

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



Fondatore *Giuseppe Gisotti*

1/2026 ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma



**"Una passeggiata tra dune,
 ulivi e memorie antiche."**

Il Parco naturale regionale Dune Costiere è un mosaico di paesaggi e tradizioni: dalle zone umide che accolgono fenicotteri, aironi e altre specie migratorie, agli ulivi millenari e alle masserie che raccontano la storia agricola del territorio, dove si produce ancora olio extravergine di qualità. È un luogo di turismo lento e sostenibile, con percorsi ciclabili, trekking, laboratori e incontri con le comunità locali. Ogni stagione regala un'esperienza diversa, tra natura incontaminata, cultura, sapori e ospitalità autentica.

**Fatti catturare dall'atmosfera che si
 vive camminando tra dune costiere,
 zone umide, oliveti monumentali e
 testimonianze archeologiche**



Parco Naturale Regionale Dune Costiere

S.O.: Ex Macello in C.da Li Cuti (ex SS 16) 72017 - Ostuni (BR)

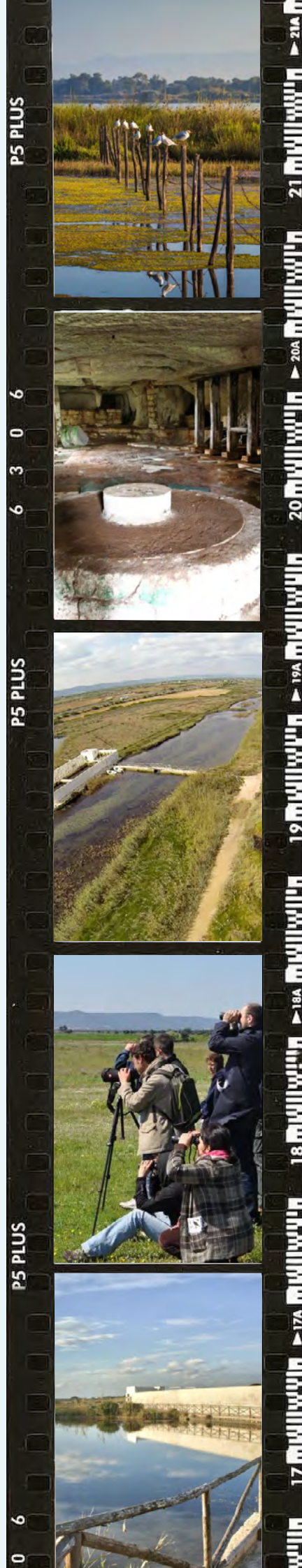
Casa del Parco - Ex Stazione di Fontevicchia

C.G: N 40°46' 52.9" - E 17°30' 57.3"

Tel. 0831 152 6854

www.parcodunecostiere.it

PRENOTA LA TUA ESPERIENZA NEL PARCO!



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Associazione di protezione ambientale individuata
con decreto ministeriale del 24 maggio 2007 e
con successivo D.M. 238 del 28/07/2023 ai sensi
dell'articolo 13, della legge 8 luglio 1986, n. 349

Fondatore Giuseppe Gisotti

**PRESIDENTE
Antonello Fiore**

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Lorenzo Cadrobbi, Daria Duranti, Antonello Fiore
(*Presidente*), Adele Garzarella, Giuseppe Gisotti
(*Presidente Onorario*), Marianna Morabito, Stefania
Nisio, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vice Presidente*),
Vincent Ottaviani (*Vice Presidente*), Paola Pino d'Astore
(*Tesoriere*), Luciano Masciocco, Sabina Porfido,
Livia Soliani, Salvatore Valletta (*Segretario*)

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

N. 1/2026

Anno XXXIV • gennaio-marzo 2026

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

**DIRETTORE RESPONSABILE
Antonello Fiore**

**CONDIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto**

COMITATO SCIENTIFICO

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Francesco
Cancellieri, Rachele Castro, Massimiliano Fazzini,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Emanuela
Guidoboni, Salvatore Lucente, Fabio Luino, Endro
Martini, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni,
Antonio Paglionico, Mario Parise, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE

Eugenio Di Loreto, Maria Luisa Felici,
Giacomo Milazzo, Michele Orifici,
Vincent Ottaviani, Salvatore Valletta

REDAZIONE

SIGEA - APS c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza
con i temi di interesse della Rivista, saranno
sottoposti a un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO

Pino Zarbo (Frallerighe Book Farm)
www.frallerighe.it

**PUBBLICITÀ
SIGEA - APS**

STAMPA

Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2026
è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista
"Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web
all'indirizzo www.sigea-aps.it

Sommario

Editoriale

ANTONELLO FIORE 2

Pericolosità geo-idrologica della Val di Cogne (AO)

ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO 3

Opportunità e prospettive di gestione sostenibile delle biomasse vegetali spiaggiate in Italia

SERGIO CAPPUCCI, STEFANO DONATI, VINCENZO PASCUCCI 9

Marciano Di Leo, il canonico "curioso" che riuscì a svelare la bellezza e l'utilità dei beni geologici nel primo Ottocento

ALESSIO VALENTE 20

Buca d'Eolo: una grotta racconta. Testimonianze storiche dall'Antro del Corchia

ANTONINO CRISCUOLO 26



È disponibile on line il calendario 2026 "Passeggiando tra
i Paesaggi Geologici della Puglia" liberamente scaricabile
all'indirizzo web: [https://sigea-aps.it/wp-content/uplo-
ads/2025/12/Calendario-SIGEA-ORG_2026.pdf](https://sigea-aps.it/wp-content/uploads/2025/12/Calendario-SIGEA-ORG_2026.pdf)



In copertina: Laura Marina Mandelli, Parco Nazionale dello Stelvio, particolare della
foto partecipante al Concorso fotografico "Obiettivo Terra" edizione 2025, categoria *Pa-
trimonio geologico e geodiversità*, organizzato da Fondazione UniVerde, in collaborazione
con SIGEA-APS.

Le cronache dei primi mesi del 2026 sono state caratterizzate prima dagli effetti del “Ciclone Harry” sulle coste della Sicilia, Calabria e Sardegna, poi dalla spettacolare frana che ha interessato parte dell'abitato di Niscemi, per fortuna senza causare vittime ma creando gravi danni sociali con migliaia di abitanti della cittadina siciliana costretti ad abbandonare le loro case. Forti mareggiate e alluvioni hanno interessato la piana di Sibari in Calabria creando molti danni.

Anche in queste circostanze abbiamo ripetuto che ogni evento di dissesto geo-idrologico, che sia esso una frana, un'alluvione o una violenta mareggiata, dovrebbe insegnare qualcosa nella gestione dell'uso del territorio in funzione della sua naturale evoluzione, dovrebbe, ma non succede quasi mai.

Abbiamo dovuto, per l'ennesima volta, sottolineare che in Italia, oggi, la popolazione a rischio frane è 1.284.960 e a rischio alluvioni è 6.818.375; gli edifici rispettivamente 742.192 e 1.549.759; le imprese rispettivamente 74.974 e 642.979. Come associazione da anni chiediamo a tutti i livelli istituzionali di sviluppare delle buone pratiche per favorire la percezione degli effetti dei rischi naturali; chiediamo che ci sia la piena consapevolezza dei cittadini della pericolosità geologica negli atti di compravendita di terreni e di immobili. Così abbiamo proposto che i Certificati di destinazione urbanistica debbano contenere specifiche informazioni chiare e facilmente comprensibili circa il grado di pericolosità dei fenomeni naturali (alluvioni, frane, mareggiate terremoti, eruzioni vulcaniche), riportato dalle cartografie ufficiali redatte dagli Enti Pubblici di ricerca, dalle Autorità di Bacino Distrettuali e adottati dalle Regioni di riferimento. Abbiamo proposto la modifica all'Art. 30 del Testo Unico dell'edilizia in modo che agli atti di compravendita di ogni tipo di immobile sia allegato oltre che il certificato contenente le prescrizioni urbanistiche anche il certificato che descriva i pericoli geologici riguardanti le aree interessate.

Il nuovo anno si apre anche con buone notizie. In questi primi due mesi abbiamo siglato due importanti protocolli di carattere nazionale: il primo con il Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, fi-

nalizzato a favorire la collaborazione per il raggiungimento di obiettivi comuni in materia di formazione, ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione, attraverso l'adozione di una strategia condivisa e l'attuazione di azioni volte a garantire un impiego efficace ed efficiente delle risorse; il secondo con la prestigiosa Società Geografica Italiana, volto a rafforzare una sempre più proficua cooperazione nella promozione di attività di ricerca e iniziative inerenti alla cultura e alla scienza in generale.

La seconda soddisfazione è la nomina, in rappresentanza delle associazioni di protezione ambientale, della nostra campana Silvana Di Giuseppe a membro del Consiglio Direttivo dell'Ente Parco Nazionale del Vesuvio. La nomina è stata formalizzata dal Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Gilberto Pichetto Fratin, con Decreto del 20 gennaio 2026. La designazione, avvenuta in accordo con il Presidente della Sezione Campania, Gaetano Sammartino, premia il profilo professionale della nostra socia, ritenuto particolarmente aderente alle funzioni e ai compiti da espletare in seno al Consiglio Direttivo dell'Ente Parco. Come SIGEA, ringraziamo il Ministro Gilberto Pichetto Fratin e la Direzione generale Tutela della biodiversità e del mare per aver riconosciuto il valore della nostra candidatura. Garantiremo il

nostro sostegno all'Ente Parco e ci impegneremo a sostenere ogni attività di conoscenza, tutela e valorizzazione del vulcano più famoso del mondo e uno dei geositi più importanti d'Europa.

Come leggete spesso nelle nostre campagne informative, sul sito web e sulla Rivista, in qualità di associazione di promozione sociale è possibile indicare la SIGEA-APS come destinataria del 5x1000 in occasione della dichiarazione dei redditi. Le somme sono utilizzate per sostenere progetti e iniziative promosse dalle Sezioni regionali.

Infine, voglio ricordarvi che l'edizione 2025 del premio SIGEA-APS per la “Salvaguardia dell'ambiente naturale e antropizzato, gestione responsabile del territorio e delle sue risorse e prevenzione e mitigazione dei pericoli naturali” è stato assegnato a Sabrina Mugnos, saggista e divulgatrice scientifica, per il merito di aver contribuito in modo significativo alla diffusione della cultura geologica attraverso la pubblicazione di libri e la partecipazione a eventi scientifici, e a Nicola Casagli, Professore di Geologia applicata presso l'Università degli Studi di Firenze e Presidente dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, per il merito di aver fondato e diretto la Cattedra UNESCO per la prevenzione del rischio idrogeologico e il Centro per la Protezione Civile dell'Ateneo fiorentino.

CONVOCAZIONE ASSEMBLEA ORDINARIA SIGEA-APS

(Ai sensi degli artt. 16, 17, 18, 19 e 21 dello Statuto)

QUANDO

Martedì 28 aprile 2026, ore 10:00

DOVE

Presso FIDAF, via Livenza 6, Roma

ORDINE DEL GIORNO

1. Approvazione bilancio consuntivo 2025
2. Relazioni sulle attività in atto e programmate:
 - Presidenti di Sezione e Referenti
 - Coordinatori Aree tematiche
 - Presidente
3. Varie ed eventuali

Pericolosità geo-idrologica della Val di Cogne (AO)

Geo-hydrological hazard of Cogne Valley (AO)

Parole chiave: pericolosità geo-idrologica, rischio di alluvione, colate di detrito, Val di Cogne

Keywords: geo-hydrological hazard, flood risk, debris flows, Cogne Valley

Annalisa Bove

Geologo, Libero Professionista
Presidente Ordine Geologi del Piemonte
Vicepresidente Sezione Piemonte-Val d'Aosta, SIGEA-APS
E-mail: annalisa.bove@geologipiemonte.it

Luciano Masciocco

Università degli Studi di Torino –
Consigliere Nazionale SIGEA-APS
E-mail: luciano.masciocco@unito.it

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La *Val di Cogne*, che prende il nome dal suo centro abitato più importante, corrisponde al bacino idrografico del *Torrente Grand Eyvia* che si estende per

257,84 km² interamente nel territorio valdostano, confinando a sud con la regione Piemonte (Fig. 1).

Il torrente nasce dall'estremo lembo orientale dello spartiacque, percorre un tratto lungo il *Vallon de l'Urtier* (Fig. 2)

fino a formare le *cascate di Lillaz* (Fig. 3) appena a monte dell'omonima località.

Subito a valle di *Lillaz*, riceve da sinistra il *Torrente Valeille* dopodiché, alle porte di *Cogne* (Fig. 4), riceve da destra il *Torrente Grauson*. Più a valle, entrando nella frazione di *Cretaz*, accoglie da sinistra il *Torrente Valnontey* proveniente dal massiccio del Gran Paradiso (che con i suoi 4061 m s.l.m. rappresenta la quota massima del bacino). Da qui in poi la Val di Cogne si restringe e il *Torrente Grand Eyvia*, procedendo incassato tra versanti e canali molto pericolosi a causa di probabili colate detritiche, passa a valle di *Épinel*, superando *Vieyes* e *Pont d'Aël*, col suo ponte-acquedotto romano del terzo secolo a.C., (Fig. 5) e infine confluisce da destra nel *F. Dora Baltea* a 630 m s.l.m., appena a monte dell'abitato di *Aymavilles*.

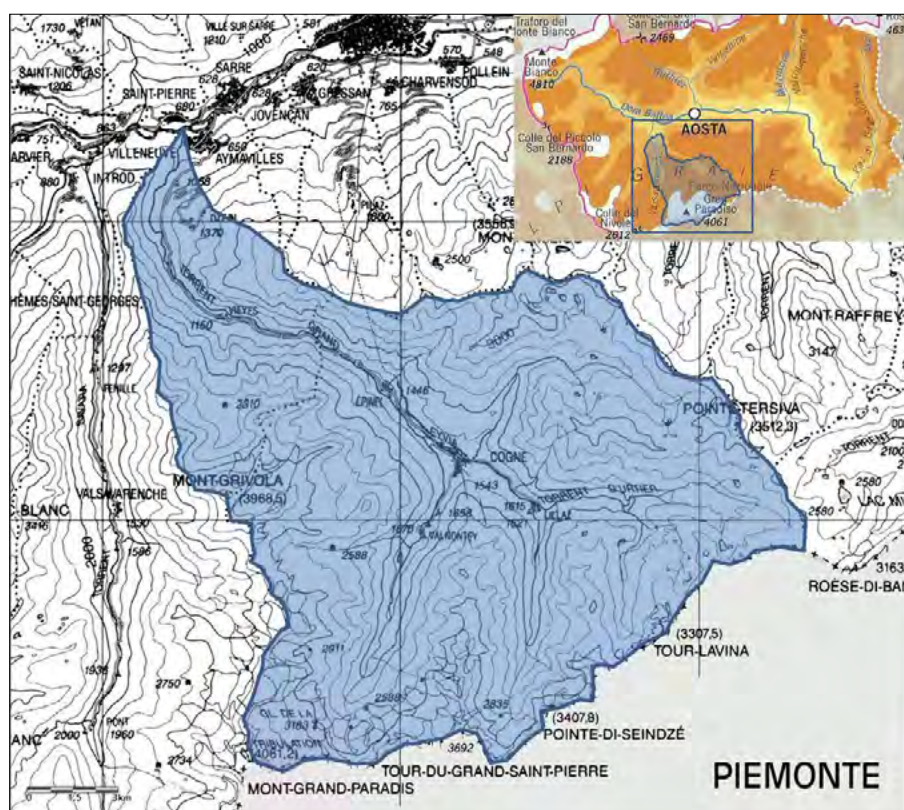


Figura 1. Ubicazione della Val di Cogne, corrispondente al bacino della Grand Eyvia (in azzurro)

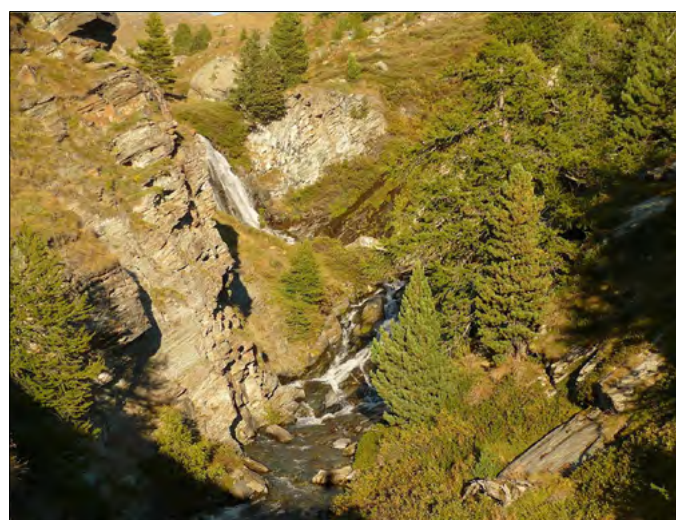


Figura 2. Il Torrente Grand Eyvia nell'alto Vallone dell'Urtier



Figura 3. Le cascate di Lillaz

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Facendo riferimento alla Carta tettonica della Valle d'Aosta (Rif. WEB 1), nella *Val di Cogne* sono presenti le seguenti unità e litologie (Fig. 6):

2.1 ZONA PENNIDICA PENNIDICO ESTERNO

Brianzonese interno: Metagranitoidi e gneiss occhiadini (Permiano) – affio-



Figura 4. Il T. Grand Eyvia a Cogne. Fotografia da valle verso monte; qui ha già ricevuto le acque del T. Gauson dalla destra idrografica (parte sinistra della foto)



Figura 5. Pont d'Aël, col suo ponte-acquedotto romano del 3 a.C.

rano tra Épinel e Vieyes, su entrambi i versanti della valle.

PENNIDICO INTERNO

Falda del Gran Paradiso (GP): Metagraniti e gneiss occhiadini (da protoliti permo-carboniferi); paragneiss a metamorfismo pregranitico di alto grado con sovrainpronta alpina in facies eclogitica e scisti verdi - costituiscono il versante settentrionale del massiccio del Gran Paradiso affiorando quindi in tutto settore meridionale sinistro del bacino.

2.2 ZONA PIEMONTESE

Unità non eclogitica del Combin (Co):
Unità eclogitica di Zermatt – Saas (ZS):
 Calcescisti s.l.; metabasalti in facies prasinitica, anfiboliti e minori eclogiti;

metagabbri; serpentiniti da peridotiti di mantello – affiorano in tutto il bacino, prevalentemente nella zona mediana; i calcescisti prevalgono sul versante destro, le pietre verdi in quello sinistro.

Unità esotiche (di origine continentale): Successioni permo-mesozoiche indifferenziate; calcescisti non ofiolitici breccie (Dogger? - Lias), ove distinti.

2.3 AUSTRALPINO

LEMBI INFERIORI, ECLOGITICI
Monte Emilius (EM): affiora nella parte mediana sullo spartiacque destro del bacino;
Acque Rosse (AR): presente alla testata del bacino, allungato sul versante sinistro del T. D'Urtier.

3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEO-IDROLOGICA

La valutazione della pericolosità idrologica ha comportato la verifica idraulica su tre sezioni idrauliche nel bacino del T. Grand Eyvia, ritenute critiche per l'eccessiva vicinanza delle abitazioni agli impluvi.

La **sezione 1** (coordinate: 45°35'41.3"N 7°23'30.5"E - Fig. 7) è stata individuata sul T. D'Urtier, all'ingresso del torrente nell'abitato di Lillaz, circa 100 m a monte del ponte del paese; la sezione 1 sottende un bacino di 61,3 km².

