realizzazione, a partire dagli anni '60 (localmente già dagli anni Trenta), di numerose opere di difesa costiera, nel tentativo di ridurre l'erosione. Queste opere hanno influenzato l'evoluzione della linea di riva, attenuando localmente i fenomeni erosivi ma bloccando in molti casi la deriva dei sedimenti costieri e causando erosione nelle spiagge sottoflutto. Anche la presenza di moli portuali perpendicolari alla costa, interrompendo il trasporto litoraneo, ha alterato il naturale ripascimento trasversale provocando uno sbarramento sopraflutto e l'erosione sottoflutto. Alcuni esempi si sono riscontrati nei litorali e nei porti di Pesaro, Fano, Senigallia, Numana, Civitanova Marche e San Benedetto del Tronto (Curzi e Tonnarelli, 1991). Per far fronte a questo fenomeno di migrazione dell'erosione si è continuato a realizzare opere di difesa fino a una sostanziale perdita di naturalità dell'arenile e a un'alterazione complessiva della sua dinamica. Nella seconda parte del XX secolo, fino all'inizio degli anni Ottanta, i due settori a Nord e a Sud del Promontorio del Conero mostrano una tendenza evolutiva generalmente meno differenziata, anche se i fenomeni di erosione risultano ancora più diffusi e intensi nel settore settentrionale, a eccezione di casi locali legati all'effetto di protezione delle opere di difesa.

Dall'inizio degli anni Ottanta del secolo scorso ad oggi l'arretramento del litorale marchigiano è divenuto meno intenso e diffuso (figura 5.9). Infatti, a partire dal 1978 le aree di foce mostrano

una maggior stabilità, pur manifestandosi ancora una certa tendenza all'arretramento (figura 5.10). Ciò è stato favorito dall'evolversi di fattori sociali (come, ad esempio, la riduzione dei flussi migratori verso la costa o la diminuzione della natalità) ma anche da fattori strutturali, come politiche e interventi specifici sul territorio, che tuttavia di volta in volta hanno assunto una connotazione più o meno controversa. Ad esempio, tra le forme di governo positive utilizzate rientrano il divieto, introdotto a fine anni Settanta alla Regione Marche, di estrazione degli inerti dai letti fluviali (Bisci e altri, 1992). D'altra parte, grazie alla realizzazione di numerose e diversificate opere di difesa costiera, negli ultimi 20 anni la costa è stata quasi completamente irrigidita e anche le spiagge, come le foci fluviali sono soggette a deboli variazioni. Il litorale marchigiano, anche se mediamente più stabile, presenta però ancora aree meritevoli di attenzione per una loro marcata tendenza all'erosione, anche per via delle alterazioni del trasporto litoraneo indotte dalla realizzazione di opere di difesa.

In sintesi, il caso delle Marche mostra con particolare evidenza problematiche comuni a tanti altri litorali simili nel corso del XX secolo. L'impatto dell'azione antropica sui sistemi costieri marchigiani evidenzia la vulnerabilità del sistema idrologico nel suo complesso, con relazioni di causa/effetto nell'area di costa direttamente sollecitata, ma anche con meccanismi di azione retrogressiva verso le zone più interne del bacino ad essa fisicamente connesse.

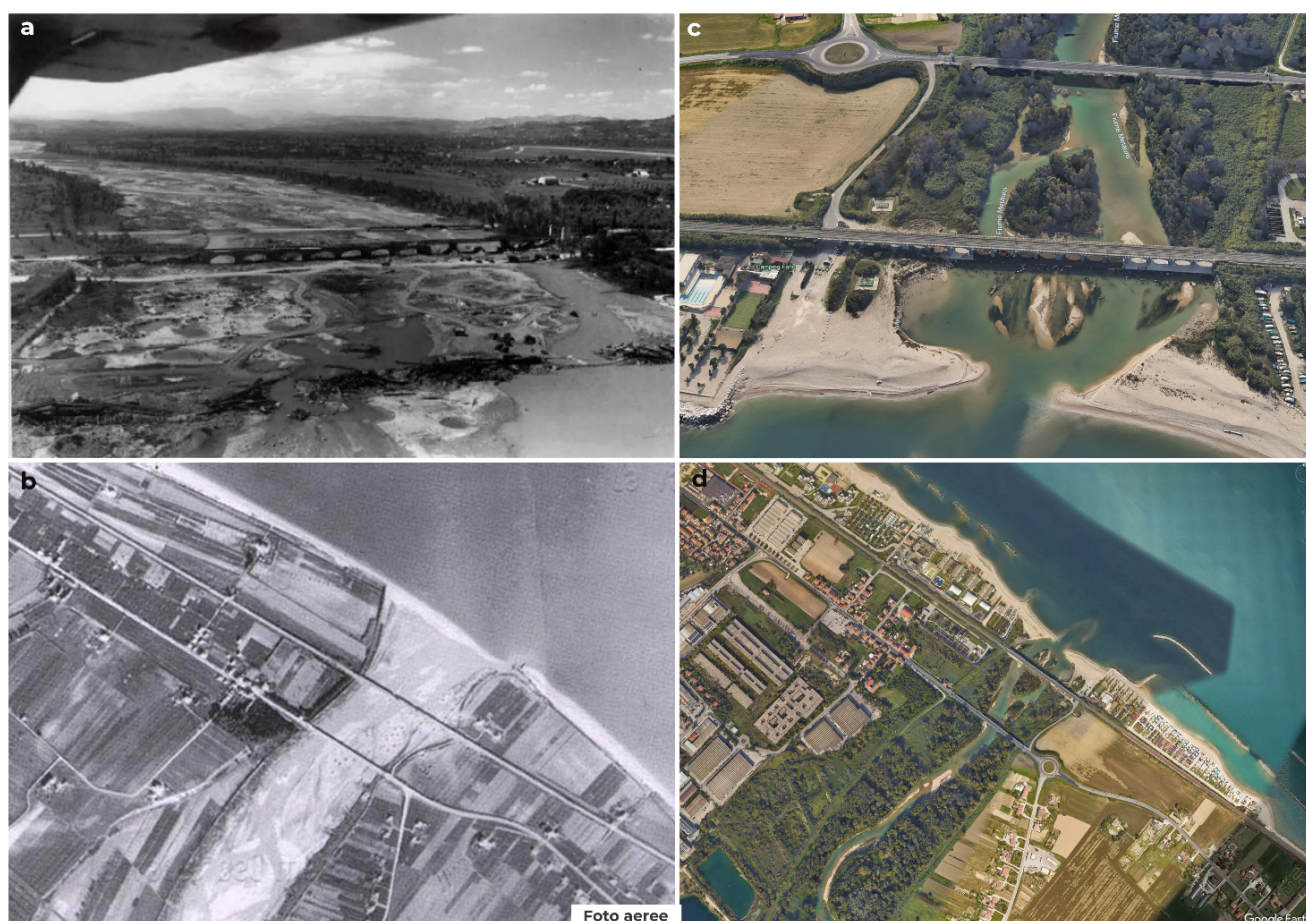


Fig. 5.10. Variazione della linea di costa e del tratto terminale del fiume Metauro

a. ponte ferroviario distrutto, 1944; *b.* visione ortogonale, 1943; *c.* visione prospettica, 2022; *d.* visione ortogonale, 2022. Fonte: Imperial war museum London, Ecomuseo Metaurilia, Google Earth

Percezioni e strategie di risposta: verso un cambio di paradigma?

Al momento sulle coste marchigiane sembra essere meno rilevante l'influenza di fattori climatici i quali, comunque, considerate le caratteristiche e la velocità del cambiamento in atto, rivestiranno nel prossimo futuro un'importanza fondamentale. Infatti, un sistema complesso con un simile grado di vulnerabilità sarà inevitabilmente esposto dalle variazioni climatiche ai principali processi impattanti quali la risalita del livello del mare, la variazione dei regimi idrologici e, in particolare, l'accentuarsi di energia,