La **sezione 2** (coordinate: 45°36'29.2"N 7°21'45.2"E - Fig. 8) si trova alle porte di Cogne, in località Moline, appena a monte del ponticello di legno

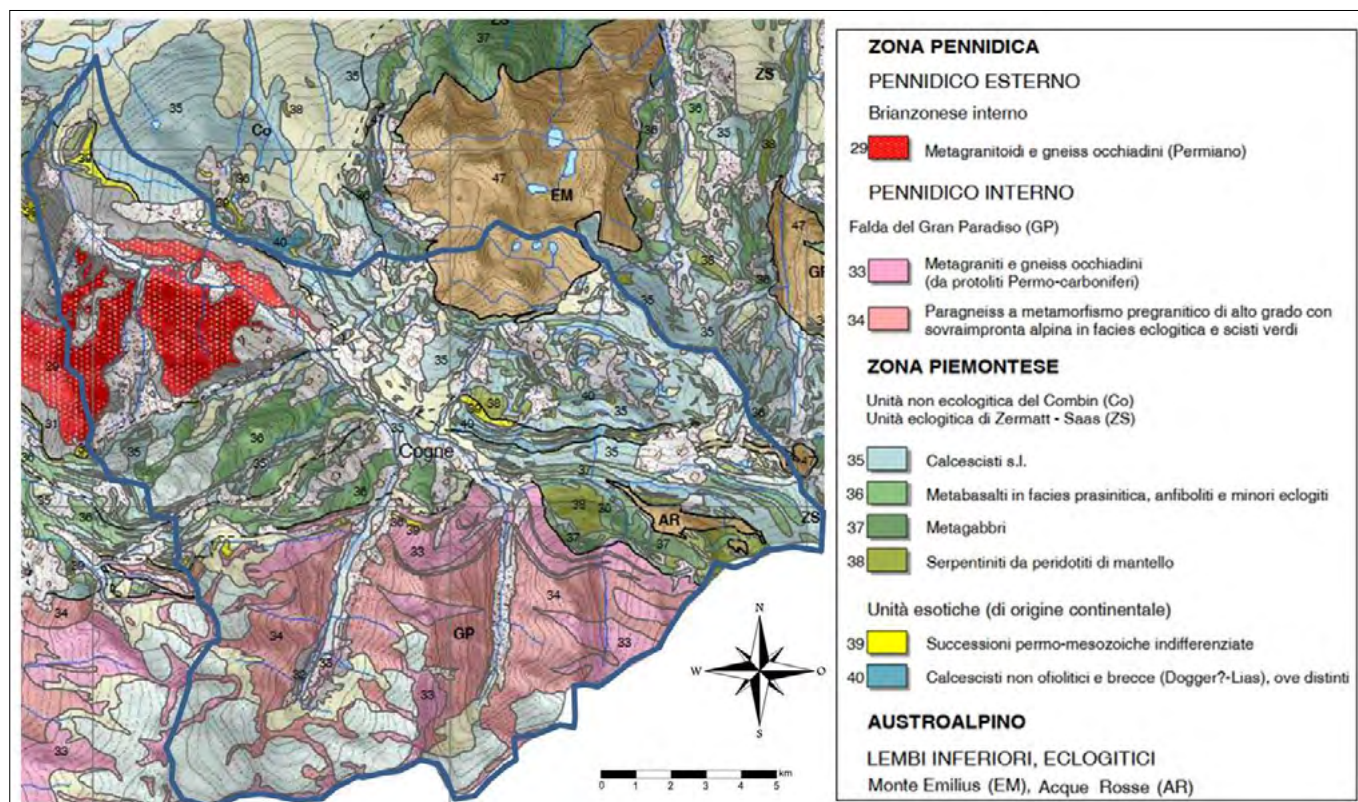


Figura 6. Il bacino del T. Grand Eyvia (bordo azzurro) sullo stralcio della "Carta tettonica della Valle d'Aosta" (RIF. WEB 1)



Figura 7. La sezione 1, ubicata in corrispondenza dell'abitato di Lillaz, circa 100 m a monte del ponte del paese. La foto è presa dalla sponda destra (freccia gialla). In azzurro la direzione di scorrimento del corso d'acqua



Figura 8. La sezione 2, ubicata sul T. Grauson, in località Moline (Cogne), a pochi metri dalla confluenza nel T. Grand Eyvia. La foto è presa da valle verso monte (freccia gialla). In azzurro la direzione di scorrimento del corso d'acqua



Figura 9. Evento alluvionale del 29 giugno 2024. A sinistra: una delle interruzioni della strada regionale 47, causata dalla forza erosiva del T. Grand Eyvia; a destra il T. Grauson esonda in corrispondenza della sezione 2

sul T. Grauson che, pochi metri a valle, confluisce nel T. Grand Eyvia; la sezione 2 sottende un bacino di 32,1 km².

Durante l'evento alluvionale del 29 giugno 2024, che provocò l'interruzione della strada statale 507 in almeno tre punti, il T. Grauson esondò proprio in corrispondenza della sezione 2 (Fig. 9).

La **sezione 3** è localizzata sul T. D'Arpisson, tributario destro del T. Grand Eyvia, in corrispondenza del ponte più a monte del paese di Epinel, circa 60 m a valle della briglia selettiva costruita per difesa dalle colate detritiche (coordinate: 45°37'48.9"N 7°19'33.6"E - Fig. 10): la sezione 3 sottende un bacino di 6,57 km².

3.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

I dati delle piogge intense riferiti al bacino del T. Grand Eyvia sono stati estratti dalla *Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense* (Fig. 11). Da tale ricostruzione, effettuata dall'Autorità di Bacino del F. Po, è possibile estrapolare i parametri a e n delle curve di probabilità pluviometrica con assegnato tempo di ritorno per ogni cella quadrata con lato di 2 km del bacino padano (Rif. WEB 2).

Mediando i valori dei parametri a e n delle celle in cui ricadono i bacini sottesi dalle tre sezioni in esame (14 celle per la sezione 1, 9 celle per la sezione 2 e solo 3 celle per la sezione 3), sono state ricavate le curve di probabilità pluviometrica visualizzate in Tab. 1.

3.2 CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Le portate di massima piena vengono calcolate con il Metodo Razionale attraverso la seguente relazione:

$$Q_{max} = k \cdot C \cdot i_c \cdot A$$

dove:

- Q_{max} è la portata di massima piena del corso d'acqua espressa in m³/s;
- k è un fattore adimensionale che tiene conto della non uniformità delle unità di misura. Se A è espressa in km² ed i_c in mm/h, per ottenere la portata in m³/s bisogna attribuire a k il valore $1/3,6 = 0,278$;
- C è il coefficiente di deflusso;
- i_c è l'intensità della precipitazione critica che provoca la piena (mm/ora);
- A è l'area del bacino a monte della sezione presa in esame (km²)

Le precipitazioni considerate sono quelle descritte dalle curve di probabilità pluviometrica riportate in Tabella 1: per determinare l'intensità della pioggia critica i_c , di ciascun bacino sotteso dalle sezioni in esame, è stato valutato il tem-



Figura 10. La sezione 3 è localizzata sul T. D'Arpison, tributario destro del T. Grand Eyvia, in corrispondenza del ponte più a monte del paese di Epinel, circa 60 m a valle della briglia selettiva costruita per difesa dalle colate detritiche

po di corrivazione utilizzando l'espressione generale (Watt & Chow, 1985), proposta dagli autori per aree comprese tra 0,5 ha e 5840 km²:

$$t_c = 0,000326 \cdot (L/\sqrt{S})^{0,79}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione espresso in ore;
- L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua estesa fino allo spartiacque in m;
- S = pendenza dell'asta principale (m/m).

La lunghezza L delle aste fluviali estese fino allo spartiacque è stata ricavata tramite strumenti GIS e sono risultate pari a 10.070 m per la sezione 1, a 12.500 m per la sezione 2 e a 5.420 m per la sezione 3.

Le pendenze medie S delle aste fluviali, ricavate col metodo grafico (RIF. WEB 3), sono risultate pari a 0,12 (m/m) m per la sezione 1, a 0,13 (m/m) per la sezione 2 e a 0,34 (m/m) per la sezione 3. Sostituendo i valori dei parametri L ed S nell'espressione generale di Watt & Chow (1985), si è calcolato un tempo di corrivazione t_c di 1,095 ore

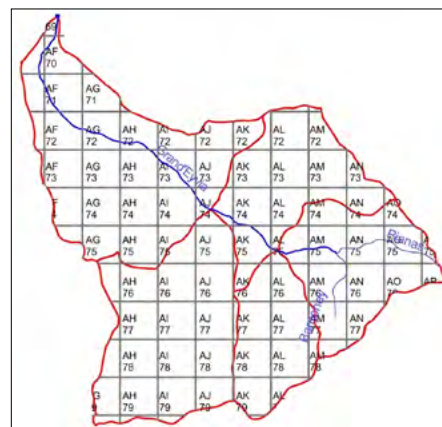


Figura 11. Suddivisione del bacino del T. Grand Eyvia in celle quadrate con lato di 2 km per ciascuna delle quali è possibile estrapolare i parametri delle precipitazioni intense con assegnato tempo di ritorno (RIF. WEB 2)

per il bacino sotteso dalla sezione 1, un tempo di corrivazione t_c di 1,258 ore per il bacino sotteso dalla sezione 2 e un tempo di corrivazione t_c di 0,445 ore per il bacino sotteso dalla sezione 3.

A questo punto, l'intensità critica i_c risulterà dal rapporto tra l'altezza della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione h_c (per calcolare la quale basta sostituire t_c nella durata t delle equazioni delle curve di probabilità pluviometrica) e il tempo di corrivazione t_c stesso, e sarà riferita quindi a un determinato tempo di ritorno: $i_c = h_c/t_c$. Un altro parametro nel calcolo della portata di massima piena è rappresentato dal coefficiente di deflusso C che rappresenta il rapporto tra l'acqua che defluisce in superficie rispetto alle precipitazioni totali. Esso tiene conto della natura dei terreni e del tipo di copertura vegetale e, seppure non venga mai preso in considerazione, dal grado di saturazione del terreno al momento dell'infiltrazione. Per determinarlo si fa riferimento a valori di letteratura come, ad esempio, quelli proposti da BENINI (1990). In Tab. 2, vengono riportati: a)

Tabella 1. Curve di probabilità pluviometrica con diversi tempi di ritorno rappresentative dei bacini sottesi dalle sezioni in esame

Bacino	n. celle	Tr = 20	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 500
Sez. 1	14	$h = 25 \cdot t^{0,5297}$	$h = 32 \cdot t^{0,5367}$	$h = 35 \cdot t^{0,5387}$	$h = 39 \cdot t^{0,5413}$
Sez. 2	9	$h = 29 \cdot t^{0,5420}$	$h = 37 \cdot t^{0,5496}$	$h = 40 \cdot t^{0,5519}$	$h = 45 \cdot t^{0,5541}$
Sez. 3	3	$h = 33 \cdot t^{0,5427}$	$h = 43 \cdot t^{0,5494}$	$h = 47 \cdot t^{0,5514}$	$h = 53 \cdot t^{0,5534}$

Tabella 2. Uso del suolo nei bacini sottesi dalle tre sezioni in esame e calcolo dei coefficienti di deflusso medi

Sez.	Uso del suolo	Area relativa [km ²]	Area relativa [%]	C	C _m	T _r [anni]	h _c [mm]	t _c [ore]	i _c [mm/ora]	Area bacino [km ²]	k	Q _{max} [m ³ /s]	Q _{df} [m ³ /s]
1	Boschi	4,3	7,01	0,36	0,62	20	26,2	1,095	23,9	61,3	0,278	252,5	2525
1	Pascoli	41,6	67,85	0,62	0,62	100	33,6	1,095	30,7	61,3	0,278	324,4	3244
1	Roccia	15,4	25,12	0,70	0,62	200	36,8	1,095	33,6	61,3	0,278	355,0	3550
1	Urbanizzato	0,01	0,02	0,90	0,62	500	41,0	1,095	37,4	61,3	0,278	395,2	3952
2	Boschi	2,1	6,53	0,36	0,64	20	32,8	1,258	26,1	32,1	0,278	149,1	1491
2	Pascoli	13,1	40,81	0,62	0,64	100	42,0	1,258	33,4	32,1	0,278	190,8	1908
2	Roccia	16,9	52,64	0,70	0,64	200	45,4	1,258	36,1	32,1	0,278	206,2	2062
2	Urbanizzato	0,01	0,02	0,90	0,64	500	51,1	1,258	40,6	32,1	0,278	231,9	2319
3	Boschi	0,66	10,05	0,36	0,65	20	21,3	0,445	47,9	6,57	0,278	56,9	569
3	Pascoli	0,97	14,76	0,62	0,65	100	27,6	0,445	62,0	6,57	0,278	73,6	736
3	Roccia	4,94	75,19	0,70	0,65	200	30,1	0,445	67,6	6,57	0,278	80,3	803
3	Urbanizzato	0	0	0,90	0,65	500	33,9	0,445	76,2	6,57	0,278	90,5	905

l'uso del suolo nei bacini sottesi dalle tre sezioni in esame (valutato dall'analisi delle riprese aeree) insieme ai dati per il calcolo del coefficiente di deflusso medio C_m di ogni bacino; b) i dati di pioggia e intensità critica ottenuti per i bacini in esame, c) le portate di massima piena attese nelle sezioni in esame per i diversi tempi di ritorno considerati; d) le portate di picco del *debris flow* (cfr. paragrafo seguente).

3.3 PORTATE DI PICCO DEL DEBRIS FLOW

La portata di picco di un *debris flow* può essere determinata con metodi speditivi, tra i quali quello di Takahashi, 1991 (RIF. WEB 4), secondo cui, per pendenze superiori a 20° e per valori di concentrazione del debris flow pari al 90% della concentrazione totale, la relazione tra le portate di picco liquide Q_{max} e le portate di picco del debris flow Q_{df} si semplifica in:

$$Q_{df} = 10 \times Q_{max}$$

3.4 VERIFICHE IDRAULICHE

Una volta calcolate le portate di massima piena attese per i quattro tempi di ritorno in corrispondenza delle tre sezioni prese in esame, si è verificato se tutte queste portate sarebbero defluite normalmente nell'alveo o se in qualche occasione il corso d'acqua in questione

avrebbe esondato, inondando le zone abitate circostanti. A tal fine, è stato necessario fare un confronto tra le portate di progetto, indicate in Tab. 2, e la *portata massima ammissibile* in corrispondenza delle tre sezioni, pari al prodotto dell'area A della sezione e la *velocità del flusso idrico* V :

$$Q = A \cdot V$$

Per calcolare l'area A delle sezioni di interesse sono stati effettuati sopralluoghi per ricavare quote e lunghezze. Come quota massima di ogni sezione è stato preso il livello base delle abitazioni mentre la quota minima è stata posta al fondo del corso d'acqua.

Per determinare la *velocità del flusso idrico* V delle sezioni, si utilizza la formula di Chézy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- V è la velocità media in m/s;
- è il coefficiente di Chézy che dipende dalla scabrezza dell'alveo e dal raggio idraulico;
- R è il raggio idraulico in m;
- i è la pendenza media dell'asta principale espressa in percentuale.

Per raggio idraulico si intende il rapporto tra l'area della sezione e il perimetro bagnato p_b . Per perimetro bagnato si

intende la somma tra la lunghezza del fondo dell'alveo e delle sponde.

$$R = \frac{A}{p_b}$$

Con i dati ricavati dalle misure effettuate *in situ*, sono stati ottenuti i *raggi idraulici* delle tre sezioni (Tab. 3).

Tabella 3. Valori dell'area, del perimetro bagnato e del raggio idraulico delle tre sezioni misurate

Sezione	Area sezione [m ²]	p_b [m]	R [m]
1	60	26	2,3
2	24	14	1,7
3	12	10	1,2

Le pendenze medie dell'asta principale i [m/m] sono state calcolate precedentemente.

Per il coefficiente di scabrezza X , è stata utilizzata l'equazione di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove:

- n è il coefficiente di Manning
- R è il raggio idraulico

per cui la formula di Chézy diventa:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Il coefficiente n di Manning è stato calcolato dalla seguente formula (CHOW,

Tabella 4. Valori da utilizzare per calcolare il coefficiente n di Manning (Chow, 1959)

Condizioni dell'alveo			Valori
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0,020
	Roccia		0,025
	Alluvione grossolana		0,028
	Alluvione fine		0,024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0,000
	Bassa		0,005
	Moderata		0,010
	Elevata		0,020
Variazione di forma e dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0,000
	Occasionale		0,005
	Frequente		0,010-0,015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0,000
	Modesto		0,010-0,015
	Apprezzabile		0,020-0,030
	Elevato		0,040-0,060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0,005-0,010
	Medio		0,010-0,025
	Alto		0,025-0,050
	Molto alto		0,050-0,100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1,000
	Apprezzabile		1,150
	Elevato		1,300

1959), rifacendosi ai coefficienti parziali della Tab. 4.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

I coefficienti parziali utilizzati e il coefficiente n di Manning ricavato dalla formula di CHOW (1959) sono riportati in Tab. 5.

Tabella 5. Valori dei coefficienti parziali utilizzati e dei relativi coefficienti n di Manning ricavati per le verifiche delle tre sezioni in esame

	sezione 1	sezione 2	sezione 3
n_0	0,028	0,028	0,028
n_1	0,020	0,020	0,020
n_2	0,010	0,010	0,010
n_3	0,050	0,050	0,050
n_4	0,050	0,050	0,050
m_5	1,200	1,200	1,000
n	0,1896	0,1896	0,1580

Con i dati ottenuti, è stato possibile calcolare le *velocità di deflusso* V tramite la formula di Chézy. Infine, moltiplicando le aree delle sezioni per le rispettive velocità di deflusso sono state ricavate le portate massime ammissibili per le tre sezioni analizzate (Tab. 6).

Tabella 6. Valori delle velocità media di deflusso

Sezione	Velocità [m/s]	Area sezione [m ²]	Q_{amm} [m ³ /s]
1	3,19	60	191,4
2	2,72	24	65,4
3	4,17	12	50,0

In Tab. 7, le portate di massima piena e le portate di picco del debris flow, calcolate per diversi tempi di ritorno, sono state confrontate con le portate ammissibili dalle tre sezioni prese in esame. Da tale confronto si evince facilmente come le tre sezioni non risultino mai verificate neanche per la sola portata liquida e neanche per un tempo di ritorno di soli 20 anni, evidenziando il forte rischio di inondazione e soprattutto di colate detritiche cui sono esposte le abitazioni delle zone indagate. Si consideri inoltre che le curve di probabilità pluviometrica sono state elaborate a partire da dati pluviometrici dell'Autorità di Bacino del Po che si fermano a circa 20 anni fa, risultando quindi sottostimati in intensità.

Tabella 7. Confronto delle portate di massima piena e delle portate di picco del debris flow, calcolate per vari tempi di ritorno, con le portate ammissibili dalle tre sezioni in esame

Sezione	Tempo di ritorno [anni]	Q_{max} [m ³ /s]	Q_{df} [m ³ /s]	Q_{amm} [m ³ /s]
1	20	252,5	2525	191,4
1	100	324,4	3244	191,4
1	200	355,0	3550	191,4
1	500	395,2	3952	191,4
2	20	149,1	1491	65,4
2	100	190,8	1908	65,4
2	200	206,2	2062	65,4
2	500	231,9	2319	65,4
3	20	56,9	569	50,0
3	100	73,6	736	50,0
3	200	80,3	803	50,0
3	500	90,5	905	50,0

4. CONCLUSIONI

Nell'evento alluvionale che ha interessato l'intero territorio della Valle d'Aosta il 29-30 giugno 2024, le cumulate giornaliere massime sono state registrate nell'alta della Val di Cogne (con 133 mm a Lillaz, 131 mm a Grand-Crot, 119 mm a Valnontey e 100 mm a Gimillan). Di conseguenza qui si sono verificati i principali dissesti: le testate della Valnontey, della Valeille, della Valle dell'Urtier e la maggioranza degli affluenti della Grand-Eyvia hanno dato origine a colate detritiche e a flussi iperconcentrati apportando notevoli quantità di materiale solido nella rete idrologica principale. Le sezioni idrauliche 1 e 2 prese in considerazione nel presente studio sono state interessate dalle esondazioni. Fortunatamente, l'abitato di Epinel è stato interessato solo dall'esondazione del *T. Grand Eyvia* nella parte bassa del paese perché le forti piogge, concentrate nell'alta Val di Cogne, non hanno colpito il bacino del *T. D'Arpisson*. Questo, col suo abbondante carico di detriti alla sua testata, incombe sull'intero abitato di Epinel, improvvisamente costruito allo sbocco del bacino, zona a collo di imbuto altamente pericolosa, attualmente protetto da una grossa briglia selettiva per cercare di mitigare l'alto rischio da *debris flow*.

La vocazione turistica della Valle di Cogne dovrebbe accompagnarsi con la consapevolezza della popolazione (residente e non) della pericolosità geomorfologica del territorio. Anche per questo, oltre agli interventi strutturali, in molti

casi insufficienti contro fenomeni naturali spesso incontrollabili, si fa sempre più impellente l'adozione di misure preventive: da tempo la Sigee-APS propone che negli atti di compravendita degli immobili venga allegato obbligatoriamente il *Certificato di Destinazione Urbanistica* del sito con le specifiche informazioni circa il suo grado di pericolosità da fenomeni geologici quali alluvioni, frane, terremoti o eruzioni vulcaniche.

BIBLIOGRAFIA

- BENINI G. (1990), *Sistemazioni idraulico forestali*. Collana Scienze forestali e ambientali. UTET, Torino, 308 pp., ISBN-10: 880204340X, ISBN-13: 978-8802043401
- CHOW V.T. (1959), *Open Channel Hydraulics*. Mc Graw Hill Company, 680 pp.
- WATT W.E., CHOW K.C.A. (1985), *A General Expression for Basin Lag Time*. Canadian Journal of Civil Engineering, 12, 294 - 300.

RIFERIMENTI WEB

- RIF. 1 - https://www.researchgate.net/publication/286930274_De_Giusti_F_Dal_Piaz_GV_Massironi_M_Schiavo_A_2004_Carta_geotettonica_della_Valle_d%27Aosta_Mem_Sci_Geol_55_2003_129-149
- RIF. 2 - <https://www.adbpo.it/PAI/7%20-%20Norme%20di%20attuazione/7.2%20-%20Direttive%20di%20Piano/Direttiva2/ALLEGATO3/>
- RIF. 3 - https://webstatic.niwa.co.nz/library/TM61_1980.pdf
- RIF. 4 - <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-debrisflow.pdf>

Ultima consultazione in data 09.01.2026

Opportunità e prospettive di gestione sostenibile delle biomasse vegetali spiaggiate in Italia

Opportunities and prospects for the sustainable management of stranded plant biomass in Italy

Sergio Cappucci

ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile)

Stefano Donati

Parco Nazionale del Circeo

Vincenzo Pascucci

Università degli Studi di Sassari —
Dipartimento di Architettura,
Design e Urbanistica

E-mail: sergio.cappucci@enea.it

Parole chiave: Biomasse Vegetali Spiaggiate (BVS), economia circolare, Concessioni Demaniali Marittime (ISO 13009/2015), crediti di carbonio

Keywords: Beached Vegetal Biomasses (BVS; seagrass wrack), circular economy, Maritime State Concessions (ISO 13009/2015), carbon credits

RIASSUNTO

Le biomasse vegetali spiaggiate, derivanti prevalentemente dalla prateria di *Posidonia oceanica*, svolgono un ruolo essenziale nella stabilità geomorfologica degli arenili mediterranei, contribuendo alla protezione naturale della costa e alla conservazione della risorsa sabbia. La loro gestione rappresenta tuttavia una sfida complessa, aggravata dall'impatto dei cambiamenti climatici, dagli impatti antropici e da pratiche di raccolta non sostenibili che favoriscono l'erosione e la perdita di sedimento. Negli ultimi anni, l'evoluzione normativa italiana e l'adozione dei principi della green economy, dell'economia circolare e lo sviluppo della *space economy* hanno promosso approcci innovativi e sostenibili per il monitoraggio e per la gestione delle biomasse vegetali. Tra questi, la tecnologia brevettata da ENEA consente di mantenere la biomassa in loco o, se necessario, di trattarla per separare i rifiuti e reintrodurla in ambiente marino o costiero, preservandone la funzione ecologica. Tale approccio permette di ridurre gli impatti sull'ecosistema, valorizzare la biomassa e garantire una gestione integrata in grado di coniugare tutela ambientale e fruizione turistica, all'occorrenza sfruttando i moderni impianti di trattamento dei rifiuti per la corretta separazione di sabbia, biomasse e plastiche, e sfruttare il mercato dei crediti di carbonio per coprire i costi degli interventi.

ABSTRACT

Beached vegetal biomass, largely originating from Posidonia oceanica meadows, plays a key role in the geomorphological stability of Mediterranean shorelines, contributing to natural coastal protection and sand conservation. However, its manage-

ment remains a complex challenge, exacerbated by climate change, anthropogenic impacts, and by unsustainable removal practices that accelerate erosion and sediment loss. In recent years, Italian regulatory advancements and the adoption of green economy, circular economy and space economy principles have promoted innovative and sustainable approaches for both monitoring and management of seagrass wrack. Among these, the ENEA patented technology enables biomass to be retained on-site or, when removal is required, to be processed in order to separate waste and subsequently reintroduce the clean biomass into its natural marine or coastal environment, preserving its ecological function. This approach makes it possible to reduce impacts on the ecosystem, enhance biomass, and ensure integrated management that combines environmental protection with tourist use, when necessary making use of modern waste-treatment facilities for the proper separation of sand, biomass, and plastics, and leveraging the carbon-credit market to cover intervention costs.

INTRODUZIONE

La gestione delle Biomasse Vegetali Spiaggiate (BVS) rappresenta uno dei temi più rilevanti nella pianificazione integrata delle aree costiere, non solo per la sua dimensione ecologica, ma anche per le ricadute geomorfologiche, socioeconomiche e gestionali (ISPRA, 2020). Il Mar Mediterraneo, caratterizzato da un'elevata vulnerabilità climatica e da intense pressioni antropiche, è un contesto in cui il ruolo delle fanerogame marine, la *Posidonia oceanica* in particolare, assume un valore strategico: la produzione stagionale di biomassa, e la sua deposizione lungo le spiagge nel periodo invernale, contribuiscono infatti alla stabilizzazione dei sedimenti e

costituiscono un elemento di protezione naturale della linea di costa, come evidenziato da recenti lavori in preparazione da parte degli autori (Manca *et al.*, 2013).

Le *banquettes* (accumulo lungo i litorali di resti di *P. oceanica*) e i depositi vegetali spiaggiati in generale hanno un'influenza sulla geomorfologia costiera: la loro rimozione comporta perdita di sabbia, alterazione del profilo ed erosione accelerata di una spiaggia (Dentamare *et al.*, 2025). In questo senso, la gestione sostenibile delle biomasse spiaggiate non è soltanto un'opzione ambientale, ma un requisito essenziale per conservare la risorsa sabbia, elemento strutturale degli ecosistemi litoranei (Simeone, De Falco, 2013). In un contesto di innalzamento del livello del mare, intensificazione dei fenomeni di mareggiata e progressiva regressione della linea di riva, preservare la funzione geomorfologica della biomassa vegetale spiaggiata significa contribuire direttamente alla resilienza delle nostre coste (Rotini *et al.*, 2020).

Tuttavia, negli ultimi anni, il rapido incremento dei rifiuti plastici presenti negli ambienti marino-costieri sta modificando in maniera significativa gli approcci gestionali finora adottati. La letteratura più recente evidenzia che l'accumulo di micro e mesoplastiche all'interno delle biomasse spiaggiate rende sempre meno sostenibile il semplice mantenimento in loco dei depositi, soprattutto nei tratti di litorale caratterizzati da forte pressione antropica (Gregory, 2009; Afeniforo *et al.*, 2025; von Thenen *et al.*, 2025). In tali condizioni, un modello puramente conservativo non appare idoneo: diventa necessario introdurre strategie di gestione che prevedano la rimozione periodica,

almeno parziale, dei frammenti plastici, senza compromettere il ruolo sedimentologico e geomorfologico svolto dalle biomasse vegetali spiaggiate.

Parallelamente, lo sviluppo delle tecnologie di trattamento dei rifiuti ha aperto nuove opportunità, ma anche alcune criticità, nella gestione dei depositi antropici, ovvero di quei siti in cui, per molti anni, grandi quantitativi di biomasse miste a rifiuti e sabbia sono stati accumulati senza alcuna separazione né reintroduzione stagionale in spiaggia. Moderni impianti permettono di trattare le BVS in modo selettivo, recuperando la frazione organica separandola da sabbia e plastiche secondo criteri tecnici e normativi sempre più stringenti (Kugo e Mai, 2022; Macreadie *et al.*, 2017). Diverse regioni stanno realizzando impianti specializzati per la gestione delle biomasse vegetali spiaggiate, che con specifici decreti End of Waste (EoW; cessazione dalla qualifica di rifiuto), possono essere poi utilizzate per la produzione di compost e ammendanti agricoli (Photiou e Vyrides, 2021; Vannucchi *et al.*, 2022). Tali tecnologie garantiscono tracciabilità e qualità del prodotto finale, pur non prevedendo, secondo le strategie attuali, la cessazione della qualifica di rifiuto nel caso in cui le BVS in uscita, vengono reimmesse direttamente nell'ambiente marino-costiero.

In alcuni contesti, è stato sperimentato anche il conferimento delle biomasse spiaggiate in impianti per la digestione anaerobica e la produzione di biogas. Tale opzione, pur tecnologicamente praticabile, è da considerarsi inappropriata sotto il profilo ecologico, poiché sottrae agli arenili una risorsa naturale fondamentale e rischia di incentivare lo sfruttamento attivo del materiale vegetale per finalità energetiche, in aperto contrasto con i processi naturali ed il ruolo ecosistemico (Amal *et al.*, 2025; Afeniforo *et al.*, 2025). Per questo motivo, la comunità tecnico-scientifica sta da tempo lavorando verso modelli di gestione che valorizzino la funzione geomorfologica e protettiva delle biomasse, evitando approcci che ne alterino il ciclo naturale asportando e sottraendo le BVS dall'ambiente marino costiero.

Difatti, negli ultimi anni, l'integrazione dei principi della green economy e dell'economia circolare ha profondamente rinnovato l'approccio alla gestione di questi materiali, promuovendo strategie capaci di trasformare la biomassa spiaggiata da scarto problematico a risorsa ambientale, sociale ed economica. Tali principi hanno guidato la spe-

rimentazione e l'adozione di tecnologie innovative che permettono di ridurre gli impatti della rimozione meccanizzata, limitare la dispersione dei rifiuti plastici, e utilizzare la biomassa nella catena di valore (ISPRA, 2020). Il progresso tecnologico è stato sostenuto anche dal

naturale, sia in ambiente emerso (rimodellamento invernale, ripristino dunale, imbottiti per arredo balneare), sia in ambiente sommerso (Fig. 1). Si tratta di un'immersione controllata per creare substrati fertili nei progetti di ripiantumazione (De Luca, 2018).



Figura 1. Esempi di utilizzo dei residui di BVS in ambiente emerso (in alto) e sommerso (in basso)

contributo della space economy, in particolare attraverso l'uso di dati satellitari e modelli previsionali per monitorare dinamiche costiere, identificare le aree di maggiore accumulo e ottimizzare gli interventi di gestione (Borfecchia *et al.*, 2019). L'integrazione di osservazioni da remoto e dati oceanografici ad alta risoluzione consente inoltre di prevedere traiettorie di deriva della biomassa e migliorare la pianificazione stagionale delle attività di raccolta e redistribuzione (Ventura *et al.*, 2013).

In questo scenario, un ruolo particolarmente innovativo è svolto dal brevetto ENEA (deposito n. 1424765), che si configura come una soluzione tecnologica sostenibile per la gestione delle biomasse vegetali spiaggiate. La tecnologia sviluppata da ENEA (Cappucci *et al.*, 2015), consente infatti di mantenere in loco la biomassa sotto forma di elementi di arredo balneare imbottiti, evitando l'asportazione della sabbia e al contempo rimuovendo rifiuti e plastiche. Qualora, invece, sia necessario rimuovere temporaneamente la biomassa dalla spiaggia, il sistema permette di trattarla in moderni impianti per separarla dai rifiuti e successivamente restituirla al suo ambiente

In entrambi i casi, la biomassa rimane parte integrante del ciclo ecologico costiero, evitando il conferimento in discarica e garantendo un allineamento pieno con i modelli di economia circolare e mitigazione degli impatti antropici.

Nel complesso, la corretta gestione delle biomasse vegetali spiaggiate, supportata da strumenti normativi aggiornati, tecnologie sostenibili e metodologie di analisi territoriali avanzate, costituisce una componente imprescindibile delle strategie di adattamento e mitigazione nei sistemi costieri mediterranei così come nella pianificazione della gestione dei rifiuti urbani (RU). Questo lavoro si inserisce in tale prospettiva, offrendo una sintesi tecnico-scientifica degli aspetti ecologici, normativi e tecnologici che guidano la transizione verso modelli di gestione integrata e sostenibile delle biomasse vegetali spiaggiate.

L'AREA DI STUDIO: IL MAR MEDITERRANEO

Il Mar Mediterraneo, bacino semi-chiuso caratterizzato da un'elevata eterogeneità fisica e geologica, presenta una morfologia complessa con profondi bacini centrali, margini continentali rela-

tivamente stretti (Fig. 2) e un ricambio idrico limitato che avviene principalmente attraverso lo Stretto di Gibilterra (Milot, 2005; Sannino *et al.*, 2022). La sua struttura oceanografica è dominata

potrebbero amplificare la frequenza e l'estensione di questi spiaggiamenti, evidenziando la necessità di strategie integrate e sostenibili di gestione delle aree costiere (Deidun *et al.*, 2009).

(Telesca *et al.*, 2015). Fondali incoerenti o caratterizzati da intensa mobilità sedimentaria, repentine variazioni del tasso di sedimentazione (*silting o scouring*) al contrario, ostacolano la formazione di praterie continue, determinando configurazioni frammentate o regressioni locali (Boudouresque *et al.*, 2012).

Il limite superiore della prateria si colloca generalmente tra 0,5 e 5 m, variabile in funzione dell'idrodinamismo costiero, dell'esposizione ai venti e della stabilità del substrato, mentre il limite inferiore (mediamente 35 m) è regolato principalmente dalla trasparenza dell'acqua e può raggiungere profondità eccezionali comprese tra 45 e 50 m nelle acque più limpide del Mediterraneo orientale (Duarte, 2002). Tuttavia, negli ultimi decenni si osservano contrazioni dei limiti profondi correlate all'aumento della torbidità e all'impatto antropico diffuso (inquinamento, ancoraggi, pesca a strascico, etc.).

Anche i cambiamenti climatici stanno influenzando significativamente la dinamica e la distribuzione di *P. oceanica*. L'aumento delle temperature marine, l'intensificazione delle ondate di calore e le variazioni del regime dei venti e del clima ondoso alterano la stabilità delle praterie e incrementano il distacco delle foglie senescenti (Darmaraki *et al.*, 2019; Andreucci *et al.*, 2023). A tali fattori si aggiungono pressioni antropiche dirette, come pesca a strascico, ormeggi non regolamentati e ancoraggi ripetuti, che provocano danni meccanici ai rizomi e ai fasci fogliari aumentando la quota di biomassa rimossa dal fondo (De Luca *et al.*, 2018, 2020). La combinazione di stress climatici e impatti an-

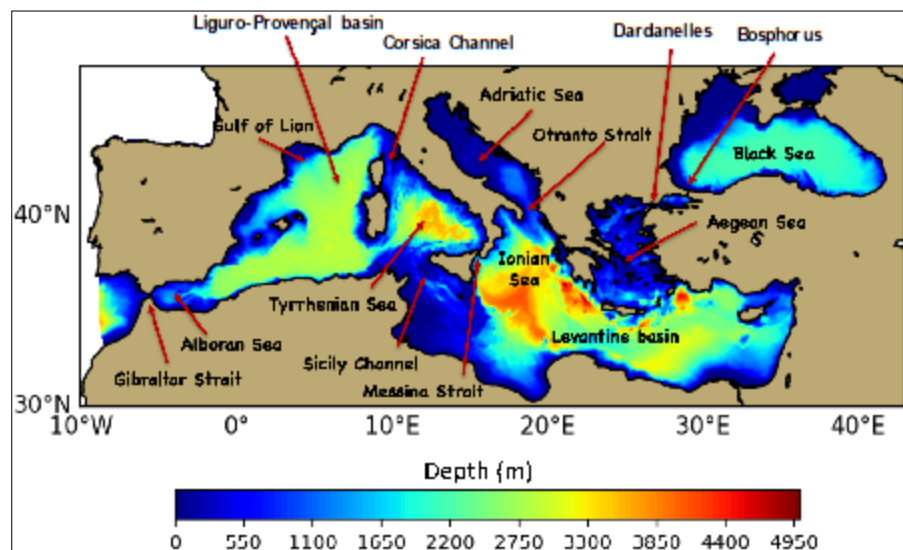


Figura 2. Principali elementi morfobattimetrici del Mar Mediterraneo (Da: Sannino *et al.*, 2022)

da marcati gradienti di salinità e temperatura, da fenomeni di stratificazione stagionale e da un'intensa evaporazione che contribuisce a renderlo uno dei mari più salati a livello globale (Coll *et al.*, 2010). Il clima mediterraneo, tipicamente contraddistinto da estati calde e secche e inverni miti, sta subendo rapide trasformazioni legate ai cambiamenti climatici: il Mediterraneo è infatti considerato un hotspot climatico, con tassi di riscaldamento delle acque fino al 20% superiori alla media globale degli oceani (Rovere e Vacchi, 2015; Lionello *et al.*, 2014; IPCC, 2021). L'aumento della temperatura superficiale, unito alla crescente frequenza delle ondate di calore marine, sta alterando la circolazione, la stratificazione e la distribuzione delle specie, con effetti diretti sugli habitat costieri (Darmaraki *et al.*, 2019). Tra questi, un ruolo cruciale è svolto dalle fanerogame marine, in particolare *Posidonia oceanica*, specie endemica e bio-indicatrice della salute degli ecosistemi marini mediterranei (Pergent *et al.*, 1995; Duarte, 2002). Le praterie di *Posidonia*, ecosistemi ingegneristici ad alta capacità di stoccaggio del carbonio e ricchi di biodiversità, contribuiscono alla stabilizzazione dei sedimenti, all'ossigenazione dell'acqua e alla protezione naturale della costa (Telesca *et al.*, 2015). Il ciclo stagionale delle foglie genera biomassa che si accumula sulle spiagge formando banquettes (ISPRA, 2010; Williams e Micallef, 2009). Le variazioni idrodinamiche e meteorologiche legate al cambiamento climatico

DISTRIBUZIONE DELLA PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA

La prateria di *Posidonia oceanica* è distribuita lungo la maggior parte delle coste del Mar Mediterraneo (Fig. 3), dalla superficie fino ai 30–45 m di profondità, con una maggiore estensione nei settori nord-occidentali e centro-occidentali del bacino (Pergent *et al.*, 1995). La sua distribuzione geografica risulta strettamente legata alla geologia e alla sedimentologia del fondo marino: la specie predilige substrati consolidati o sedimenti stabili, come sabbie grossolane e detriti bioclastici, che favoriscono la colonizzazione e l'espansione rizomatosa

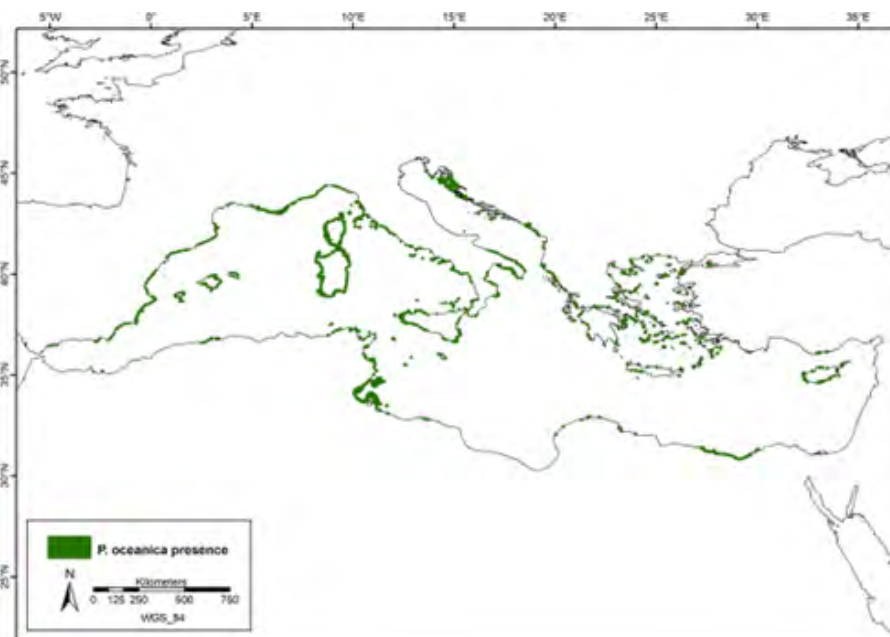


Figura 3. Distribuzione delle praterie di *Posidonia oceanica* nel Mar Mediterraneo

tropici determina quindi una maggiore produzione e mobilitazione di frammenti fogliari e rizomatosi, che vengono trasportati nella colonna d'acqua fino a depositarsi lungo i litorali, contribuendo ad accumuli stagionali sempre più estesi.

LA MATTE

La *matte* di *Posidonia oceanica* (Fig. 4) è un substrato geologico-biologico misto, unico, la cui formazione è strettamente controllata dai processi sedimentologici e dai tassi di deposizione dei materiali organici e minerali (Boulenger *et al.*, 2025). Essa si costruisce molto lentamente. I tassi di accrescimento verticale della *matte* sono generalmente compresi tra 0,2 e 1 mm/anno (Mateo *et al.*, 2006), valori che rivelano come la sua evoluzione richieda tempi secolari o millenari. Il ritmo di crescita è determinato dal bilancio tra deposizione di sedimenti, prevalentemente fini, intrappolamento di particolato organico e biomassa e rizomi morti che si accumulano progressivamente sia in senso verticale che laterale.

intrappolare sedimento sospeso, microdetriti e particolato organico, contribuisce a una lenta e continua edificazione della *matte*, che assume così caratteristiche geobiologiche assimilabili a una vera e propria struttura stratificata, con livelli riconoscibili e databili (Lo Iacono *et al.*, 2008).

Dal punto di vista sedimentologico, l'evoluzione della *matte* è legata alla disponibilità di sedimenti in sospensione o trasportati sul fondo, e dal regime idrodinamico locale: aree caratterizzate da sedimenti incoerenti, forte energia ondosa o elevata torbidità tendono a rallentare la formazione della *matte* o a determinarne regressioni laterali (Vacchi *et al.*, 2014). Viceversa, ambienti deposizionali dove la prateria può accumulare sedimenti fini, favoriscono una maggiore crescita verticale e una migliore conservazione delle strutture organo-sedimentarie (Gacia e Duarte, 2001). Pertanto, la dinamica geologica e sedimentaria della *matte* rappresenta un indicatore cruciale dello stato di conservazione della prateria e della stabilità degli ecosistemi costieri mediterranei.

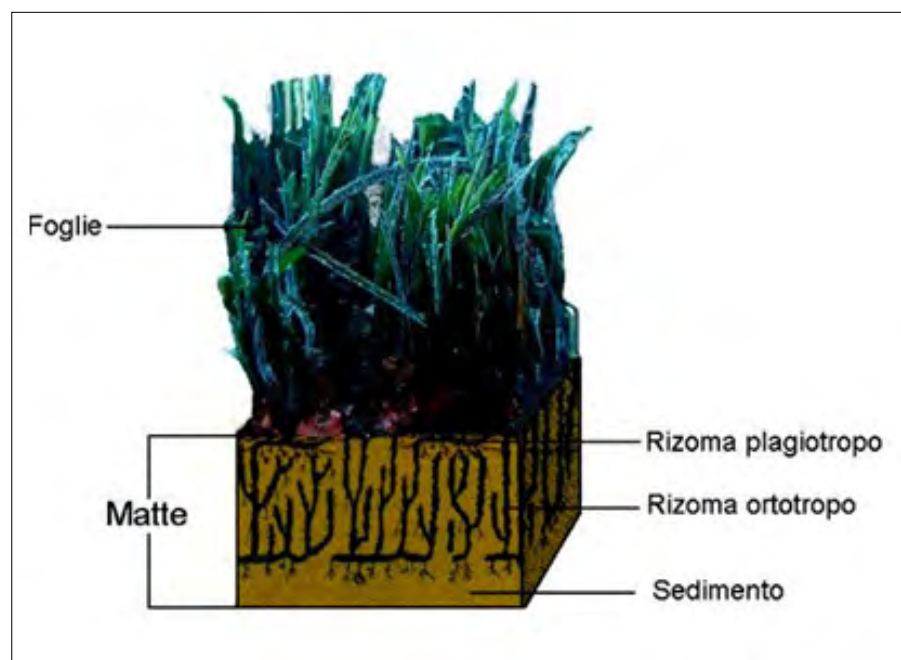


Figura 4. Schema della struttura della prateria. Notare che la *matte* è un elemento fondamentale per la crescita e sopravvivenza della pianta ed è costituito da un mix di componenti organici (rizomi e foglie morte) e inorganici (sedimenti)

Il substrato della prateria è dunque composto da un mosaico di materiali minerali (sabbie bioclastiche, carbonati, sedimenti terrigeni) e sostanza organica parzialmente decomposta che, integrandosi, forma una matrice solida e coesa. Tale matrice, agisce sia da fertilizzante, che da stabilizzatore dell'apparato radicale (Serrano *et al.*, 2014), e permette alla prateria di mantenere un ancoraggio resistente anche all'idrodinamismo (Vacchi *et al.*, 2014). La capacità dei rizomi di

FORMAZIONE E DISTRIBUZIONE DEI CUMULI DI BIOMASSE VEGETALI

Le BVS rappresentano un fenomeno che si manifesta con forte variabilità spaziale e temporale, e coinvolge non solo i residui della prateria di *Posidonia oceanica* (foglie, rizomi e frammenti di *matte*), ma anche macroalghe, detriti terrigeni e materiale vegetale di origine fluviale trasportato durante le piene

stagionali verso il mare. Studi recenti evidenziano come gli accumuli presenti sulle spiagge mediterranee siano costituiti da un mosaico di componenti organiche provenienti da diversi ecosistemi costieri e pelagici, rendendo il fenomeno più articolato rispetto alla sola deposizione di foglie di *Posidonia*. Sebbene tali accumuli svolgano un ruolo protettivo contro l'erosione costiera (Fig. 5), rappresentano un rilevante problema gestionale: in inverno interessano circa il 60% dei litorali mediterranei, provocando disagi estetici e operativi per l'utilizzo turistico delle spiagge pubbliche e private (Manca *et al.*, 2013; Cappucci *et al.*, 2015; Rotini *et al.*, 2020).