frequenza dei fenomeni estremi e delle mareggiate, con ovvie conseguenze sulla stabilità delle dinamiche del litorale. Inoltre, un impatto significativo potrebbe derivare dalla variazione dei regimi idrodinamici, ovvero dalle modifiche delle portate intra e inter-annuali del reticolo idraulico e dalla conseguente capacità di trasporto di materiale solido. Questi cambiamenti sono direttamente connessi al riscaldamento globale, che comporta sia siccità sia precipitazioni localizzate di estrema intensità. Uno studio effettuato sulle variazioni dei principali indici climatici nelle Marche nel periodo 1960-2009 (Appiotti e altri, 2014) mostra già un sensibi-

le aumento delle temperature massime e minime annuali, soprattutto nelle fasce costiere e di valle/bassa collina. Le precipitazioni e il numero di giorni piovosi, invece, stanno diminuendo, soprattutto su base annuale e nella stagione invernale. Si registra inoltre un andamento negativo della disponibilità idrica del suolo e un inasprimento dell'indice di aridità, effetti legati all'aumento delle temperature e alla diminuzione delle precipitazioni, in particolare nel centro-sud. Spostando lo sguardo al mare, si registra un generale aumento della temperatura in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stagioni. La salinità del mare mostra invece una maggiore variabilità stagionale, con aumento in primavera ed estate, e diminuzione in autunno. Queste tendenze nell'insieme possono avere importanti effetti in termini di struttura e degrado degli ecosistemi terrestri e marini, portare a una riduzione della produttività e alla perdita di molte specie biologiche e vegetali. La variazione di salinità non solo condiziona la vita degli organismi marini, ma assieme ad altri parametri, come la temperatura, è in grado anche di interferire sulla densità dell'acqua e quindi sulla circolazione delle correnti marine, oltre a fungere da indicatore di problemi nella qualità delle acque dolci sotterranee che si distribuiscono lungo la costa.

A queste variazioni climatiche si aggiunge il quadro precedentemente delineato in termini di vulnerabilità, dovuta all'elevata pressione antropica sul litorale e sulle zone interne, la quale ha inasprito gli effetti degli eventi meteorologici estremi che hanno interessato negli ultimi anni la regione e che hanno avuto profonde ricadute sia dal punto di vista sociale che economico. Tra tutti, va ricordata l'alluvione che il 15-16 settembre 2022 ha colpito i bacini idrografici centro-settentrionali, dalle zone montane e alto-collinari alle valli e foci fluviali, provocando 12 vittime e ingenti danni (Morelli e altri, 2023). Sulla costa, particolari criticità si sono riscontrate a Senigallia, situata alla

foce del fiume Misa e interessata in passato, anche recente, da numerosi fenomeni alluvionali (1955, 1976, 2014). In effetti, allagamenti e altri eventi estremi, quali venti e temporali intensi, ma anche mareggiate, si riscontrano periodicamente e sempre più frequentemente in tutte le città costiere.

Le tendenze delineate sembrano confermarsi anche per il futuro, con anomalie nelle temperature estive di +4,5/5 °C nel periodo 2071-2100, rispetto al trentennio 1961-1990 (Sangelantoni e altri, 2013). Si prevede inoltre, anche se con maggiore incertezza, una diffusa diminuzione delle precipitazioni stagionali in tutte le stagioni, a eccezione dell'autunno, dove aumenta la probabilità di precipitazioni intense. Queste alterazioni potrebbero incidere sulla salute umana, sulla produttività agricola, sugli incendi boschivi, sull'erosione costiera, sulle fioriture algali e sulla qualità dell'acqua, oltre a ridurre la ricarica della falda acquifera e le risorse idroelettriche disponibili. Potrebbero, inoltre, portare a una maggiore intensità e frequenza dei rischi di frane e alluvioni, con conseguenti effetti socio-economici sulle aree collinari e costiere. Per di più, si prevedono condizioni di maggiore siccità in tutta la regione, con conseguente degrado del suolo e ulteriore riduzione del trasporto solido dei fiumi. A sua volta, ciò avrà un impatto sulla produttività dell'agricoltura e sul ripascimento naturale delle spiagge, con un probabile effetto negativo sul turismo balneare.