La previsione della deposizione delle biomasse è particolarmente difficile, poiché il materiale organico può essere trasportato per lunghe distanze dalle correnti costiere, attraverso processi di drift superficiale. Le mareggiate autunnali e invernali possono rimuovere biomasse già depositate, spostarle lateralmente o redistribuirle su altre spiagge anche oltre i confini dell'unità fisiografica di appartenenza (Simeone e De Falco, 2013). Tale dinamica rende complessa non solo la previsione, ma anche la gestione degli accumuli. Inoltre, parte della biomassa mobilizzata non raggiunge la battigia: essa può essere trasportata e depositata sul fondo marino, dove forma letti di macerazione, che contribuiscono ai processi di degradazione microbica e riciclo del carbonio organico (Alcoverro e Romero, 1994). Questi depositi bentonici possono perdurare per settimane o mesi, influenzando i processi biogeochimici del fondale.

Comprendere la complessità di questi processi, dalla produzione, al distacco, al trasporto fino alla deposizione, è cruciale per affrontare la gestione sostenibile delle spiagge. A fronte dell'aumento dell'intensità delle mareggiate, dei cambiamenti climatici in atto, le BVS risultano sempre più mobili e l'aumento dei rifiuti in mare amplifica le criticità legate allo smaltimento, all'impatto visivo e alle esigenze del turismo costiero.

LA GESTIONE: RIFIUTO E RISORSA

La gestione delle BVS rappresenta un tema complesso per molte amministrazioni costiere mediterranee, in quanto tali accumuli interferiscono con la fruizione turistica delle spiagge e con le dinamiche ecologiche naturali. Dal punto di vista gestionale, i cumuli di residui vegetali occupano spazi destinati alla balneazione e vengono percepiti

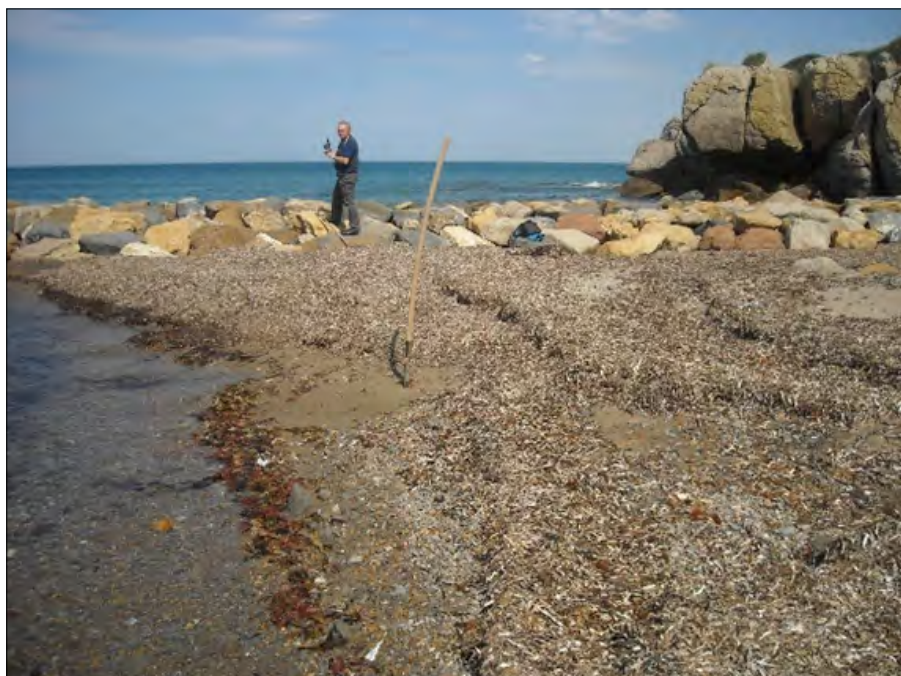


Figura 5. Immagini di cumuli di *posidonia* spiaggiata lungo il litorale di San Agostino (Lazio settentrionale)

come un elemento di degrado estetico (Rodríguez-Prieto e Ballesteros, 2009; Manca *et al.*, 2013; Cappucci *et al.*, 2015), che, nei mesi estivi, può anche generare odori sgradevoli che amplificano il disagio per residenti e turisti.

Diversi studi documentano che i detriti plastici vengono intrappolati in percentuali significative nelle banquettes e nei depositi vegetali, diventando un veicolo di accumulo e frammentazione (Uneputti e Evans, 1997; Mansui *et al.*, 2015). Ciò rappresenta un fattore ulteriore di rischio per fauna (stanziale e migratoria), oltre a complicare la gestione dei residui stessi (Pietrelli *et al.*, 2017). Infatti, l'opzione zero, quella di conservare e mantenere in loco le BVS, che fino a pochi anni fa costituiva il modello di gestione più nobile dal punto di vista ambientale (il modello di "spiaggia ecologica" adottato in Francia, per intenderci, e descritto nella prima circolare ministeriale del 2006), è diventato critico, se non "anacronistico". Il motivo è molto semplice: periodicamente i cumuli vengono smantellati durante le mareggiate più intense e le plastiche, eventualmente presenti, distribuite in mare.

Sebbene le BVS siano considerate un problema gestionale, storicamente esse hanno rappresentato una risorsa importante in vari settori. In passato le foglie di *Posidonia oceanica* venivano utilizzate come materiale da imballaggio, isolante, fertilizzante agricolo, e persino per alimentare gli animali (Boudouresque e Jeudy de Grissac, 1983). Anche oggi, in un'ottica di economia circolare, il loro potenziale per la produzione di compost, biostimolanti, biomate-

riali o substrati vegetali è oggetto di nuove sperimentazioni e applicazioni industriali in campo edile, cosmetico-farmaceutico, di design (ISPRA, 2020). Tuttavia, affinché tale materiale mantenga una reale valorizzazione, esso deve essere raccolto in modo selettivo. Le rimozioni effettuate con mezzi meccanici pesanti, che spesso mescolano i residui vegetali con sedimenti, rifiuti e plastiche, trasformano la biomassa da risorsa in rifiuto, compromettendo la possibilità di riuso e aumentando i costi di

smaltimento. In questo senso la gestione sostenibile richiede strategie che bilancino esigenze turistiche, conservazione degli ecosistemi e valorizzazione delle biomasse, evitando interventi eccessivamente impattanti o pratiche che degradano la qualità del materiale vegetale. Uno schema concettuale della gestione delle biomasse vegetali spiaggiate è riportato in Fig. 6.

IL QUADRO NORMATIVO RELATIVO ALLA GESTIONE DELLE BIOMASSE VEGETALI SPIAGGiate

Negli ultimi due decenni, il quadro normativo italiano relativo alla gestione delle BVS ha subito una trasformazione profonda, coerente con una crescente consapevolezza del suo valore ambientale e con la necessità di conciliare tutela ecologica e fruizione delle spiagge. Le prime disposizioni del Testo Unico Ambientale (D.lgs. 152/2006) tendevano a includere, in modo ampio, i materiali presenti sulle spiagge tra i rifiuti urbani; tuttavia, già all'interno dello stesso Testo Unico Ambientale (TUA), venivano introdotti elementi interpretativi che distinguevano le biomasse naturali spiaggiate dalle vere operazioni di gestione dei rifiuti, riconoscendo che tali materiali, se mantenuti nel luogo di deposito, non rientrano automaticamente nel circuito dei rifiuti.

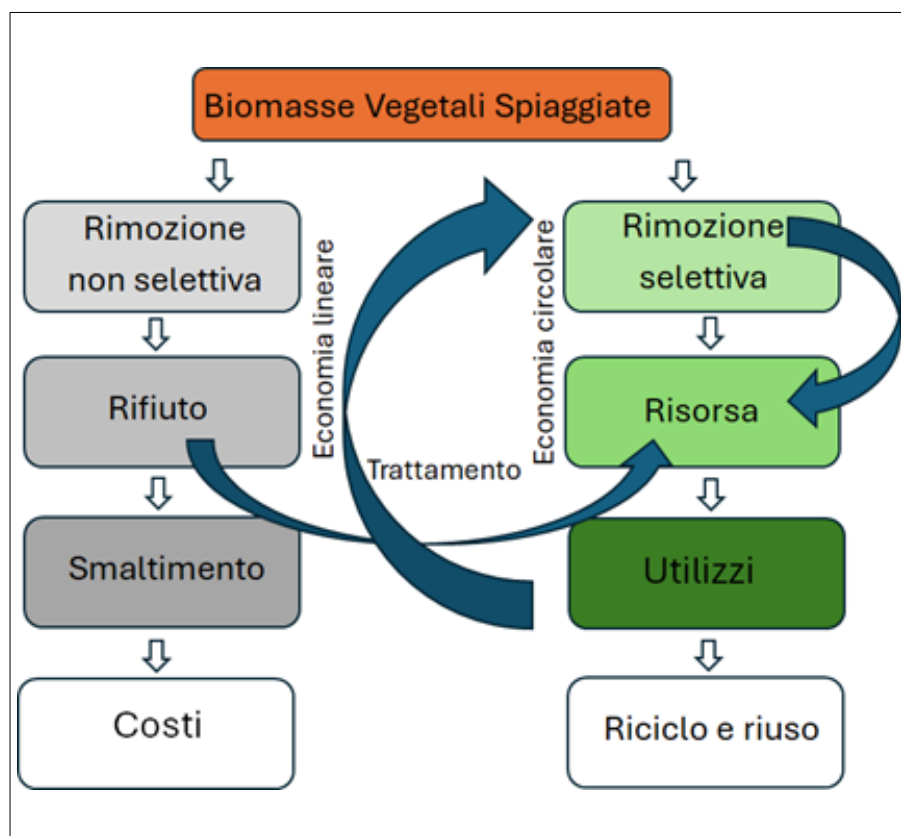


Figura 6. Schema concettuale di gestione delle biomasse vegetali spiaggiate

Un primo passo verso una gestione più orientata alla valorizzazione è arrivato con il D.lgs. 75/2010, che ha ammesso alghe e piante marine tra le matrici organiche impiegabili nella produzione di fertilizzanti, purché separate dalla frazione minerale. Successivamente, il D.lgs. 205/2010 ha chiarito la possibilità di lasciare in sito o interrare localmente piante ed alghe marine quando compatibile con processi naturali, evitando automaticamente la classificazione come rifiuto laddove lo spiaggiamento dipende da cause naturali e non intervengano procedure di trattamento e trasporto (art. 39, c.11).

Una svolta rilevante si è verificata con la circolare ministeriale 8838/2019, che ha superato l'approccio restrittivo della prima circolare 8123/2006, ampliando le opzioni gestionali e introducendo una distinzione innovativa: le biomasse spiaggiate sono rifiuto solo se vi è l'intenzione esplicita di disfarsene, mentre se utilizzate per la protezione costiera o per finalità ecologiche devono essere considerate risorse.

Tale distinzione ha anticipato le successive norme primarie dello Stato.

Il cambiamento più significativo è stato infatti introdotto dal Decreto Sostegni (Legge 69/2021), che ha modificato l'art. 185 del D.lgs. 152/2006, stabilendo che la *Posidonia* spiaggata, quando reimpressa nel suo ambiente marino, o impiegata in ambito agronomico o produttivo senza rischi per salute e ambiente, non rientra nel regime dei rifiuti.

Questa innovazione elimina definitivamente gli equivoci interpretativi sulla possibilità di trasporto anche su strada e consente alle amministrazioni di spostare la biomassa anche tramite viabilità ordinaria, se gestita nell'ambito di un progetto di riqualificazione ambientale che non comporta impatti per la salute e per l'ambiente, senza ricadere nel perimetro della disciplina sui rifiuti.

La successiva Legge Salva Mare (L. 60/2022), ha ulteriormente consolidato questo cambio di paradigma, specificando che la reimmissione in mare della *Posidonia* non costituisce un'operazione di smaltimento (come erroneamente indicato nella circolare ministeriale 8838/2019), ma la simulazione di un processo naturale già intrinseco alla dinamica costiera che forma letti di macerazione e contribuisce alla formazione della stessa *matte*. La legge, conferma, inoltre, la possibilità di trasferire gli accumuli in aree retrodunali o in altre zone della stessa unità fisiografica, purché

preceduti da vagliatura e rimozione dei rifiuti antropici (pp. 7–9).

Questo impianto normativo riconosce dunque la natura ciclica, e dinamica, delle BVS, superando definitivamente la visione che le assimilava ai rifiuti urbani.

Nel contesto del Mediterraneo, l'Italia risulta oggi il paese più avanzato sia dal punto di vista normativo sia sul piano tecnico-operativo, grazie a un impianto legislativo che prevede molteplici opzioni di recupero, riuso e reinserimento della biomassa nel ciclo naturale e produttivo, e che integra i principi di Economia Circolare, *Marine Spatial Planning* e gli obiettivi di sviluppo sostenibile. Nessun altro Stato mediterraneo dispone di un quadro altrettanto articolato di strumenti giuridici e tecnici per gestire, valorizzare e trasferire la *Posidonia* spiaggata in modo sostenibile, rendendo il modello italiano un riferimento innovativo per tutto il bacino. In Fig. 7 è indicata la timeline delle principali fonti normative.

liera agronomica. Ha però necessità di grande consumo di acqua, in quanto per una maggiore qualità del prodotto finale la concentrazione dei cloruri deve essere ridotta e questo dettaglio rende la produzione dei fertilizzanti da BVS di origine marina poco sostenibile come opzione gestionale (Parente e Santamaria, 2009).

Le tecnologie di valorizzazione delle biomasse vegetali spiaggiate stanno assumendo un ruolo centrale nelle strategie di gestione applicate agli ecosistemi costieri. La frazione organica costituita da foglie, fibre e rizomi di *Posidonia oceanica*, opportunamente separata dai rifiuti antropici e dalla sabbia, può essere utilizzata in diverse filiere produttive e industriali. Sia su scala industriale, sia di prossimità, i residui vegetali possono essere inseriti come matrice organica negli impianti di trattamento aerobico (produzione di compost o fertilizzanti) o anaerobico (produzione di biogas), integrando la biomassa spiaggata in cicli bioenergetici.

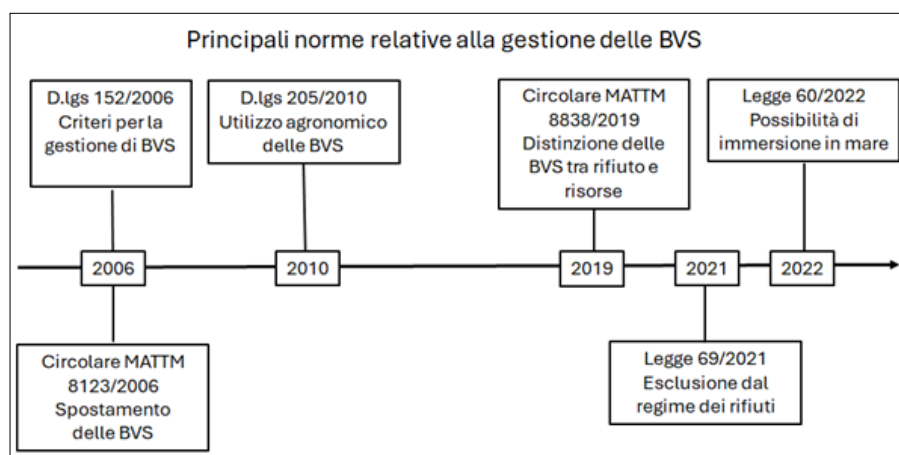


Figura 7. Time line delle principali normative inerenti alla gestione delle biomasse vegetali spiaggiate

TECNOLOGIE DI VALORIZZAZIONE DELLE BIOMASSE VEGETALI SPIAGGiate

Le prime linee di ricerca hanno esplorato la possibilità di utilizzare la biomassa per interventi di ripristino dunale e ricostituzione delle spiagge, una pratica che mantiene la risorsa nel suo ciclo ed ambiente naturale, rafforza le strutture sedimentarie e riduce la necessità di periodici ripascimenti artificiali. Le Linee Guida e diversi progetti confermano che i residui vegetali possono essere impiegati per la ricostruzione delle dune e come barriera naturale contro l'erosione. Il compost derivante presenta proprietà favorevoli al miglioramento dei suoli, tra cui incremento della sostanza organica, maggiore ritenzione idrica e riduzione del fabbisogno di fertilizzanti chimici, valorizzando così la *Posidonia* nella fi-

La biomassa può inoltre essere impiegata come materia prima nel settore della bioedilizia e della cosmetica (Kuqo e Mai, 2022). ISPRA (2020) elenca numerose aziende nazionali e internazionali che producono pannelli isolanti e materiali costruttivi basati su fibre di *posidonia* lavorata. I materiali biocompositi ottenuti combinando fibre naturali e polimeri bio-based rappresentano uno degli sviluppi più promettenti per applicazioni edilizie, tessili, florovivaistiche e di arredo, nonché per materiali ecosostenibili per imballaggio. Tutte queste soluzioni tecnologiche ed applicazioni in ambito produttivo ed industriale hanno la caratteristica di rimuovere la biomassa vegetale dall'ambiente marino costiero, con conseguenze ecologiche che la comunità scientifica non è ancora in grado di valutare. Per tale motivo, secondo un generale principio di precauzione, lo

sfruttamento delle BVS nelle catene di valore industriale andrebbe scoraggiato. Al momento, tra le diverse soluzioni tecnologiche, l'unica che utilizza la biomassa come bene materiale (imbottitura per realizzare elementi per arredo balneare da usare nel periodo estivo), e, successivamente, consente la sua reimmersione nell'ambiente marino costiero per la protezione della spiaggia durante l'inverno, è quella brevettata da ENEA (Cappucci *et al.*, 2015; 2023). Il medesimo brevetto di ENEA si è spinto oltre, anticipando di circa dieci anni quello che poi la Legge Salvamare ha incluso come un'opzione di gestione: l'immersione in mare. Le biomasse vegetali sono state infatti utilizzate per riempire imbottiti in fibra naturale, che, essendo realizzati in fibra naturale, sono stati immersi in mare durante dei test condotti nell'Area Marina Protetta delle Isole Egadi (Fig. 8). L'obiettivo di tale applicazione è costituire substrati fertili per favorire la ripiantumazione della prateria madre sul fondale marino, cioè, utilizzare parte delle BVS che occupano le spiagge durante la stagione estiva per costruire substrati fertili su cui ripiantumare nuove praterie di fanerogame marine.

TECNOLOGIE DI GESTIONE SOSTENIBILE SULLA SPIAGGIA

Le tecnologie di gestione sostenibili sulla spiaggia si basano sui principi della spiaggia ecologica, concetto promosso dal progetto BARGAIN e già formalizzato nella circolare ministeriale 8123/2006 e nelle linee guida ISPRA (2010 e 2020). La priorità è attribuita al mantenimento in loco delle banquettes, considerata la soluzione più ecologica e preferibile nelle spiagge in erosione, nelle Aree Marine Protette e nelle zone del protocollo ASPIM.

Quando la fruizione turistica rende necessario uno spostamento, è preferibile il rimodellamento della spiaggia emersa e l'interramento in loco, o lo

spostamento stagionale, che consente di trasferire temporaneamente la biomassa in aree appartate e restituirla all'arenile al termine della stagione balneare (Cappucci *et al.*, 2023). Per lo spostamento è sempre preferibile che la rimozione dei rifiuti antropici avvenga manualmente o con macchine leggere dotate di tecnologie ed accorgimenti che limitano l'asportazione di sabbia. Il modello di spiaggia ecologica, anche attraverso l'uso di imbottiti, ha inoltre dimostrato, attraverso diversi progetti, la progressiva e costante rimozione dei rifiuti ad ogni operazione di riempimento e svuotamento degli elementi di arredo balneare all'inizio ed al termine della stagione estiva (Cappucci *et al.*, 2023). In ambiente emerso, anche la ricostruzione e il ripristino morfologico dei cordoni dunari sono una soluzione ampiamente collaudata negli ultimi 20 anni ed è una soluzione che si realizza attraverso diversi accorgimenti ed applicazioni dell'ingegneria naturalistica.

Le tecnologie di immersione in mare, realizzabili anche con il brevetto ENEA, costituiscono un'ulteriore opzione prevista dalla normativa, utile alla ricostituzione dei letti di macerazione e per formare la *matte* (Cappucci *et al.*, 2015). Lo spostamento entro la stessa unità fisiografica è previsto dalle norme, ma i documenti tecnici ricordano che la biomassa può essere trasportata anche oltre tale limite, quando la dinamica marina dimostra un trasporto naturale su larga scala (Cappucci *et al.*, 2020).

In ultima istanza, quando i quantitativi di biomasse sono abbondanti, e le autorità locali decidono di optare per la loro gestione attraverso progetti di riqualificazione ambientale, il loro conferimento presso specifici impianti di trattamento dei rifiuti urbani può permettere la separazione, e il successivo recupero di plastica (da inviare a riciclo) dalla sabbia, da restituire alla spiaggia e biomassa, che viene, per il momento,

esclusivamente destinata alla produzione di compost e di fertilizzanti. La produzione energetica e lo sfruttamento delle BVS per la produzione dei fertilizzanti comporta una rimozione delle biomasse vegetali spiaggiate con impatti sugli habitat e gli ecosistemi ancora non meglio quantificati.

Nella Fig. 9 è riportata la rappresentazione infografica delle diverse opzioni di gestione e valorizzazione delle BVS.

PROSPETTIVE E OPPORTUNITÀ

I BANDI DI GARA PER LE CONCESSIONI DEMANIALI MARITTIME

Da quando in Italia è iniziato (a fasi alterne) il processo di adeguamento alla direttiva servizi 2006/123/CE ("Bolkestein"), il mercato balneare si muove in una situazione di forte crescita della pressione turistica ma di incertezza regolatoria. La direttiva prevede che le concessioni demaniali marittime siano assegnate tramite procedure di gara e non più tramite rinnovi automatici; tuttavia, in Italia si sono succedute proroghe (fino al 2033 con la legge 145/2018) e rinvii, con la conseguenza che solo una parte molto limitata dei Comuni costieri ha effettivamente avviato bandi competitivi (circa 26 Comuni, secondo stime recenti).

Nel frattempo, il numero di concessioni è continuato ad aumentare, con un'occupazione crescente delle coste (che subendo processi di erosione riducono la capacità di carico, cioè lo spazio disponibile per soddisfare le esigenze turistiche). I dati più citati parlano di oltre 50.000 concessioni demaniali marittime complessive alla fine degli anni 2010, di cui circa 11.000–12.000 destinate a stabilimenti balneari, con un incremento di oltre il 12% tra il 2010 e il 2021 e quote di litorale occupato che in alcune regioni (Liguria, Emilia-Romagna, Campania) raggiungono quasi il 70% delle spiagge.



Figura 8. Primo esempi di immersione in mare di BVS utilizzando il brevetto ENEA (imbottiti costituiti da fibre naturali biocompatibili). Alcuni dettagli operativi inerenti alla stabilizzazione del substrato di BMS sul fondo marino non sono riportati e descritti in quanto ancora oggetto di implementazione



Figura 9. Infografica workflow

La fotografia più recente è resa complessa da aggiornamenti incompleti del database ministeriale SID, ma conferma la tendenza a una forte pressione concessoria sulle aree più pregiate. Guardando alle regioni in cui è particolarmente rilevante la gestione delle biomasse vegetali spiaggiate (posidonia, alghe, residui lignei), gli open data rielaborati da MappaturaSpiagge.it indicano, per le sole concessioni demaniali marittime (tutti gli usi), i seguenti ordini di grandezza: Liguria 3.565 concessioni, Toscana 2.522, Sardegna 2.122, Puglia 1.831, Campania 1.447, Lazio 1.331, Calabria 1.270, Sicilia 309, Basilicata 18. (www.mappaturaspiagge.it). Si tratta di litorali con estesi tratti sabbiosi e forte presenza di praterie di *Posidonia oceanica*, dove la gestione sostenibile delle biomasse spiaggiate è un tema obbligato sia dal punto di vista ambientale sia per la qualità dell'offerta turistica.

In questo contesto, la certificazione ISO 13009:2015 sta assumendo un ruolo strategico: la norma definisce requisiti e raccomandazioni per il funzionamento delle spiagge (servizi, infrastrutture, sicurezza, gestione dei rifiuti e dell'ambiente costiero) ed è sempre più utilizzata dagli operatori che vogliono qualificarsi su qualità del servizio, sostenibilità e corretta gestione del litorale. In prospettiva, l'adozione di ISO 13009 può diventare un elemento distintivo nelle future gare Bolkestein e uno strumento per dimostrare, soprattutto nelle regioni sopra elencate, una gestione strutturata e trasparente delle biomasse vegetali spiaggiate e più in generale dell'ecosistema costiero.

Infine, sebbene la tecnologia brevettata da ENEA non rappresenti l'unica soluzione disponibile, costituisce un'innovazione significativa nel panorama

nazionale e mediterraneo. Essa consente di trasformare la biomassa spiaggiate in imbottiti e elementi di arredo balneare durante la stagione turistica, generando benefici economici, logistici e sociali, per poi restituire la biomassa alla spiaggia in inverno, in linea con i cicli naturali. Inoltre, questa tecnologia permette di intercettare e rimuovere ripetutamente frammenti plastici e microplastiche in ogni fase di riempimento e svuotamento degli imbottiti, contribuendo così alla riduzione dell'inquinamento costiero e migliorando la qualità del materiale reimmesso nell'ambiente.

IMMERSIONE IN MARE E RUOLO DELLA SEDIMENTOLOGIA E GEOLOGIA MARINA

L'introduzione, con la Legge 60/2022 ("SalvaMare"), della possibilità di reimmettere in mare le biomasse vegetali spiaggiate (BVS) costituisce un passaggio di rilievo non solo sul piano gestionale, ma anche sul piano scientifico, poiché apre un nuovo ambito di ricerca e applicazione nella geologia e sedimentologia marina costiera. L'immersione controllata delle BVS può essere interpretata come una simulazione guidata di processi naturali di trasporto e deposito della materia organica, ma richiede, per essere efficace e ambientalmente sostenibile, una rigorosa caratterizzazione dei siti di immersione e l'adozione di criteri tecnico-operativi in grado di garantire la stabilità del materiale, la qualità ambientale e l'assenza di impatti indesiderati.

Dal punto di vista geologico e sedimentologico, l'idoneità di un sito dipende innanzitutto dalle condizioni del fondo marino (morfologia, pendenza, granulometria, coesione e stabilità del sedimento). Fondali mobili o soggetti a

forte rimaneggiamento possono determinare risospensione, dispersione laterale della biomassa e perdita di efficacia dell'intervento, mentre ambienti deposizionali più stabili, come ad esempio le depressioni naturali, aree a bassa energia o settori di piattaforma interna con ridotta turbolenza di fondo, possono favorire l'accumulo controllato e la permanenza del materiale. In parallelo, è determinante la conoscenza del regime correntometrico e del clima ondoso locale: correnti persistenti e accelerazioni stagionali (ad esempio legate a venti dominanti o a eventi di tempesta) possono trasportare le BVS oltre l'area target, influenzando la distribuzione del deposito e riducendo la prevedibilità dell'intervento. Ne deriva la necessità di integrare indagini in situ (ADCP, correntometri, misure di shear stress di fondo) con modellistica idrodinamica e trasporto solido/organico, al fine di definire soglie operative e scenari di stabilità delle particelle.

Un secondo requisito fondamentale riguarda la qualità del materiale reimmesso. La presenza di rifiuti antropici e, soprattutto, di microplastiche intrappolate nella biomassa impone l'applicazione di procedure di separazione efficaci, con standard verificabili e tracciabilità del processo. In questo quadro, l'immersione rappresenta un'opzione sostenibile solo se inserita in una filiera che preveda: (a) pretrattamenti di vagliatura e separazione (manuali e/o impiantistici), (b) controlli analitici mirati sulla frazione residua e (c) protocolli operativi capaci di ridurre al minimo il rischio di reintroduzione di contaminanti nell'ambiente marino. In termini gestionali, tale requisito rafforza l'approccio per cui l'immersione deve essere considerata parte di un progetto di riqualificazione ambientale e non una modalità di "smaltimento",

con obiettivi espliciti, monitoraggi e criteri di performance.

Dal punto di vista tecnologico, il successo dell'immersione è strettamente dipendente dagli accorgimenti di contenimento. L'impiego di sistemi idonei (ad esempio contenitori biodegradabili, geotessili naturali, involucri in fibre vegetali, o soluzioni modulari) consente di controllare la geometria del deposito, ridurre la dispersione del materiale e favorire processi di degradazione e integrazione con il sedimento.

In specifiche condizioni, possono essere valutate tecniche di *capping* (copertura controllata con sedimenti idonei) per stabilizzare il deposito e ridurre la risospensione, con logiche analoghe a quelle adottate in alcuni interventi di gestione sedimentaria e ripristino di habitat. Tuttavia, tali soluzioni devono essere progettate caso per caso, poiché *capping* e confinamento possono influenzare scambi biogeochimici, ossigenazione del sedimento e dinamiche della fauna bentonica. Ne consegue la necessità di protocolli sperimentali e di monitoraggi post-intervento (morfobatimetria, torbidità, qualità dei sedimenti, macrozoobenthos, indicatori ecologici) per verificare effetti e prestazioni nel medio-lungo periodo.

Se correttamente pianificata, la reimmissione in mare delle BVS può divenire anche uno strumento di valorizzazione e riqualificazione dei fondali, soprattutto in contesti in cui praterie di fanerogame risultano frammentate o danneggiate. La biomassa può contribuire, in modo diretto o indiretto, a ricostruire microambienti favorevoli, incrementare la ritenzione di particolato e sostenere la stabilità del substrato, fungendo da elemento di supporto in interventi di ripristino ecologico (ad esempio in combinazione con trapianti o tecniche di ingegneria naturalistica marina). In questa prospettiva, l'immersione può inserirsi in schemi di compensazione ambientale e in programmi di blue carbon, laddove gli interventi siano progettati per incrementare la capacità di sequestro di carbonio associata agli habitat marini vegetati e siano supportati da metodologie riconosciute di contabilizzazione, addizionalità e monitoraggio. Ciò potrebbe contribuire a coprire parte dei costi operativi e di monitoraggio attraverso il mercato dei crediti di carbonio o attraverso strumenti di compensazione legati a opere costiere e pressioni antropiche, spostando l'attenzione dalla "gestione dell'emergenza" verso un modello di investimento ambientale misurabile.

CRITICITÀ, IMPATTI E PROSPETTIVE

Nonostante i recenti aggiornamenti normativi abbiano chiarito che le biomasse vegetali spiaggiate possono essere escluse dal regime dei rifiuti quando sottoposte a operazioni di separazione e recupero, permane una diffusa incertezza interpretativa da parte delle istituzioni e degli enti gestori. La normativa vigente, come modificata dal Decreto Sostegni (2021) e dalla Legge Salva-Mare (2022), riconosce infatti che la rimozione – anche manuale – dei rifiuti antropici eventualmente mescolati alla biomassa determina la cessazione della qualifica di rifiuto per la frazione vegetale residua. Tuttavia, molte amministrazioni continuano a considerare le biomasse come rifiuti urbani, imponendo restrizioni ingiustificate sul trasporto su strada e ostacolando progetti di gestione sostenibile che, per definizione, ne prevedono l'utilizzo come risorsa. Questa contraddizione rallenta l'adozione di pratiche circolari e impedisce di valorizzare la biomassa all'interno di filiere produttive, ambientali o turistiche.

Un'ulteriore criticità riguarda il vincolo dell'unità fisiografica, spesso richiamato come limite invalicabile per lo spostamento delle biomasse. Tale parametro, appropriato per i sedimenti trasportati lungo il fondo marino, risulta invece scarsamente applicabile alle biomasse vegetali che, in quanto materiali galleggianti o sospesi in colonna d'acqua, possono essere naturalmente trasportati per distanze ben maggiori dalle correnti e dalle mareggiate stagionali. La rigidità con cui questo concetto viene talvolta applicato non riflette le dinamiche reali del sistema costiero e ostacola le strategie di gestione che prevedono spostamenti temporanei o interventi di rimodellamento stagionale.

Permangono inoltre incertezze riguardo alle conseguenze dell'utilizzo delle biomasse che cessano di essere rifiuto soltanto dopo il trattamento in impianti autorizzati e a condizione che siano impiegate unicamente come fertilizzanti, compost o ammendanti. Tale limitazione, fortemente settoriale, non tiene conto del potenziale della biomassa in altri ambiti della bioeconomia, né delle possibili implicazioni ambientali e sanitarie del suo uso esteso: la comunità scientifica non dispone ancora di dati sufficienti sugli effetti a lungo termine di tali pratiche, e ciò richiede ulteriori studi prima di estendere indiscriminatamente queste applicazioni.

Nel complesso, tali criticità dimostrano che l'Italia, pur disponendo oggi

del quadro normativo più avanzato del Mediterraneo, necessita di un aggiornamento operativo e istituzionale che renda coerente l'interpretazione delle norme con le potenzialità tecnologiche e ambientali della gestione sostenibile delle biomasse vegetali spiaggiate.

La gestione delle biomasse vegetali spiaggiate mediante la tecnologia sviluppata da ENEA offre una serie di vantaggi economici, ambientali e operativi che la rendono una delle soluzioni più sostenibili per i territori costieri. Il primo elemento di sostenibilità deriva dal fatto che i costi necessari per la separazione dei rifiuti e per l'essiccamento della biomassa – operazioni comunque indispensabili in qualunque scenario gestionale – vengono compensati dalla mancata perdita di sabbia, una criticità documentata nei metodi tradizionali di raccolta meccanizzata. I dati riportati nei progetti tecnici mostrano che l'asportazione indiscriminata della biomassa comporta ogni anno la rimozione di ingenti volumi di sedimento, con conseguenti costi di ripascimento e impatti diretti sull'erosione costiera. Evitare questa perdita rappresenta quindi un risparmio immediato e quantificabile per amministrazioni e operatori turistici.

Un ulteriore beneficio deriva dal fatto che l'adozione della tecnologia ENEA favorisce il rispetto dei criteri di gestione sostenibile delle spiagge stabiliti dalla certificazione ISO 13009/2015, che attribuisce punteggi premianti agli stabilimenti balneari che adottano pratiche circolari, a basso impatto e orientate alla conservazione dell'ambiente costiero. L'uso degli imbottiti in fibra naturale derivata dalla *Posidonia*, impiegati come elementi di arredo balneare, consente agli operatori di ottenere livelli più elevati di certificazione, migliorando la competitività dell'offerta turistica e incrementando indirettamente il valore economico dello stabilimento.

La sostenibilità economica della tecnologia ENEA si rafforza ulteriormente in caso di utilizzo degli imbottiti sul fondo marino per interventi di ripristino delle praterie nelle aree degradate. Questa soluzione, già testata nei progetti sperimentali ENEA-ISPRA, consente di ricreare condizioni favorevoli all'attecchimento dei fascicoli rizomatosi, riducendo i costi degli interventi tradizionali di riforestazione marina. Inoltre, tali attività generano potenzialmente crediti di carbonio legati alla capacità delle praterie di *Posidonia oceanica* di sequestrare CO₂ a lungo termine, come riconosciuto nel quadro della blue carbon economy. I proventi derivanti dalla vendita dei crediti di

carbonio possono coprire in parte o completamente i costi operativi delle attività di raccolta, asciugatura e immersione controllata della biomassa, trasformando l'intervento in un'operazione a bilancio ambientale ed economico positivo.

Nel loro insieme, questi elementi dimostrano che la tecnologia ENEA non solo riduce l'impatto ecologico della gestione delle biomasse spiaggiate, ma può anche generare un saldo economico vantaggioso grazie al risparmio sui ripascimenti, ai benefici certificativi per gli operatori balneari e al potenziale finanziamento derivante dai crediti di carbonio. Essa rappresenta quindi una soluzione integrata che combina tutela ambientale, innovazione tecnologica e rendimento economico, con ricadute positive sull'intero sistema costiero.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La gestione delle biomasse vegetali spiaggiate rappresenta oggi una delle principali sfide per la sostenibilità delle aree costiere mediterranee, in cui fenomeni erosivi, pressioni turistiche e cambiamenti climatici si intrecciano in modo sempre più evidente. Le evidenze scientifiche mostrano come tali biomasse, lungi dall'essere semplici residui da rimuovere, costituiscano un elemento funzionale della geomorfologia costiera, contribuendo alla dissipazione dell'energia ondosa, alla conservazione della sabbia e alla stabilità degli arenili. La loro rimozione non selettiva, effettuata tramite mezzi meccanici e spesso indirizzata verso lo smaltimento in discarica, si traduce invece in un danno ambientale, economico e gestionale, amplificato dalla perdita di grandi volumi di sedimento e dall'aumento dei costi legati ai ripascimenti e alla gestione dei rifiuti urbani.

In questo contesto, l'evoluzione normativa italiana – culminata con il Decreto Sostegni (2021) e la Legge SalvaMare (2022) – ha introdotto un cambio di paradigma, riconoscendo che le biomasse vegetali spiaggiate possano essere escluse dal regime dei rifiuti se trattate e valorizzate all'interno di progetti di tutela e riqualificazione ambientale. Questo quadro legislativo, il più avanzato nell'intero bacino mediterraneo, apre a nuove opportunità di gestione basate sui principi della green economy, dell'economia circolare e delle tecnologie sviluppate nell'ambito della space economy, dalla modellistica idrodinamica, alle piattaforme satellitari per il monitoraggio della dinamica costiera.

La tecnologia brevettata ENEA costituisce un esempio emblematico di in-

novazione sostenibile: essa consente di mantenere la biomassa in loco attraverso imbottiti riutilizzabili come elementi di arredo balneare, con notevoli benefici nella stagione turistica; allo stesso tempo permette di trattare la biomassa in impianti dedicati, separarla dai rifiuti e restituirla all'ambiente naturale, sia in aree emerse sia sommerse, attraverso interventi di rimodellamento o immersione controllata. Tale approccio, oltre a ridurre la pressione sull'ecosistema costiero, consente la rimozione sistematica delle microplastiche e offre nuove opportunità economiche attraverso i crediti di carbonio generati dai progetti di ripristino delle praterie marine.

Nel loro complesso, le soluzioni illustrate in questo lavoro dimostrano che la gestione sostenibile delle biomasse vegetali spiaggiate non è soltanto una necessità ambientale, ma una concreta opportunità per innovare i modelli gestionali, ridurre i costi pubblici, rafforzare la qualità dell'offerta turistica e contribuire alla resilienza degli ecosistemi costieri. Perché ciò si realizzi pienamente, sarà necessario superare le persistenti incertezze interpretative da parte delle istituzioni, promuovere strumenti di pianificazione integrata e sostenere l'applicazione di tecnologie avanzate che consentano di conciliare tutela ecologica, competitività economica e adattamento ai cambiamenti climatici.

In particolare, la possibilità di immersione introdotta dalla Legge SalvaMare non costituisce soltanto un'opzione gestionale aggiuntiva, ma un'opportunità per sviluppare un quadro tecnico-scientifico avanzato, in cui geologia marina, sedimentologia, ingegneria costiera e tecnologie di trattamento convergono per definire criteri di idoneità dei siti, standard di qualità del materiale e soluzioni operative per il contenimento e la stabilizzazione. La sfida principale è trasformare una facoltà normativa in una pratica replicabile, verificabile e sicura, capace di produrre benefici ecosistemici e, ove appropriato, di generare valore economico tramite strumenti di compensazione e mercati ambientali.

BIBLIOGRAFIA

AFENIFORO T., D'IGLIO C., BORG J.A., LITVINENKO I., SPANÒ N., SAVOCA S. (2025), *Posidonia oceanica wrack intercepts plastic debris: First evaluated evidence on Maltese beaches*. Regional Studies in Marine Science, 90, 104439, ISSN 2352-4855, <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104439>.
ALCOVERRO T., ROMERO J. (1994), *Detritus dynamics in a Posidonia oceanica meadow: Particulate organic matter composition and*

distribution. Marine Ecology Progress Series, 106, 127-134.

ANDREUCCI S., SANTONASTASO A., DE LUCA M. et al. (2023), *Shallow water dunefield of a microtidal, wind-dominated strait (Stintino, NW Sardinia, Italy)*. Geological Society Special Publication 523(1), 173-194.

BORFECCHIA F., CONSALVI N., MICHELI C., CARLI F.M., COGNETTI DE MARTIIS S., GNISCI V. et al. (2019), *Landsat 8 OLI satellite data for mapping of the posidonia oceanica and benthic habitats of coastal ecosystems*. Int. J. Remote Sens. 40, 1548-1575. doi: 10.1080/01431161.2018.1528020.

BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., PERGENT G., SHILI A., VERLAQUE M. (2012), *Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: A critical review*. Botanica Marina, 55(5), 469-490.

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A. (1983), *Les herbiers de Posidonie du bassin méditerranéen*. In: *Pêcheries et milieu marin en Méditerranée*. GIS Posidonie Publ., Marseille, 1-27.

BOULENGER A., MARENGO M., BOISSERY P., GOBERT S. (2025), *Comparative assessment of transplantation methods and donor sources for the restoration of Posidonia oceanica meadows*. Science of The Total Environment, 1000, 180488, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180488>.

CAPPUCCI S., CREO C. (2020), *Relazione depositata per audizione presso la Commissione 13ª (Territorio, ambiente, beni ambientali) del Senato della Repubblica*. Roma, 28 settembre 2020, 25 pp.