Dal punto di vista della consapevolezza e della percezione del rischio, questi pericoli climatici sembrano essere conosciuti e temuti dalla popolazione locale (Appiotti e altri, 2014; Casareale e altri, 2022), seppur con lievi differenze. Ad esempio, i decisori politici sembrano più preoccupati per la riduzione della produttività agricola e per i danni infrastrutturali, mentre i cittadini sono per lo più preoccupati per l'aumento degli eventi meteorologici estremi, desertificazione e alluvioni, che potrebbero avere un impatto più diretto

sulla loro vita. Ciò nonostante, la maggior parte degli intervistati dichiara di non aver attuato o pianificato concrete iniziative di risposta e ritiene che neanche le istituzioni ne stiano realizzando a sufficienza. Degno di nota è che anche i decisori politici ritengono non siano state pianificate ancora le necessarie politiche locali di lungo termine e che delle iniziative attuate ci sia poca consapevolezza da parte dei cittadini. Pertanto, risulta sempre più urgente un radicale cambiamento di mentalità e di cultura di governo che porti al rafforzamento della collaborazione e della comunicazione tra la comunità scientifica, i responsabili politici e i cittadini per definire una direzione strategica, attuare politiche di adattamento e misure preventive efficaci.

Storicamente, le risposte alle criticità del litorale marchigiano sono state principalmente caratterizzate da interventi strutturali di protezione delle spiagge tramite difese costiere, affiancate da più rari interventi costituiti essenzialmente da ripascimenti artificiali, volti a compensare gli effetti dell'erosione, proteggere l'area dalle mareggiate, ma anche mantenere o estendere l'ampiezza della spiaggia per scopi turistici e ricreativi. Come detto, queste opere di difesa hanno contribuito a determinare la retrocessione del litorale in modo discontinuo, principalmente sottoflutto, mettendo a repentaglio lidi e manufatti artificiali (Curzi e Tonnarelli, 1991).

Nel Piano di Gestione Integrata delle Coste della regione, pubblicato nel 2005 e aggiornato nel 2019, è stato finalmente constatato il fallimento di questo approccio: «Le opere marittime rigide di varie tipologie poste in opera per la protezione delle strutture, delle infrastrutture e della costa, da una parte hanno parzialmente ridotto gli effetti erosivi locali “intrappolando” sedimenti, dall'altra ne hanno innescati altri in adiacenza, inducendo: una forte concentrazione di energia nei tratti contigui a quelli protetti, lo spostamento longitudinale

del materiale sabbioso e grossolano, la perdita netta di materiale sabbioso verso il largo per trasporto trasversale». Il Piano ha previsto comunque un *continuum* con il passato, inclusa la salvaguardia e la manutenzione delle opere di difesa già realizzate e la realizzazione degli interventi già in progetto, parallelamente allo sviluppo di azioni di riequilibrio ambientale con interventi a livello di bacino idrografico, che quindi tengono in considerazione gli equilibri costa-zone interne. Il Piano nei fatti ha condotto alla realizzazione di ben 277 misure di protezione costiera tra il 2005 e il 2016 sui 176 km di costa marchigiana.

Nel nuovo Piano del 2019 si affronta direttamente il tema del cambiamento climatico, seguendo le «Linee guida per la difesa delle coste dall'erosione e gli effetti dei cambiamenti climatici» (MATTM-Regioni, 2018). Si prevedono sia il mantenimento periodico delle misure strutturali e *soft* precedentemente attuate, sia nuove modalità di intervento. Per la prima volta, ad esempio, si fa riferimento alla necessità di arrestare il consumo di suolo. A questo proposito, nelle norme attuative, è stata predisposta una fascia di rispetto, di ampiezza variabile anche in base alla probabilità di alluvioni costiere, che garantisca un'immediata tutela della costa da ulteriore consumo del suolo. Si inizia poi a prevedere la possibilità di misure di incentivo alla delocalizzazione di opere e/o manufatti impattanti al di fuori della fascia di rispetto. Ancora, tra gli interventi strutturali previsti, il Piano apre alla ricostruzione del «sistema spiaggia» – inteso come spiaggia emersa e sommersa con apparato dunale – attraverso la «rinaturalizzazione ideale e desiderata» dell'ambiente costiero, anche al fine di «perseguire quelle azioni di contrasto nei confronti degli impatti legati ai cambiamenti climatici in corso». Questi interventi di rinaturalizzazione includono la rimozione o il riallineamento delle difese costiere fisse e la sostituzione delle misure strutturali esistenti con altre misure struttu-

rali o *soft*. L'obiettivo della rinaturalizzazione è, da un lato, rendere il litorale più accessibile aumentando lo spazio balneare disponibile a residenti e turisti e, dall'altro lato, ripristinare gli ecosistemi acquatici e le dune costiere. Sono previsti 37 nuovi interventi strutturali di questo tipo lungo l'intero litorale regionale.

Il Piano incentiva infine il ripascimento delle spiagge con il ricorso a materiali esterni al sistema costiero che per colore e dimensione delle particelle siano simili a quelli originari, come è avvenuto nei comuni di Sirolo e Numana. Solo per pochi interventi è previsto l'utilizzo di fonti locali. Inoltre i comuni sono invitati a realizzare interventi di dragaggio e di ripascimento ecologicamente sostenibili. In questo contesto, la Regione Marche si propone di assumere un ruolo guida nella realizzazione di una «Banca di sabbia», un progetto che mira a definire in anticipo la necessità e la destinazione dei sedimenti dragati, riducendo al minimo quelle soluzioni che ne prevedono lo smaltimento in discarica o in mare. In questo modo si prevede di poter ottimizzare la disponibilità di materiali sedimentari. Tuttavia, se da un lato il ripascimento è un'opzione flessibile, rapida e relativamente economica per la gestione costiera, dall'altro può avere impatti negativi sugli ecosistemi costieri, se non eseguita correttamente; in tal caso, infatti, non arresta l'erosione della costa, richiedendo interventi periodici. Inoltre, la disponibilità di sedimenti, sia locali che esterni, può essere problematica e generare conflitti con altre attività, richiedendo una pianificazione adeguata e in definitiva l'integrazione di soluzioni più stabili e a lungo termine.

In conclusione, il litorale marchigiano necessita ancora di essere monitorato ma anche di essere oggetto di interventi che siano efficaci senza creare problemi di carattere ambientale. Attraverso una pianificazione corretta, si dovrebbero mantenere e creare fasce di rispetto con limiti di antropizzazione attraverso interventi che soddisfino sia le necessità

ambientali che socio-economiche del sistema costa. Tutto questo dimostra ulteriormente la dimensione multidisciplinare della questione climatica, che può essere affrontata con successo solo attraverso un approccio olistico d'area vasta e condividendo la sfida dell'adattamento ai cambiamenti climatici tra le varie componenti della società.

5.b. Pressioni e problematiche di governance delle aree costiere campane

La costa campana, lunga circa 500 km, dalla Foce del Fiume Garigliano presso il comune di Sessa Aurunca, fino al Vallone di Mezzanotte nel comune di Sapri, incluse le aree litorali delle isole dell'Arcipelago Campano, è per l'80% naturale e caratterizzata da circa 240 km di falesie incise nei depositi carbonatici, terrigeni, vulcanici, e da circa 170 km di litorale basso e sabbioso, talora ghiaioso. Quest'ultima tipologia si è prevalentemente sviluppata nelle piane alluvionali dei fiumi Volturno, Sarno, Sele, Bussento e Mingardo. La costa bassa è maggiormente presente in provincia di Caserta, a differenza sia del Golfo di Napoli, in cui prevale quella alta, sia delle aree costiere della provincia di Salerno, con un'equa distribuzione tra coste alte e basse.

La Campania risulta terza tra le regioni premiate dall'*ecolabel* «Bandiera Blu» con diciannove spiagge nel 2023 nella Città metropolitana di Napoli e in provincia di Salerno. Per tutelare l'ambiente marino-costiero sono state istituite diverse aree marine protette: Regno di Nettuno (intorno alle isole di Ischia, Procida e Vivara), Baia e Gaiola per l'area flegrea, Punta Campanella per la Penisola Sorrentina, Punta Tresino (la prima in Campania) a Santa Maria di Castellabate, Punta Licosa tra San Marco di Castellabate e Ogliastro, e Costa degli Infreschi e della Masseta (da Marina di Camerota a Scario) per l'area cilentana.