CAPPUCCI S., CREO C., CRISTALLO V., DE SIMONE C., DONATI S., RUSSO M., SIMONCELLI I. (2015), *Multifunctional structure made with seagrass wrack: A patent of the GE.R.I.N. project*. Energia, Ambiente ed Innovazione, doi 10.12910/EAI2015-074, 4: 83-90.

CAPPUCCI S., CREO C., DI GIOVANNI B. (2023), *La gestione delle biomasse spiaggiate: stato dell'arte e prospettive per la transizione ecologica delle zone costiere*. In: M. Lazzeroni, M. Morazzoni, P. Zamperlin (a cura di), *Geografia e tecnologia: transizioni, trasformazioni, rappresentazioni*. Società di Studi Geografici. Memorie geografiche NS 22, 2023, 161-168. ISBN 978-88-94690125. <https://www.societastudigeografici.it/memorie-geografiche/>.

COLL M., PIRODDI C., STEENBEEK J., KASCHNER K., LASRAM F.B.R., AGUZZI J., BALLESTEROS E., BIANCHI C.N., CORBERA J., DAILIANIS T., DANOVARO R., ESTRADA M., FROGLIA C., GALIL B.S., GASOL J.M., GERTWAGEN R., GIL J., GUILHAUMON F., KESNER-REYES K., KITSOS M-S., KOUKOURAS A., LAMPADARIOU N., LAXAMANA E., LÓPEZ-FÉ DE LA CUADRA C.M., LOTZE H.K., MARTIN D., MOUILLOT D., ORO D., RAICEVICH S., RIUS-BARILE J., SAIZ-SALINAS J.I., VICENTE C.S., SOMOT S., TEMPLADO J., TURON X., VAFIDIS D., VILLANUEVA R., VOULTSIADOU E. (2010), *The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats*. PLoS ONE, 5(8), e11842.

- DARMARAKI S., SOMOT S., SEVAULT F., NABAT P., CABOS NARVAEZ W.D., CAVICCHIA L., DJURDJEVIC V., LI L., SANNINO G., SEIN D.V. (2019), *Future evolution of marine heat waves in the Mediterranean Sea*. *Climate Dynamics*, 53, 1371-1392.
- DEIDUN A., SALIBA S., SCHEMBRI P.J. (2009), *Seasonal and spatial variability in accumulations of beach-cast seagrass wrack in the central Mediterranean*. *Marine Ecology*, 30(3), 365-376.
- DE LUCA M., PASCUCCI V., GAZALE V., RUIU A., MASSETTI L., COSSU A. (2018), *Marine Benthic Forms of the Marine Protected Area Capo Caccia-Isola Piana (Sardinia, Italy)*. *Journal of Maps*, 14(2), 421-427. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1486242>.
- DE LUCA M., CHAIALLA A., ANDREUCCI S., COSSU G., SANTONASTASO A., SECHI D., STELLETTI M., PASCUCCI V. (2020), *Seafloor Map of The Alghero Bay (Sardinia, Italy)*. *Journal of Maps*, 16(2), 669-679. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1805808>.
- DENTAMARE I., CAPASSO L., CHIANESE E., CALICCHIO R., FRANZESE P. P., GRANDE U., RUSSO G. F., BUONOCORE E. (2025), *Ecological Implications of Posidonia oceanica Banquette Removal: Potential Loss of Natural Capital and Ecosystem Services*. *Water*, 17(9), 1362. <https://doi.org/10.3390/w17091362>.
- DUARTE C.M. (2002), *The future of seagrass meadows*. *Environmental Conservation*, 29 (2), 192-206.
- GACIA E., DUARTE C.M. (2001), *Sediment retention by a Mediterranean Posidonia oceanica meadow: The balance between deposition and resuspension*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52(4), 505-514.
- GREGORY M.R. (2009), *Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2009 Jul 27;364(1526):2013-25. doi: 10.1098/rstb.2008.0265. PMID: 19528053; PMCID: PMC2873013.
- IPCC (2021), *Sixth Assessment Report (AR6): Regional Fact Sheets – Mediterranean*.
- ISPRA (2010), *Formazione e gestione delle banquette di Posidonia oceanica sugli arenili*. *Manuali e Linee Guida*, 55, 138 pp.
- ISPRA (2020), *La Spiaggia Ecologica: gestione sostenibile delle Banquette di Posidonia oceanica sugli arenili del Lazio*. *Linea Guida ISPRA*, Vol. 192, 54 pp.
- KUOQ A., MAI C. (2022), *Seagrass Leaves: An Alternative Resource for the Production of Insulation Materials*. *Materials*. 15(19):6933. <https://doi.org/10.3390/ma15196933>.
- LIONELLO P., ABRANTES F., GACIC M., PLANTON S., TRIGO R., ULBRICH U. (2014), *The climate of the mediterranean region: research progress and climate change impacts*. *Regional Environmental Change*, 14 (5), 1679-1684.
- LO IACONO C., MATEO M.A., GRÀCIA E., GUASCH L., CARBONELL R., SERRANO L., SERRANO O., DAÑOBEITIA J. (2008), *Very high-resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates*. *Geophysical Research Letters*, Volume 35, Issue 18, Cite.
- MACREADIE P.I., TREVATHAN-TACKETT S.M., BALDOCK J.A., KELLEWAY J.J. (2017), *Converting beach-cast seagrass wrack into biochar: A climate-friendly solution to a coastal problem*. *Science of the Total Environment*. *Science of the Total Environment* 574, 90-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.021>.
- MANCA E., PASCUCCI V., DE LUCA M., COSSU A., ANDREUCCI S. (2013), *Shoreline evolution related to coastal development of a managed beach in Alghero, Sardinia, Italy*. *Ocean e Coastal Management*, 85 (A), 65-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.008>.
- MANSUI J., MOLCARD A., OURMIERES Y. (2015), *Modelling the impact of currents and waves on the accumulation of floatin g debris in the Mediterranean Sea*. *Marine Pollution Bulletin*, 91(1), 249-257.
- MATEO M.A., SÁNCHEZ-LIZASO J.L., ROMERO J. (2006), *Posidonia oceanica 'matte' development and carbon sequestration*. *Marine Ecology*, 27(4), 289-294.
- MILLOT C. (2005), *Circulation in the Mediterranean Sea: A historical review of experimental investigations*. *Progress in Oceanography*, 66(2-4), 421-442.
- PARENTE A., SANTAMARIA P. (2009), *Il caso dei residui spiaggiati di Posidonia oceanica: da rifiuto a risorsa*. *Levante*, 206 pp.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C.F. (1995), *Posidonia oceanica: A review of its geography and historical ecology*. *Aquatic Botany*, 52, 1-18.
- PERGENT G., BAZAIRI H., BIANCHI C.N., BOUDOURESQUE C.F., BUJA M.C., CALVO S., CLABAUT P., HARMELIN-VIVIEN M., MATEO M.A., MONTEFALCONE M., MORRI C., ORFANIDIS S., PERGENT-MARTINI C., SEMROUD R., SERRANO O., THIBAUT T., TOMASELLO A., VERLAQUE M. (2014), *Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers*. *Mediterranean Marine Science*, 15(2), 462-473. <https://doi.org/10.12681/mms.621>.
- PIETRELLI L., DI GENNARO A., MENECONI P., LECCE F., POETA G., ACOSTA A.T.R., BATTISTI C., IANNILLI V. (2017), *Pervasive plastisphere: First record of plastics in egagropiles (Posidonia spheroids)*. *Environmental Pollution*, 229, 1032-1036, ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.098>.
- PHOTIOU P., VYRIDES I. (2021), *Recovery of phosphate from dewatered anaerobic sludge and wastewater by thermally treated P. oceanica residues and its potential application as a fertilizer*. *Journal of Environmental Management*, 298, 113441, ISSN 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113441>.
- RODRÍGUEZ-PRIETO C., BALLESTEROS E. (2009), *Beach-cast seagrass and macroalgae: nuisance or important ecosystems?* *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84(4), 613-620.
- ROTINI A., CHIESA S., MANFRA L., BORRELLO P., PIEMMARINI R., SILVESTRI C., CAPPUCCI S., PARLAGRECO L., DEVOTI S., PISAPIA M., CREO C., MEZZETTI T., SCARPATO A., MIGLIORE L. (2020), *Modelling Present and Future Climate in the Mediterranean Sea: A Focus on Sea-Level Change*. *Climate Dynamics*, 59, 357-391.
- ROVERE A., VACCHI M. (2015), *Sea level changes in the Mediterranean Sea*. *Quaternary Science Reviews*, 119, 1-11.
- SANNINO G., CARILLO A., IACONO R., NAPOLITANO E., PALMA M., PISACANE G., STRUGLIA M. (2022), *Modelling Present and Future Climate in the Mediterranean Sea: A Focus on Sea-Level Change*. *Clim. Dyn.* 2022, 59, 357-391.
- SERRANO O., MATEO M.A., RENOM P. et al. (2014), *Reconstruction of millenary organic deposits in Posidonia meadows*. *Biogeosciences*, 11, 4099-4108.
- SIMEONE S., DE FALCO G. (2013), *Morphology and composition of beach-cast Posidonia oceanica litter on beaches of Sardinia (Western Mediterranean)*. *Journal of Coastal Research*, 29(5), 1146-1156.
- SOUH A., HAMMAMI K., OUARTANI R., ZIBI O., CHOUCANE H., SGHAIER H., MASMOUDI S. A., CHERIF A., NEIFAR M. (2025), *Eco-waste of Posidonia oceanica as a reservoir for halophilic cellulolytic bacteria with potentialities for plant growth promotion and waste bioconversion*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 8073-8089, doi: 10.1007/s13399-024-05497-2.
- TELESCA L., BELLUSCIO A., CRISCOLI A., ARDIZZONE G., APOSTOLAKI E.T., FRASCHETTI S., GRISTINA M., KNITTWEIS L., MARTIN C. S., PERGENT G., ALAGNA A., BADALAMENTI F., GAROFALO G., GERAKARIS, V., LOUISE PACE M., PERGENT-MARTINI C., SALOMIDI M. (2015), *Seagrass meadows (Posidonia oceanica) distribution and trajectories in the Mediterranean Sea*. *PLoS ONE*, 10(3), e0120304.
- UNEPUTTY P., EVANS S.M. (1997), *The impact of plastic debris on the biota of tidal flats in Ambon Bay, Indonesia*. *Marine Environmental Research*, 44(3), 233-242.
- VACCHI M., MONTEFALCONE M., PARRAVICINI V. et al. (2013), *Spatial models to support the management of coastal marine ecosystems: a short review of the best practices in Liguria, Italy*. *Mediterranean Marine Science*, 15(1), 189-197. <https://doi.org/10.12681/mms.535>.
- VANNUCCI F., MACCI C., DONI S., LONGO V., UGOLINI G., MASCIANDARO G., PERUZZI E. (2022), *Posidonia-Based Compost and Dredged Sediment in Growing Media Improve Tolerance and Nutrient Uptake in Ornamental Plants*. *Sustainability*. 2022; 14(21):14419. <https://doi.org/10.3390/su142114419>.
- VENTURA D., GROSSO L., PENSA D., CASOLI E., MANCINI G., VALENTE T., SCARDI M., RAKAJ A. (2022), *Coastal benthic habitat mapping and monitoring by integrating aerial and water surface low-cost drones*. *Front. Mar. Sci.*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1096594>.
- VON THENEN M., VON LOH M., ROBBE E. et al. (2025), *Beach Wrack on Baltic and Mediterranean Sea Beaches: Litter Pollution and Management Perspectives*. *Estuaries and Coasts* 48, 61 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12237-025-01497-1>.
- WILLIAMS A., MICALLEF A. (2009). *Beach-cast seaweed and seagrass: their dynamics and role in coastal processes*. *Journal of Coastal Research*, SI56, 1563-1567.

Marciano Di Leo, il canonico “curioso” che riuscì a svelare la bellezza e l'utilità dei beni geologici nel primo Ottocento

Alessio Valente

Dipartimento di Scienze e Tecnologie,
Università degli Studi del Sannio,
Benevento (Italia)
E-mail: valente@unisannio.it

Marciano Di Leo, the “curious” canon who succeeded in revealing the beauty and usefulness of geological assets in the early 19th century

Parole chiave: Marciano Di Leo, cartografia storica, patrimonio geologico, Regno di Napoli, Ottocento

Keywords: Marciano Di Leo, historical cartography, geoheritage, Kingdom of Naples, 19th century

RIASSUNTO

Tra la fine del Settecento e i primi dell'Ottocento si manifestarono le molteplici abilità e competenze di Marciano Di Leo, un canonico vissuto nelle aree interne del Meridione della nostra penisola. Probabilmente, a quel tempo egli non riuscì a raggiungere la nomea che meritava, tuttavia oggi riesce a rivelare approcci innovativi nel guardare la Terra e i suoi abitanti, come si legge nelle rivisitazioni delle sue opere di recente eseguite. I suoi pensieri e le sue osservazioni della “*troppe stupendissima natura*”, anche se fossero stati influenzati dall'illuminismo, che in quegli anni si diffondeva, restano una base oggettiva per chi vuole migliorare le condizioni degli abitanti di quei luoghi. Quindi, la conoscenza della natura dei terreni e dei fenomeni fisici, nonché l'implementazione dell'uomo con le sue opere diventano per il Di Leo un'opportunità di sviluppo per gli abitanti di quel territorio. Essere chiamato dai “potenti” di allora per queste sue capacità di rappresentare con precisione il territorio, sia graficamente che statisticamente, e non per semplice erudizione, è altrettanto esemplare. Comunque, la validità del suo operato è anche nel saper valutare come i beni geologici di quel Teatro siano “*belli ed utili*” al punto da far “*risorgere l'abbondanza ne Paesi*”.

1. INTRODUZIONE

“Scoprire la conoscenza” di un uomo “curioso e mai pago” è stato sorprendente. “Leggere le osservazioni” di un canonico al tempo dei lumi è stato fantastico. “Valutare le riflessioni” di un intellettuale a servizio delle autorità è stato sin-

colare. Marciano Di Leo, come ci ha abituato il suo conoscitore Sisto (2008, 2013, 2022, 2025), con le sue opere riesce a far rivivere quelle atmosfere che si vivevano nei salotti buoni delle monarchie napoletane, ma anche quello che si respirava nelle aree interne del Mezzogiorno d'Italia (Passetti, 2007; Sisto & Di Lisio, 2022). Anzi, da quelle pagine si capisce che se nei primi vi era l'occasione di poter apprendere quello che in Europa si diffondeva capillarmente, al di là della monarchia regnante (Ferrone, 2007), nelle seconde si evidenziava come poteva esserci sviluppo solo se si fosse abbandonato la “*rozzezza*” sociale del lavoro rurale e dei suoi ceti dominanti (Sisto, 2025).

Non si può nascondere che Di Leo fosse una figura ecclesiale di discreta importanza, e che “*seguisse*” fedelmente la dottrina acquisita presso il seminario e consolidata con la laurea in teologia (Ciampo, 1828). Per quel tempo appartenere al clero significava contrastare quel pensiero “*illuminista*” che si diffondeva sempre, anche nei centri culturali ecclesiali europei (Ferrone, 2007). Tuttavia, le sue parole verso gli insegnanti che costringevano gli allievi a “*logorarsi nelle grammaticali pedanterie*”, invece di studiare ed imparare i “*fatti più clamorosi*” oppure “*le carte geografiche, ed i cerchi della sfera*” cominciano a far trapelare una sua trasformazione intellettuale (Pinto, 2025). Come accadde per molti “*prelati*” di quei secoli proprio la contemplazione e il raziocinio portò a scoprire i misteri della natura e a comprendere come fosse “*suntuosa*” l'opera di Dio. A conferma di ciò, si sottolinea come alcune evidenze geologiche

si allineavano con un'interpretazione non conformista della Bibbia, in linea con quello che cominciava ad assumere questa scienza (Laudan, 1987). Inoltre, si comprese che la conoscenza della natura e dei suoi fenomeni non dovesse rimanere rinchiusa nelle accademie o addirittura giudicata nei tribunali, ma dovesse essere pubblicata e presentata in luoghi pubblici (Golinski, 1998).

In essi si potevano liberamente confrontare altre osservazioni e sperimentazioni e persino valorizzare la possibilità di utilizzare quei risultati per il bene dell'umanità. Se questa apertura consentì di condividere e rendere utile quello che su cui si lavorava, emergeva l'esigenza di assoggettare il mondo in ogni suo aspetto a una quantificazione precisa. Proprio in quei secoli si diffuse la necessità della misura con strumenti sempre più adeguati (Valerio, 1996). A partire dalle indagini topografiche il Di Leo, in questo assoggettare ogni aspetto del mondo ad una quantificazione precisa, non si ritrasse.

Sapere raccogliere informazioni e saperle rappresentare con la minore approssimazione consentiva agli uomini di quel territorio, non solo di gestirlo meglio amministrativamente, ma anche di averne cura. Si potrebbe dire allo stesso modo di altri tentativi simili sviluppati lungo la penisola italiana tra il Settecento e l'Ottocento che questo contribuiva a costruire un sentimento di identità nazionale, sia pure “*diversificato*” anche per ragioni orografiche, dove si poteva intervenire per spacciare “*consigli buoni e disinteressati*” agli abitanti di quella terra (Ferrone, 2007). In questo modo essi, nonostante la scarsa alfabetizzazio-

ne nelle aree del Mezzogiorno d'Italia di quel tempo, avrebbero saputo sfruttare efficacemente quelle risorse preziose, appartenenti a quel territorio, così da completare l'opera di Dio (Sisto, 2025). Scopo di questo lavoro è di svelare come Di Leo ebbe l'intento di far *“aprire gli occhi a questo gran Teatro”*, così come di sottolineare la capacità dei testi analizzati da Sisto (2008, 2013, 2022, 2025), di farci conoscere questo “curioso” dell'Ottocento dedito alla valorizzazione del bene comune. Più specificamente, si vorrebbe enfatizzare la sensibilità di questo canonico verso i beni geologici e sulla loro utilità per lo sviluppo di un territorio.

2. I PRINCIPI DEL DI LEO

Probabilmente quello che colpisce di più in Di Leo è questa sua preoccupazione: se *«l'abitazione degl'uomini è la terra ... sarebbe per essi un effetto di stupidità se ignorassero il luogo del loro domicilio, e non conoscessero i rapporti, che hanno cogli altri, co' quali debbono convivere, e trattare»* (Sisto, 2025).

In questa frase è sottolineata la necessità per ogni abitante del territorio di conoscere il loro domicilio e i rapporti esistenti in quel teatro al fine di com-

prendere l'opera di Dio, seguita da quella degli uomini. In questi rapporti, come in altre suggestioni, don Marciano evidenzia gli elementi fisici del paesaggio, che li rendono in qualche modo possibili. Anzi, sembra che il contesto comunicativo non possa prescindere dalla descrizione delle caratteristiche “natural ed antropiche” e ancor meglio da una loro rappresentazione (Quaini, 2010). Già questo sarebbe innovativo per i tempi, ma lo è ancor di più, in quanto il canonico Di Leo non si ferma all'accumulo metodico di conoscenze, come le narrazioni del progresso scientifico ancora raccontano di quei secoli. Infatti, egli voleva che tali conoscenze si diffondessero, anche al fine di risolvere i problemi, che nel suo territorio attanagliavano gli uomini. Parlare dell'Irpinia, ovvero dei luoghi dove egli era nato e vissuto per lui non era certamente un momento di quiete, anzi per i suoi conterranei riservava il termine di trascuraggine:

«Nò, nò questa indolenza io non perdono/e di troppa pigrizia i nostri accuso. Che reca sempre a noi somma vergogna, ed ogni altro stranier ce ne rampogna» (Sisto, 2025).

Forse sarà stata questa condizione degli abitanti e del territorio “dissestato”

in cui essi abitavano, che innescò il desiderio «irrequieto» di sapere e di cercare soluzioni per mitigare il “dissesto”. A differenza di altre terapie cercò prima di tutto di sviluppare con sollecitudine i «moderni» temi dell'osservazione del paesaggio.

La sua descrizione evitava dettagli dottrinali e un linguaggio tecnico, così da poter rendere possibile a tutti che la contemplazione delle meraviglie della Creazione divina conduceva a un più profondo apprezzamento del potere e della saggezza di Dio. A tal fine per il suo gran diletto nello studio della poesia, ma anche per “seguire le mode del tempo” utilizzò i versi per descrivere “Il Vesuvio nell'ultima eruzione” (Sisto, 2013). Tralasciando i richiami alla teoria “elettrica”, che poteva generare l'eruzione vulcanica e non solo, sono estremamente interessanti le sue descrizioni dell'apparato vulcanico e del fenomeno eruttivo, che si mostrava nel 1779 con particolari suoni, luci e colori (Fig. 1):

«Del vasto giogo di Appennino a fronte in piano spazioso altero, e solo, il Vesuvio famoso orribil monte, la pomicea sua schiena erge dal suolo. E denso fumo dall'alpestre fronte In vorticosi globi erutta al Polo, e di là signoreggia la Campagna, di qua si



Figura 1. Tavola estratta da “Ragionamento istorico intorno all'eruzione del Vesuvio che cominciò il dì 29 luglio dell'anno 1779 e continuò fino al giorno 15 del seguente mese di agosto” realizzata da De Bottis G., Stamperia Reale, Napoli (1779). Di Leo fu ispirato per il suo canto da questa incisione e ne descrisse sia la “decurtazione del cono e la lunga frattura apertasi”, che gli enormi blocchi vulcanici emessi nel corso delle fasi esplosive della eruzione e visibili nella tavola ai piedi del cratere

specchia in mar, che il piè gli bagna» (Sisto, 2013).

Questo modo di esprimere consentiva di divulgare conoscenze scientifiche al maggior numero di persone, rendendo coscienti dell'utilità delle stesse per poter condurre una vita felice. Questa curiosità di Di Leo, anzi piacevole inquietudine di chi desidera conoscere senza mai interrompersi, andava a collidere con il pensiero agostiniano, che indicava questa una distrazione verso l'amore di Dio e la ricerca della salvezza. Ma il canonico, nato nel 1751 a Frigento, allora nel Principato Ultra del Regno di Napoli, oggi nel territorio dell'odierna provincia di Avellino, sempre fedele alla tradizione cattolica, spese la sua vita e le sue conoscenze per il bene della comunità, tanto che fu addirittura considerato in quegli anni, capace di migliorare le condizioni di vita dei contadini ed in maniera più estesa delle aree interne del Mezzogiorno d'Italia (Sisto 2009, 2025). L'aspetto pubblico ed anche utilitaristico rappresenta una condizione nuova fino a quel secolo, specie in quelle terre.

3. LO SGUARDO DEL DI LEO

Penetrare nei testi di Marciano Di Leo per comprendere cosa stesse guardando è un'operazione entusiasmante, perché si scopre la sua figura di rilevatore attento di ogni aspetto della Terra. I suoi occhi curiosi riuscivano a descrivere il paesaggio nella sua natura litologica e nelle sue forme, senza tralasciare le avvenute trasformazioni del paesaggio da parte dell'uomo per adattarle alle varie esigenze (Sisto, 2025). Ne evidenziava per quest'ultime persino la coerenza con quanto la natura aveva prestabilito. In particolare, tra le varie descrizioni si cita:

«I monti su cui è fabbricata la città (Ariano Irpino) sono di un materiale tufacea arenosa, e non consistente, per cui nella parte più soda si osservano delle grotte per abitazione, in altre poi si vedono aperti de' casmi profondi e spaventosi che circondano la città. ... poi lo stesso don Marciano precisa che questo materiale ... forma una base stabile agli edifici» (Sisto, 2025). Quindi non tralascia mai, che nella conoscenza dell'assetto geologico, l'uomo può trovare la sua felicità.

Questo fine è in accordo con l'economista Genovesi e del suo allievo Galanti che lo sostenevano nel Settecento (Martelli, 2018). Essi sottolineavano, tra l'altro, che il miglioramento immediato delle condizioni di vita di quelle aree del Regno dovesse partire dalla necessità di

migliorare le tecnologie agricole e la produttività dei terreni. Ed ecco, allora, che il Di Leo si sofferma su quale dovesse essere la scelta del sito più idoneo *«per la semina del grano, e quel luogo che è adattato all'aratro»* anziché quello per *«per il castagneto?»* (Sisto, 2025).

Per il canonico "curioso" significa osservare dove *«l'inclemenza de' climi non permettono pronto lo sviluppo de' semi»* e *«le piogge che cadono svelgono le piante de' seminati, e le trasportano nelle valli»*, evitando *«quelli che sono umidi ed acquosi, ove il seme marcisce nell'acqua, le terre cretacee, sulfuree, ed argillose, si debbono adattare alla piantaggione degli alberi che vi possono allignare, non già alla semina de' grani»* (Sisto, 2025).

Infine, la raccomandazione che *«senz'esaminare tante condizioni, senza vedere il sito, il solo desiderio d'una grande raccolta»*, fanno perdere *«la spesa, e la fatica»* (Sisto, 2025).

Proseguendo in questa direttrice, come sottolinea Sisto (2025), l'uomo è in grado di alterare la fisionomia territoriale e la sua organizzazione per i propri bisogni in concorso con i fenomeni fisici.

«Coll'incisione di tanti boschi che prima ricoprivano il gibboso dorso di queste ultime, essendone stato dissodato il terreno per uso di coltura, questo dalle alture per le piogge, e la neve è colato nelle valli sottoposte, e le dette colline vi rimasero prima per uso di semina, poi insterilite per erbaggi. Anzi per ritrovarsi le contigue popolazioni nel positivo bisogno delle legne, ne scavarono le radici per cui il terreno ha cambiato aspetto e si vede pieno di valloni, che si apre ingojando delle fabbriche e porzioni benanche de paesi medesimi» (Sisto, 2025).

Scoprire questa capacità significa poter intervenire, ad esempio sulle pratiche agricole, per evitare quello che oggi si conosce e si combatte come dissesto idrogeologico. In Di Leo, comunque, maturava un'idea sull'innescò di questo dissesto che dipendeva, tra le altre ragioni fisiche e idrologiche, da come i contadini "malamente" coltivavano i terreni.

«... arando la terra, sieguono sempre l'inclinazione, e la pendenza della medesima, e non tirano i solchi orizzontalmente, ed in questa guisa vi cagionano due grandissimi danni. Il primo, che così danno lo scolo all'acque, che incanalate per lo pendio spogliano il suolo del miglior terreno; il secondo perché aprono col tempo nel seno de' terriorj grandi, e profondi valloni, che li rendono inservibili, ed incomodi» (Sisto, 2025).

Anche in questo caso sottolinea il forte nesso tra realtà naturale ed azione dell'uomo. Questa azione necessita di una conoscenza, che vada oltre la rap-

presentazione asettica del territorio, la quale *«esattamente comprenda le terre e fissi tutt'i Luoghi nella propria posizione, diriga con accuratezza il corpo de' Fiumi, che la bagnano, ne determini con specificazione i Confini, e metta ne dovuti punti di prospettiva la vera configurazione, l'elevatezza, e la distanza delle Montagne, che la circondano, ed i tanti continuati colli, che per ogni parte la coronano.»* (Sisto, 2025)

Questo "colpo d'occhio" di Di Leo, ovvero la sua capacità di riunire e connettere una pluralità di oggetti sparsi sul territorio e ad assumere, se necessario, le azioni conseguenti è tipico dello sguardo del geografo-cartografo (Quaini, 2010). Quindi, in linea con quanto stava accadendo in quel secolo, il suo sguardo era proiettato anche in una dimensione diversa: la restituzione cartografica su base quantitativa delle sue osservazioni (Valerio 1993, 1996).

Questo accadde soprattutto per le aree irpine, al punto che le sue carte sono state paragonate per precisione ed accuratezza a cartografie molto più note (ad es. Atlante Geografico del Regno di Napoli del Rizzi Zannone del 1807). Questa intuizione di Di Leo è decisamente innovativa perché consentiva di osservare l'intero territorio, misurato quantitativamente nelle sue coordinate geografiche e rilevato in situ, poiché per *«la deformazione di queste carte particolari è necessaria assolutamente l'oculare ispezione, per così notare, e specificare il Sito de Luoghi in quella parte, e posizione, che si conviene»* (Sisto, 2025).

Si sottolinea in questo senso il valore geografico e geomorfologico delle carte dei bacini idrografici della Provincia del Principato Ultra (definiti dal Di Leo come Sabato, Calore, Offanto e Cervaro). In esso si rimane stupiti dalla ricchissima toponomastica e idrografia, con le corrette confluenze delle aste, frutto di uno sguardo attento, perché così *«non isfuggirà all'occhio nessuna cosa»* (Sisto, 2025). La riprova in questo è nella necessità *«di opportuna Legenda»* per dare spiegazione della simbologia grafica utilizzata.

4. I SERVIZI DEL DI LEO

Le osservazioni di Marciano Di Leo non furono ignorate da chi aveva la necessità di dover censire il territorio per meglio amministrarlo e di dover fare una scelta "pianificatoria" il più possibile oggettiva. Per questo Gioacchino Murat, che era salito sul trono del Regno di Napoli, volendo riformare gli apparati locali, coinvolse notabili, ceti colti e gruppi politici. Don Marciano,

pur essendo filoborbonico, fu inserito dai napoleonidi nell'elenco dei redattori provinciali dell'inchiesta statistica del territorio. Il suo inserimento fu per la sua conoscenza dei territori del Principato Ultra sotto gli aspetti geologici, idrografici, climatologici, alimentari, igienico-sanitari, agricoli, zootecnici e manifatturieri (Sisto 2008, 2009, 2025). Le attese furono più che mantenute, tanto che quanto produsse rappresenta ancora oggi una fonte ricchissima e affascinante per la conoscenza di ogni aspetto del territorio. Egli concluse questo incarico affermando in modo netto che *«Si vede dunque palpabilmente, che la povertà, e la miseria della Provincia nasce dalla poca industria, distribuzione, e cattiva coltivazione dei terreni e non già da svantaggi che la Natura ha procurato agli abitanti»* (Sisto, 2025).

In particolare, il canonico irpino esorta nel 1810 "a mo' di poesia" chi si dedicava all'agricoltura, come già aveva fatto in occasione dell'eruzione del Vesuvio nel 1779, così: *«Conoscer dee qual semina conviene Alle pianure e al luogo montuoso, Al terren dove sono argille, e arene, Al crustaceo, all'arsiccio ed al petroso A quel che abbonda di perenni vene D'acque limpide e dolci ed al cretoso Per veder quel di questi è più ferace E di quali prodotti è ancor capace»* (Sisto, 2025). In questi "versi" si afferma chiaramente la vocazione di un terreno in base alla sua posizione e caratterizzazione fisica. Tale vocazione, risultato di una conoscenza operata sul terreno, è implementata dalle elaborazioni statistiche, da cui emergeva il contesto sociale ed economico che gli abitanti vivevano, o spesso "subivano". Il Di Leo tratta persino lo stress derivante dalle catastrofi naturali, al fine di giustificare gli interventi straordinari per soccorrere le vittime e le loro abitazioni (Sisto, 2008; Zazo, 1978). Egli si inserisce, come evidenzia Sisto, con questo studio così dettagliato sullo stato del "suo" territorio facendo ricorso a categorie e metodi di indagine del tutto nuove in un alveo di forte stampo illuminista (Passetti, 2007; Spagnoletti, 1990). Si ritiene, tuttavia, che questo suo procedere derivasse soprattutto dal suo desiderio di rendere migliore la vita degli abitanti di quelle terre.

Da questo incarico sembrò naturale coinvolgerlo per un parere sul percorso da far intraprendere ad una nuova strada dalla Puglia a Napoli, cioè *«dove si doveva scegliere di doversi aprire un'altra nuova strada rotabile per comodo e pubblico vantaggio elligere si dovrebbea quel luogo, e quel sito che sia più suscettibile della*

cosa che si intraprenda a fare senza aver riguardo alla passione, alla deferenza ed al comodo privato. Qual è dunque la strada che si proporrebbe? Eccola. L'unica» (Sisto, 2025).

A dar forza alla sua proposta, oltre una descrizione dettagliata degli aspetti fisici e antropici della nuova strada e della viabilità antica e corrente di quel tempo, vi fu l'opportuna rappresentazione cartografica, di cui il Di Leo era decisamente il più dotato. In questo contributo vorrei sottolineare come egli mettesse in guardia da alcune soluzioni diverse, come quella fantasiosa di un canale navigabile che non solo unirebbe tre fiumi affatto suscettibili per la navigazione per la scarsità dell'acque, ma anche perché *«non appena sarebbe incominciato lo scavo alle prime piogge che caderebbero dalle vicine montagne si vedrebbe in un momento ripieno, oltre gl'incalcolabili danni che cagionerebbero i slamamenti de' terreni, e de' tremuoti»* (Sisto, 2025). Oppure come quella strada rotabile in tratti pianeggianti dove il letto del fiume si è allargato fino a quasi un quarto di miglio di larghezza, perché *nell'inverno e nelle piogge non più si possono trafficare*. Oppure ancora si dovrebbero evitare strade dove *il terreno non si è ritrovato sodo in più di un luogo, e si (è) dovuto riparare con ponti e muraglioni, il materiale e bisognato portarlo da parti distanti»* (Sisto, 2025). Il Di Leo evidenzia, come la sua proposta abbia degli importanti vantaggi sociali ed economici per gli abitanti di quelle terre attraversate dalla strada nuova per la sua proposta, anche perché consentirebbe il reperimento in situ del materiale *«per le pietre per selciarla, sì della ghiaja per renderla più comoda alle ruote»*, evitando anche l'attraversamento su ponti, con la possibilità di *«costruire delle fontane dalle sorgenti vicine»*: argomentazioni decisamente efficaci. Insomma, *«la strada nuova sarebbe rotabile, e di sommo utile a vantaggio non meno a questa, ma benanche a molte altre Provincie del Regno, e che fusse benanche la più breve, la più comoda, la più vantaggiosa, e la meno dispendiosa»* (Sisto, 2025).

5. I BENI GEOLOGICI DEL DI LEO

Nelle sue opere Marciano Di Leo, nell'analizzare questo "grande teatro", svelò anche come ci fossero dei siti di particolare importanza scientifica, ambientale, paesaggistica, storica che fossero in grado di rappresentare quella Terra e i suoi abitanti: *«Della Natura la più fida ancella. Con larga mano il vitto all'uomo porse, Dell'industria compagna*

anzi gemella A rischiare l'ignoranza accorse, Quanto curata più, tanto ancor bella Nel più florido stato al fin risorse. E i suoi tesori prodiga profuse, Né i suoi coloni, e i voti lor deluse» (Sisto, 2025). Lo fece nella descrizione di tutti i comuni inclusi nel Principato Ultra nella sua indagine statistica, che tra l'altro comprendeva anche la numerosità della popolazione, la qualità dell'aria, le produzioni tipiche, le colture prevalenti e i problemi relativi al dissesto (Sisto 2009, 2022, 2025). Tuttavia, egli sembra quasi che li riconosca in un contesto geologico ben preciso e localizzato, piuttosto che dalla sola indagine statistica. Ecco quindi mostrare il contesto della Provincia:

«Tutte le grandi montagne che intorno la circondano e la cingono come un'altissima barriera, sono tanti smisurati massi di pietre calcaree gli uni sopra imposti agli altri, che formano degli orribili burroni, delle alpestri e dirupate balze e precipizj. Tutte le altre colline situate o in mezzo della Provincia o che occupano le parti orientali, e settentrionali della medesima essendo un misto di crustacei, e di gran passi di pietre rotonde, dimostrano di essere stati prodotti dalle suddette cataclismi, ed espirosi» (Sisto, 2025).

Significativa è la parte dell'opera de *L'abitazione degli uomini è la Terra*, che il suo autore Di Leo dedica a queste georisorse. Ad esempio, nel rilievo *«più notevole, quello del Camposauro, vi si trovano delle cave di pietra marmoree colorite, molto pregiate»* (Sisto, 2025). Oggigiorno, quelle cave di pietra nei territori di Cautano e Vitulano sono considerati dei geositi di valore internazionale con "marmi" ammirabili in palazzi e chiese non solo in Italia. Sempre sulle attività di estrazione e lavorazione delle pietre, don Marciano nel citare quelle *«grandi cave di pietre verdastre molto dure con macchie bianche, che somigliano al verde antico ... utilizzato in pregevoli opere»* nell'intorno di Frigento, parla del suo substrato *«composto di pietre ferrigne, ma fragili che ad un piccolo moto, si frangono in schegge, e le arene che formano sono negre»* (Sisto, 2025).

In quest'area egli non solo evidenzia la cava di Breccia Favaccia, anch'essa classificata tra i geositi della Regione Campania, ma nella descrizione degli affioramenti ne rileva chiaramente la stratigrafia dei depositi sedimentari.

Come in una sorta di "piano delle cave e miniere", il Di Leo ritiene preziosa la *«cava di alabastro cotognino trasparente, difficoltosa a tagliarsi a forza di scalpello, - tra Gesualdo e Paternopoli - che orna il Real Palaggio di Caserta e mol-*



Figura 2. (a sinistra) Un affioramento di gessi presso Altavilla Irpina (AV), da cui si estraevano già a quel tempo significativi quantitativi di zolfo; (a destra) l'antica miniera in una foto dei primi del Novecento

te Chiese della Capitale» (Sisto, 2025) e, sempre tra le eccellenti georisorse della Provincia, egli annovera la «cava di piperno non tanto duro per macine de' molini di S. Giorgio la Molinara, e le bellissime marchesite, il peso di queste gravita più del ferro», mentre si rammarica che non siano ancora sfruttate, «nelle balze delle montagne di Chiusano due miniere, una di ferro l'altra di rame» (Sisto, 2025). Si può notare già da questi primi esempi che la sua preoccupazione è sempre rivolta alla possibilità che questa Provincia potesse ancora migliorare il suo benessere attraverso le risorse presenti. Questa sfida fu raccolta e portata avanti con successo da imprenditori locali nei periodi che seguirono (Fig. 2).

Don Marciano continua a rilevare come «in diversi luoghi della Provincia, si ritrovano ancora sorgive di diverse acque minerali, ma di nessuna se n'è fatta finora l'analisi. Le più note e degne di miglior attenzione sono quelle de Li bagni di Villamajna, dove ne tempi corricolari vi corrono a folla molti per guarirsi dalle loro malattie. ... perche oltre del zolfo abbondano di altri minerali, e particolarmente di petrolio, che si vede sull'acque galleggiare

anche se il luogo, cattivamente tenuto, meriterebbe migliore sistemazione...» (Sisto, 2025).

Le evidenze di un canonico «curioso» sono state prese in considerazione solo nei secoli successivi, come se quanto egli scrivesse fosse ritenuto poco realistico o a quel tempo deliberatamente di parte. Comunque, egli sottolinea la scelta del Governo nella Valle d'Ansanto dove si estraeva dello zolfo impuro ed era stata introdotta «una fabbrica di zolfo, che purificato col fuoco, riesce il zolfo più puro, ed il migliore che si possa ritrovare nel Regno. Questa fabbrica v'è sempre crescendo, essendovisi oggi situate 30 fornaci, che danno il prodotto di un zolfo abbondantissimo, e perfettissimo, e giornalmente sopra della Carrette si trasporta nella Capitale (Napoli) per uso di polvere, ed altro» (Sisto, 2025).

Se in questi esempi di georisorse il Di Leo ha, comunque, visto un'utilità sociale ed economica per il suo territorio, nella descrizione delle Mefite mostra la sua profonda conoscenza di fine intellettuale di quel tempo (Fig. 3).

A partire dalla sua localizzazione «in distanza del Bosco di Migliano presso un

miglio, che tiene alla parte boreale, e vicino al Bosco di Rocca San Felice verso la parte Australe, e si vede a destra della strada chiamata del Procaccio nel fondo di un vallone, fiancheggiata da due scoscese rupi di bitume, di zolfo, e di creta. Il Cratere della Mefite ha circa 50 palmi di diametro, dove l'acqua bolle continuamente, e rumoreggia con grandissimo strepito, ed alzasi in alcune parti all'altezza di sette in dieci palmi, ma è fredda, torbida, e cretacea, e ricade nel medesimo cratere, e per meati sotterranei altrove si incammina...» (Sisto, 2025).

Chiunque, in base a questa descrizione e alla carta prodotta (Fig. 3), potrebbe raggiungere il sito e quindi constatare quanto accade in questo luogo che «si eleva per unicità e per nomea ... questo luogo degli Irpini famosissimo ne tempi antichi per il tempio, e per il Culto della Dea Mefite, fù a tal segno in venerazione, che fù chiamato Amsanctus... ed oggi per i fenomeni della sua mefite, richiama dalle più lontane regioni, la curiosità, e l'attenzione de dotti naturalisti, e quanti forastieri di nome, e di cognizione giungono a Napoli, e tra la altre rarità non lasciano di visitare ancora la valle di Ansanto» (Sisto, 2025).



Figura 3. Carta realizzata da Marciano Di Leo per descrivere l'area della Mefite. Nella foto è ripreso il sito della Mefite con il Bosco di Rocca, che si estende a sud-ovest, in coerenza con la carta

Attualmente, il sito delle Mefite è considerato un geoarcheosito di valore in un'area di grande importanza poiché rappresenta non solo un raro fenomeno geologico di esalazioni gassose in una terra non vulcanica, bensì la sede di un santuario dedicato alla dea italica Mefite, venerata anticamente dagli Irpini. Comunque, esso mira a rispettare e valorizzare le tradizioni e i costumi locali per stimolare una forma di geoturismo sostenibile e responsabile (Sisto *et al.*, 2020).

6. CONCLUSIONI

Nello scrivere questa nota più volte è venuta la tentazione di attribuire a Marciano Di Leo il ruolo di un geografo, per saper descrivere uno spazio terrestre, sia graficamente che statisticamente, di un geologo, per saper leggere la natura dei terreni e comprendere i fenomeni e comprenderne la loro pericolosità, oppure di valutatore e pianificatore ambientale, per saper discernere la validità di un'azione anziché di un'altra, e potremo continuare ancora con quello di agronomo, fisico, storico e così via. Ma in tutti questi c'è qualcosa che li accomuna in Di Leo: il suo voler "sapere per migliorare" nel solco di quella "politica di utilizzazione delle risorse" strutturata a partire dalla "capillare conoscenza del territorio" (Sisto, 2025).

Egli nella sua opera de *L'abitazione degli uomini è la Terra* evidenzia con dovizia di particolari la sua irrequietezza per raggiungere questo scopo, anzi vorrebbe farla diventare un'opportunità non solo per il massimo di felicità per il maggior numero di persone, come il pensiero illuminista indicava, ma qualcosa di più e per tutti. In questo suo incedere, non intendeva mettere in conto esclusioni, come il suo contemporaneo Genovesi avrebbe puntualizzato (Ferrone, 2018). Più specificamente, don Marciano descrive e valorizza, come antesignano, i beni geologici (Di Lisio *et al.*, 2019; Sisto *et al.*, 2022; Valente *et al.*, 2021) non solo per la loro natura, ma perché possano essere utili per gli uomini che abitano quel territorio. Tuttavia, se qualcuno volesse vedere in questa passione un canonico, "trasportato" dalla tendenza del momento illuministica, finalizzato ad un'azione esclusivamente utilitaristica, si sbaglia. Infatti, don Marciano nell'osservare la "troppo stupendissima natura" (Sisto, 2013) si faceva guidare "dall'infinito amore di Dio" e da questo traeva la capacità di integrare in quello sguardo verso ogni aspetto che intercettava per rispondere efficacemente ai bisogni

dell'uomo (Ciampo, 1828). Oggi questo pensiero ha trovato un'uguale espressione nella dottrina della Chiesa nell'ecologia integrale di Papa Francesco, che ha come principio "tutto è connesso" (Costa e Foglizzo, 2015).