Il sistema costiero regionale può essere suddiviso in

cinque unità fisiografiche: i golfi di Gaeta, Napoli e Salerno, la Costiera Cilentana e il Golfo di Policastro. In queste cinque aree ricade il 18% dei comuni campani, ma si concentra più del 30% dell'intera popolazione regionale. Tali unità costituiscono inoltre ambiti costieri svincolati dai limiti comunali e provinciali, a conferma dell'estrema difficoltà di armonizzare *governance* ecosistemica e perimetri amministrativi, creando non pochi problemi al governo del territorio e alle attività preventive.

Il denominatore comune di queste aree è rappresentato da conurbazione, intensa congestione e importanti livelli di inquinamento, non soltanto dovuti alla presenza di poli residenziali e turistici, ma anche alla localizzazione di aggressive strutture produttive, portuali, industriali, per la pesca e l'acquacoltura. Si pensi all'Italsider, in provincia di Napoli, ma pure alle aree ferroviarie e a quelle del demanio militare; alle cave, come nel caso di Baia e Bacoli; alla presenza di depuratori, a Cuma, e alle colture intensive. Escludendo le isole, si contano in Campania 27 aree portuali commerciali, approdi turistici e per la nautica da diporto. I porti di Napoli e Salerno figurano tra i primi quindici per movimentazione merci in Italia. La regione si caratterizza inoltre per la pervasività di attività illecite, quali sversamenti e discariche, ma anche prelievo di sabbia a fini edili, oltre all'abusivismo edilizio (De Pippo e altri, 2008; Mazza e altri, 2018; Iovino, 2018; Manzo e altri, 2022).

Il sovrapporsi di tali fattori determina importanti conflitti per l'uso del suolo tra le attività economico-produttive, gli insediamenti urbani e la tutela dell'ambiente marino-costiero, che hanno comportato tra le altre cose la moltiplicazione degli attori istituzionali e dei portatori di interesse, conformemente ad altre aree (Green e Penning-Roswell, 1999).

L'erosione costiera è un fenomeno ad alto impatto in Campania. Si pensi che secondo i dati delle *Linee Guida Nazionali sulla erosione costiera* del 2020, questa raggiunge circa l'80% delle coste basse. L'erosione risulta in effetti una vera emergenza a

causa dell'elevata pressione antropica che accentua la fragilità dell'equilibrio dell'interfaccia terra-mare, legata a numerosi fattori meteorologici, geomorfologici, sedimentologici e biologici.

Inoltre, le numerose opere di difesa hanno portato all'irrigidimento della linea di costa, sommandosi a un crescente degrado che ne ha alterato le caratteristiche fisico-morfologiche. Questi elementi non soltanto hanno contribuito ad aumentare i fenomeni erosivi, ma hanno anche incrementato la vulnerabilità della costa agli impatti dei cambiamenti meteo-climatici in atto quali l'innalzamento del livello del mare, l'incremento delle mareggiate e la modifica dei regimi delle piogge.

Si registra, in particolare, un aumento delle temperature medie che determinano, insieme ad altre concause, un cambiamento dei regimi dei venti (da NO a SO) a partire dagli anni Settanta. Ciò ha amplificato i *focus* erosivi – legati, ad esempio, ad una riduzione sostanziale dei periodi di calme di vento – contribuendo ad evidenziare la fragilità di opere infrastrutturali che addirittura attualmente necessitano lo smantellamento o, ancora, l'inutilità di opere di difesa passive ed «emergenziali» costruite sulla base di dati non corrispondenti a quelli attuali e/o proiettivi, come verrà illustrato in seguito.

Questi aspetti sono particolarmente esacerbati nelle aree della foce del Fiume Volturno, della foce del Fiume Alento e presso la Baia di Policastro nel Golfo di Sapri (si veda la scheda). Questi tre casi risultano esemplificativi non soltanto per il livello di criticità dei fenomeni erosivi e degradativi dell'ecosistema marino-costiero, ma anche per la difficoltà rispetto a una *governance* integrata dovuta alla numerosità degli attori coinvolti e all'accavallamento delle rispettive competenze.

A partire da questi esempi è possibile dedurre che, sebbene nelle aree campane fino agli anni Cinquanta del Novecento si sia assistito a fenomeni di progradazione delle spiagge, come attestato da geo-indicatori costruiti su *dataset* storici, da allora si è manifestato

un aumento delle criticità dei litorali, della pericolosità associata e pertanto del rischio, dovuto a un'importante antropizzazione costiera che ha reso ancor più fragile il sistema, privandolo delle sue difese naturali. Ciò è avvenuto ad esempio per lo smantellamento e talora la scomparsa del sistema delle dune litoranee; ma anche, a monte, a causa della riduzione dell'apporto di sedimenti connessa al prelievo di inerti dagli alvei dei fiumi, o a causa della costruzione di opere idrauliche. Questi elementi, inoltre, vanno ad aumentare il consumo di suolo a cui è esposto in maniera sistematica il territorio: solo nel 2021 si sono persi in Campania altri 490 ettari di territorio naturale (SNPA, 2021). Notevolissimo, infine, il livello di abusivismo: secondo i dati della banca-dati CON.AB.ED, il 50% delle abitazioni è stato costruito illegalmente, il «record» italiano.

È evidente che la complessità della situazione non consenta facili ottimismo: le dinamiche ambientali-

climatiche mettono sotto ulteriore *stress* un territorio fortemente urbanizzato, già caratterizzato da forti tensioni e conflitti sull'uso e il consumo delle risorse, in un quadro più generale segnato da una sostanziale inefficacia del quadro di pianificazione e di *governance*. Per questo sembra imprescindibile, per evitare ulteriori danni causati dal cambiamento climatico in atto, pensare a soluzioni che prendano in considerazione gli andamenti dei *trend* storici e si basino su una lettura critica delle forzanti naturali di modifica sempre più accelerata dei paesaggi costieri, al fine di prevedere azioni concrete dal punto di vista mitigativo e adattivo. Tale approccio, corroborato da dati ed evidenze scientifiche, non può tralasciare il coinvolgimento attivo di tutti gli operatori e attori del territorio, né la responsabilizzazione di cittadini, affinché si possano superare gli elementi conflittuali con una moderna *governance* integrata e rispettosa di tutte le istanze territoriali.

Dinamiche osservabili in tre contesti litoranei campani

A. Foce del Volturno (Castel Volturno, CE)

Secondo le analisi geoambientali che hanno ricostruito l'evoluzione morfodinamica della linea di riva e la stratigrafia a partire da circa 2500 anni fa, si è evidenziato che l'area è stata caratterizzata da lunghi intervalli che alternano stabilità geomorfologica e diffusa antropizzazione a periodi limitati di instabilità ambientale. Si rileva, inoltre, una notevole progradazione tra l'inizio e la fine del 1800. Invece, a partire dalla metà degli anni Cinquanta si registrano importanti fenomeni erosivi con l'arretramento della foce di circa 700 metri. Infine, a seguito della realizzazione del Porto Turistico di Pineta Mare, il regime idrodinamico del settore appare completamente alterato: i materiali trasportati dalla zona di Foce Volturno sono intercettati dal molo foraneo del porto causando un ripascimento di oltre 30 metri e fino a 150 metri in pochissimi anni, mentre le spiagge a sud est del molo entrano rapidamente in crisi erosiva. Tali arretramenti sono da correlare all'intensa attività estrattiva nell'alveo, sulle spiagge e alla foce, nonché alle opere di regimazione fluviale. Nel bacino idrografico si contano 4 traverse e 10 sbarramenti artificiali a scopo idroelettrico e/o irriguo e vi è stata una importante attività di prelievo di inerti.

Alla destra orografica del fiume vi è una densità abitativa elevata, concentrandosi in quell'area la quasi totalità dell'abitato comunale. Inoltre, in questa zona, si osserva un crescente inquinamento e degrado ambientale. Tale degrado è molto rilevante anche in tutti i sistemi di zone umide retrostanti al litorale - per esempio i Laghi Nabi e le Oasi dei Variconi o, nel comune di Villa Literno, l'Oasi delle Soglitelle. Il quadro è reso estremamente complesso anche a causa della grande frammentazione amministrativa e gestionale e ai numerosi *stakeholder* coinvolti: Regione, Provincia, Comune, Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, la Riserva Naturale, l'Ente e il Consorzio di Bonifica, l'Autorità Portuale, l'Anas, la Guardia Costiera, solo per citare i più rilevanti.



Fig. 5.11. Morfologia ondulata e sinuosa (*sand waves*) della spiaggia bassa a Castel Volturno, per erosione e trasporto di sedimenti in atto

Fonte: fotografia di E. Guadagno, 2022

B. Foce del Fiume Alento (Marina di Casal Velino-Ascea, SA)

Nell'area si osservano forti *focus* erosivi a partire dalla metà degli anni Cinquanta: la foce è arretrata di circa 400 metri e migrata di circa 500 metri verso sud est. Questi effetti sono associati in primo luogo ad opere di difesa, per circa 800 metri di barriere. Nella foto si notano ad esempio opere di difesa costituite da blocchi cubici in concreto, posizionati lungo le ripe fluviali ma disassemblati, a testimoniare una forte erosione. In secondo luogo, gli interventi idraulici di regimazione realizzati lungo i tratti finali delle aste fluviali hanno contribuito, negli ultimi anni, a modificare ancor più gli equilibri naturali dell'area: dal 1970 al 1980 fino a 2 milioni di m³ di inerti sono stati prelevati in alveo per la realizzazione di sei dighe, tra cui quella di Piano della Rocca, attiva dal 2003 con capacità di 26 milioni di m³. Inoltre, la costruzione del porticciolo turistico all'estremità settentrionale della spiaggia formatasi lungo la pianura alluvionale del Fiume Alento e del Torrente Fiumarella, in pochi anni ha provocato un'erosione accentuata ed irreversibile di circa 2,5 km di spiaggia.

Il porto di Casal Velino, inoltre, è protetto verso mare da un molo di sopraflutto a tre bracci di circa 460 metri e da un molo di sottoflutto a due bracci della lunghezza complessiva di 180 metri, terminante con una larga testata triangolare sulla quale è possibile l'attracco. L'imbocco del porto causato dall'errata posizione del molo sopraflutto subisce ripetuti insabbiamenti con seri problemi per l'economia locale.

Anche in questo caso, inoltre, il governo del territorio appare disorganico a causa dell'accavallamento funzionale di amministrazioni ed enti locali con finalità di tutela paesaggistica, dei beni culturali e ambientali, nonché numerosi altri *stakeholder* quali il Distretto idrografico, la Comunità montana, l'Unione dei Comuni Velini, il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, la Riserva UNESCO, il Consorzio di Bonifica, la Soprintendenza, il Parco archeologico Elea-Velia, ecc.



Fig. 5.12. Casal Velino, foce del fiume Alento

Fonte: fotografia di C. Donadio, 2016

C. Baia di Sapri

Nell'area si osservano processi erosivi a partire dalla metà degli anni Cinquanta associati ad opere portuali e di difesa costiera, oltre a interventi idraulici di regimazione realizzati lungo i tratti finali delle aste fluviali, che negli ultimi anni hanno contribuito a modificare gli equilibri naturali.

Inoltre, la costruzione e l'ampliamento del porto di Sapri ha destabilizzato l'equilibrio della spiaggia, dove i sedimenti si spostavano lungo costa da ovest a est e viceversa in relazione alle mareggiate di diversa provenienza, determinando una trappola di sedimenti sul lato orientale (si veda la foto). Si registra, infine, uno scarso apporto sedimentario dal torrente Brizzi. Anche in questo caso gli enti che contribuiscono alla *governance* locale appaiono essere molteplici e dalle funzioni che tendono a evidenti sovrapposizioni.



Fig. 5.13. Spiaggia urbana di Sapri con il lungomare costruito in parte sull'antico cordone dunare

Fonte: fotografia di C. Donadio, 2019