In questa prospettiva, la cura dell'ambiente, inteso come relazione tra natura e società che l'abita, il recupero del senso sociale e lo sviluppo di un'economia, che non guardi solo il profitto immediato, è orientata al bene comune e a uno sviluppo umano, sostenibile e integrale (Zeppegnò, 2021). Marciano Di Leo ha verosimilmente anticipato a suo modo tutto questo per difendere e valorizzare l'abitazione comune, così da creare fiducia, legami sociali e condizioni, che migliorano la qualità della vita per ogni singolo individuo. Addirittura si potrebbe dire che il suo operato favoriva la collaborazione, la reciprocità e la cura condivisa di spazi e servizi favorendo quell'auspicato sviluppo sociale ed economico sostenibile delle aree interne della Campania.

BIBLIOGRAFIA

- CIAMPO F. (1828), *Marciano di Leo, Illustrato Letterato, Oratore e Poeta del Sec. XVIII*. In: D. MARTUSCELLI, *Biografia degli uomini illustri del Regno di Napoli ornata de loro rispettivi ritratti*. XIII, Editore Gervasi, Napoli.
- COSTA G., FOGLEZZO P. (2015), *L'ecologia integrale*. Aggiornamenti sociali, 66, 8-9.
- DI LISIO A., MAGLIULO P., SISTO M., VALENTE A. (2019), *I geositi dell'Irpinia: inventario e proposta di classificazione*. Geologia dell'Ambiente, 4 Supplemento, 9-15, ISSN 1591-5352.
- FERRONE V. (2007), *Una scienza per l'uomo. Illuminismo e Rivoluzione scientifica nell'Europa del Settecento*. UTET, Torino.
- FERRONE V. (2018), *Antonio Genovesi e i diritti dell'uomo*. In: A.M. RAO (a cura di), *Antonio Genovesi. Economia e morale*. Giannini, Napoli, 79-97.
- GOLINSKI J. (1998), *Making natural knowledge: constructivism and the history of science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LAUDAN R. (1987), *From mineralogy to geology: the foundations of a science, 1650-1830*. University of Chicago Press.
- MARTELLI S. (2018), *Genovesi e Galanti*. In: A.M. RAO (a cura di), *Antonio Genovesi. Economia e morale*. Giannini, Napoli, 175-198.
- PASSETTI C. (2007), *Verso la rivoluzione. Scienza e politica nel Regno di Napoli (1784-1794)*. Vivarium, Napoli.
- PINTO C. (2025), Prefazione in: M. SISTO, *L'abitazione degli uomini è la Terra*. Il Terebinto Edizioni, Avellino.
- QUAINI M. (2010), *Cartografie e progettualità: divagazioni geostoriche sul ruolo imprescindibile della storicità*. In: E. DAI PRÀ (a cura di), *La cartografia storica da bene patrimoniale a strumento progettuale*. Semestrale di Studi e Ricerche di Geografia, XXII, 2, 21-34.
- SISTO M. (2008), *Il terremoto sannita del 1805 nella cronaca di Marciano Di Leo*. VICUM, 3-4. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.18134177>.
- SISTO M. (2009), *Uomini e paesaggi di Principato Ultra*. Edizioni del Centro Dorso, Avellino.
- SISTO M. (2013), *Il Vesuvio di Marciano Di Leo e l'eruzione del 1779*. Saperi, iconemi, scritture geopoetiche, Il Terebinto Edizioni, Avellino. ISBN 978-8897489139
- SISTO M. (2022), *Marciano Di Leo e la redazione della statistica murattiana*. Delta Tre Edizioni, Grottaminarda, ISBN 979-12-5514-000-0.
- SISTO M. (2025), *L'abitazione degli uomini è la Terra Le Memorie Storiche Topografiche e la cartografia del Principato Ultra in un manoscritto inedito di Marciano Di Leo*. Terebinto Edizioni, Avellino.
- SISTO M. & DI LISIO A. (2022), *Three centuries of geological observations by local and foreign intellectuals. The case of Central Irpinia in the Travels of Grand Tour (Southern Italy)*. Rendiconti online Società Geologica Italiana, 56, 11-20. <https://doi.org/10.3301/ROL.2022.02>.
- SISTO M., CUSANO A., DI LISIO A., RUSSO F., PICCARDI L. (2022), *Geositi e leggende in Irpinia: un perfetto connubio tra fenomeni naturali e tradizioni culturali*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 109, 287-304.
- SISTO M., DI LISIO A. & RUSSO F. (2020), *The Mefite in the Ansanto Valley (Southern Italy): A geoarchaeosite to promote the geotourism and geoconservation of the Irpinian cultural landscape*. Geoheritage, 12(1), 29. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00450-x>
- SPAGNOLETTI A. (1990), *Territorio e amministrazione nel Regno di Napoli (1806-1816)*. Meridiana, Rivista di Storia e Scienze Sociali, 9, 79-101.
- VALENTE A., CIARCIA S., CUSANO A., RUSSO F. & GUADAGNO F.M. (2021), *The enhancement of the geological heritage of the Taburno-Camposauro Regional Park, as an opportunity for sustainable development in Campania (Italy)*. In: Abstract Book "Geology Without Borders", 90° Congresso Società Geologica Italiana, Trieste 14-16 September 2021, Società Geologica Italiana, Rome, Italy, 472.
- VALERIO V. (1993), *Società uomini e istituzioni cartografiche nel mezzogiorno d'Italia*. Istituto Geografico Militare, Firenze. ISBN 10: 8886329008.
- VALERIO V. (1996), *Cartografia militare e tecnologie indotte nel Regno di Napoli tra Settecento e Ottocento*. In: G. BARSANTI, V. BECAGLI, R. PASTA (a cura di), *La politica della scienza. Toscana e Stati italiani nel tardo Settecento*. Olschki, Firenze.
- ZAZO A. (1978), *Un'inedita relazione di Marciano Di Leo su un terremoto del 1817*. Civiltà Altirpina, III, 6, 12-17.
- ZEPPEGNO G. (2021), *Gli obiettivi dello sviluppo sostenibile nell'Enciclica Laudato si'*. Religioni e sviluppo sostenibile, Accademia University Press, Torino. <https://doi.org/10.4000/books.aaccademia.9840>.

Buca d'Eolo: una grotta racconta. Testimonianze storiche dall'Antro del Corchia

Antonino Criscuolo

Geologo

Email: criscuoloantoninolu@gmail.com

Buca d'Eolo: a cave tells. Historical attestations from Antro del Corchia

Parole chiave: Alpi Apuane, complesso carsico del Monte Corchia, frequentazione storica, graffiti

Keywords: Apuan Alps, Monte Corchia cave system, historical attendance, graffiti

INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Buca d'Eolo è stata la prima cavità sotterranea ad esser stata esplorata nel secolo XIX all'interno del monte Corchia (Alpi Apuane, Toscana), consentendo l'accesso e la conoscenza del più vasto sistema di grotte di origine carsica denominato Antro del Corchia (n.120 T/LU), geosito di valore internazionale (Amorfini *et al.*, 2015). Nel 1983 il sistema sotterraneo dell'Antro del Corchia è stato unito all'Abisso Claude Fighiera e all'Abisso Rodolfo Farolfi, facendo raggiungere all'intero complesso ipogeo un dislivello altimetrico di 1.210 m con oltre 20 ingressi dislocati lungo i versanti della montagna e una estensione superiore agli 80 km, uno dei più grandi e profondi d'Italia (Fig. 1). Il monte Corchia si eleva all'interno delle Alpi Apuane, una finestra tettonica che mostra i livelli più profondi dell'Appennino Settentrionale; sotto i terreni appartenenti alle Unità delle Liguridi e della Falda Toscana affiorano le formazioni delle due maggiori unità metamorfiche, l'Unità di Massa e l'Unità Apuana (Fig. 2). In particolare, quest'ultima è formata da una successione stratigrafica che ha inizio con il basamento paleozoico formato essenzialmente da Filladi, Porfiroidi e Scisti Porfirici (Ordoviciano-Siluriano). Sovrapposti al basamento e separati da esso da un discontinuo livello di quarziti, troviamo i termini carbonatici mesozoici entro i quali si è potuta impostare la fitta rete ipogea dell'Antro: Grezzoni (dolomie più o meno stratificate); Marmi s.l. e Calcari Selciferi metamorfici (Trias-Giurassico). La successione sedimentaria apuana continua poi localmente con i diaspri e gli scisti cretacei per terminare con il flysch torbiditico dell'Oligocene. Al passaggio Grezzoni/Marmi si ritrovano frequentemente livelli delle Breccie

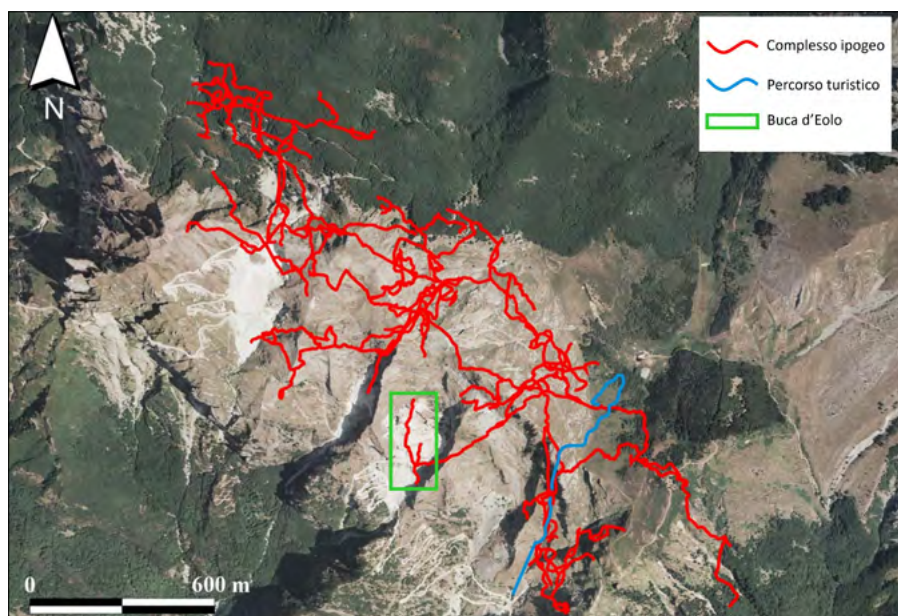


Figura 1. Vista d'insieme del complesso sotterraneo dell'Antro del Corchia

di Seravezza, oppure delle lenti discontinue di Scisti a Cloritoide (Zanchetta *et al.*, 2011).

DESCRIZIONE DELLA GROTTA

La Buca d'Eolo o Ventajola si apre a quota 1.130 m s.l.m. all'interno della Valle dell'Acereto, sul versante di mez-

zogiorno del Monte Corchia (Brian e Mancini, 1913), e deve il suo nome alla forte corrente d'aria che si sviluppa in corrispondenza dell'ingresso (fino a 85 km/h) per il contrasto termico tra la temperatura interna (di circa 8° C) e quella esterna, in estate in direzione verso l'uscita e in inverno verso l'interno. Sappiamo dalla documentazione storica che il tratto iniziale fu presto allargato artificialmente per una ventina di metri dato l'interesse economico suscitato dallo sviluppo della grotta all'interno della formazione dei marmi (Giannotti, 1990). Raggiunta una prima sala la grotta si divide in tre rami, dei quali quello a sinistra, che si sviluppa orizzontalmente per circa 270 m, di più facile accesso, è stato oggetto fin dalla sua scoperta nel 1840 di innumerevoli visite di carattere scientifico, speleologico e turistico. Mentre il ramo centrale riveste minor importanza per estensione e morfologia, l'esplorazione speleologica del ramo di destra, più difficoltosa per la presenza di salti e tratti in frana, ha consentito la

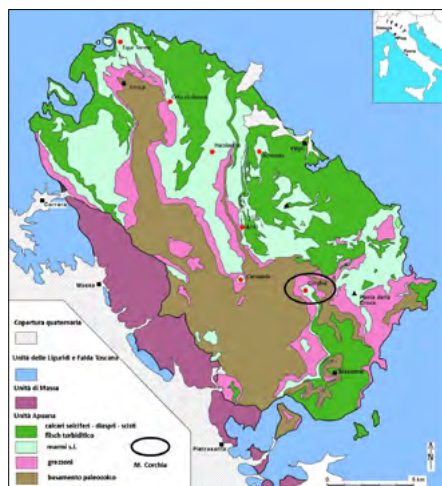


Figura 2. Carta geologica schematica delle Alpi Apuane

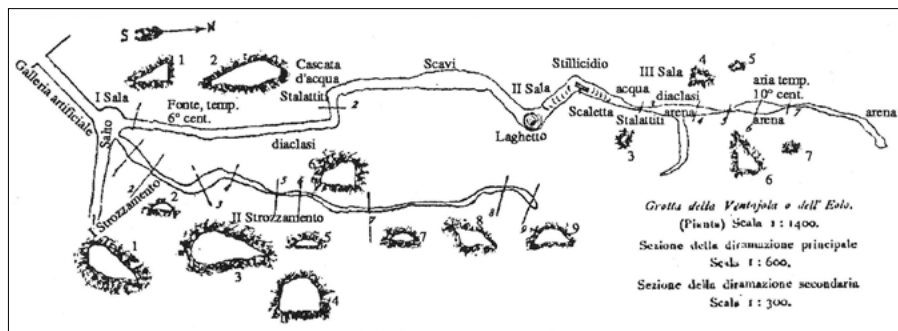


Figura 3. Planimetria della Buca d'Eolo (Brian e Mancini, 1913)

progressiva conoscenza della vasta rete sotterranea dell'Anfro raggiungendo già nel 1934 il Lago Terminale e la Galleria delle Stalattiti, a una profondità di 533 m dall'ingresso (Utli, 2014). Come descritto da Emilio Simi nella sua relazione del 1847 e raffigurato nella planimetria in Fig. 3, dopo la prima sala il ramo di sinistra, ad Ovest, prosegue diritto per circa 64 metri fino a un gomito dove si può osservare una grande formazione stalattitica che “... *somiglia nell'aspetto ad una bellissima lumiera teatrale*” (Fig. 4). Successivamente inizia un nuovo tratto rettilineo di una sessantina di metri interessato dall'escavazione del marmo Statuario ivi rinvenuto; si osservano tagliate manuali a fasce con altezza ciascuna di circa 30 cm (lunghezza della subbia) e un canale predisposto per lo scavo di un nuovo banco produttivo (Fig. 5). Sappiamo comunque che il marmo estratto, molto bello per purezza e candore, non si dimostrò idoneo per caratteristiche tecniche di saldezza, facendo sospendere le lavorazioni in sotterraneo; gli stessi cinque livelli marmorei furono quindi rintracciati e coltivati da Angelo Simi nella vicina cava dell'Acereto, condotta a cielo aperto.

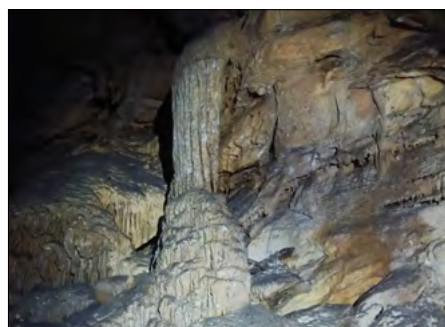


Figura 4. Colonna stalattitica



Figura 5. Tagliata manuale nello Statuario



Figura 6. Planimetria di Leopoldo Finali, 1840

Già nella carta di Leopoldo Finali del 1840 (vedi Fig. 6), conservata nella biblioteca del Gruppo Speleologico Fiorentino del CAI (Utli, 2014), è segnalata la presenza di più qualità di marmo Statuario, quali il *Macchiato*, l'*Ordinario* e il *Sopraffino*. Vengono inoltre segnalati livelli di *Breccia* che corrispondono a orizzonti di spessore anche metrico, di colore tendente al giallo-ocra, con clasti marmorei molto allungati e venature fillosilicatiche bruno-verdastre (Mischio Persichino). Data la loro minor solubilità all'azione dell'acqua, particolare risulta la loro giacitura in forte rilievo e aggetto rispetto le più regolari e levigate pareti marmoree, con pendenza di circa 40° verso ovest; corrispondono alle “*madri-macchie*” descritte dal Simi, “*in forma ... di lunghe e solide travi sembra*



Figura 7. Livello di Breccia

che stiano a sostegno del palco marmoreo” (Fig. 7). Si giunge quindi alla seconda sala, dove si trovava un laghetto, e a un tratto in saliscendi, dove sono stati scavati degli scalini che facilitano il percorso, per arrivare ad un “*angusto ed imbarazzante pertugio*” (Fig. 8). Superato questo strozzamento la grotta prosegue con una breve biforcazione sulla



Figura 8. L'angusto pertugio

destra e un'ulteriore galleria di circa 50 m impreziosita da numerose concrezioni stalattitiche, per chiudersi contro un deposito sabbioso. Ma la peculiarità della grotta è la presenza in parete di innumerevoli scritte autografe, datate dal 1840 ai giorni nostri, realizzate in vari modi e spesso sovrapposte tra loro; si va dalla scalfittura su roccia alla traccia a matita, dalla scritta con carboncino e nerofumo, delle torce o delle lampade a carburo, all'uso di vernice rossa o gialla, dalle annotazioni di piccola dimensione, a volte su superfici rettificate, ai nominativi segnati sulle volte con caratteri vistosi (Fig. 9). Come già osservato da G. Pensabene nella sua pubblicazione del 1990, la prima impressione che si co-



Figura 9. Firme autografe in parete

glie nell'insieme è quella di un utilizzo deturpante di una bellezza naturale già creata dall'acqua in centinaia di migliaia di anni. Indubbiamente il concetto di rispetto della natura si è profondamente modificato nel tempo ed ora ci pare “*demenziale*” imbrattare le pareti di una grotta con graffiti al pari di una lavagna o di un muro di città. Bisogna però comprendere lo spirito che animava in particolare il XIX secolo con la pro-

gressiva esplorazione di una Terra ancora da scoprire e il continuo progresso scientifico nella comprensione dei suoi fenomeni naturali; risulta quindi giusto considerare e studiare il valore storico di questo grande “catalogo” di visite a un nuovo mondo ipogeo che mostrava per la prima volta le sue meraviglie. Lo stesso fenomeno di stupore e quasi riverenza per un’opera della natura o dell’uomo attestato apponendo la propria firma in grotta, si ritrova attraverso i secoli anche in altre località; si possono ricordare tra le altre le firme storiche della Grotta Eolia di Cesi (TR) o della Galleria dei Nomi sotto il castello di Predjama, presso Postumia (Slovenia). Altro esempio significativo può essere l’Edicola di Fantiscritti, bassorilievo romano del 210 d.C., scolpito su una parete marmorea delle cave di Carrara e poi rimosso per essere ora conservato presso la locale Accademia di Belle Arti (Crisuolo *et al.*, 2008). Fin dal ’500 e fino al 1863 è stato oggetto di visita da parte di artisti e personaggi noti che lasciavano il proprio nome inciso nel marmo sulla stessa scultura o nelle sue vicinanze; son almeno 86 le firme riconosciute che vanno da Giambologna a Canova, da Vieusseux al conte Osterman-Tolstoj. Nel caso della Buca d’Eolo si è voluto fotografare, decifrare e trascrivere quanti più nominativi possibili, tralasciando solo quelli più recenti, posteriori alla Seconda guerra mondiale, e quelli ormai illeggibili, per analizzare cronologicamente il fenomeno e annotare notizie biografiche sugli autori individuati. Dalle 69 firme già descritte da Pensabene si è così arrivati al considerevole elenco di 441 firme identificate lungo l’intero sviluppo della grotta occidentale. L’elenco completo in ordine cronologico, corredato dalle corrispondenti immagini fotografiche, può essere visionato nel sito web predisposto all’indirizzo: <https://firmedigrotta.wordpress.com>.

CRONISTORIA DELL’ESPLORAZIONE DELLA BUCA D’EOLO

Il primo documento che accerta la scoperta della grotta è il rilievo topografico della stessa firmato da Leopoldo Finali e datato 10 febbraio 1840. Di Nicola Fabiani ed Emilio Simi sono invece le prime firme rinvenute in grotta, a data 11 ottobre 1840. Sappiamo infatti dagli scritti del Simi del 1847 e del 1855 che era stato il padre, Angelo Simi, a intraprendere per primo l’esplorazione della cavità nel 1840 riscontrando la presenza di banchi marmorei di ottima qualità e



Figura 10. Cava dell’Acereto

a iniziarne quindi lo sfruttamento, prima in sotterraneo e poi a cielo aperto nella vicina cava dell’Acereto nel 1841 (Fig. 10). Nel 1845 si hanno le prime attestazioni scritte della grotta, denominata Buca Ventajola o d’Eolo, da parte di Barbacciani-Fedeli e di Leopoldo Pilla che l’aveva visitata nel 1844. Nel 1847 viene ricordata da Paolo Savi come Grotta del Simi, mentre nel 1855 Emilio Simi la chiama la prima volta Antro del Corchia; l’ingegnere Bruni (1882) cita il ramo di sinistra della Buca d’Eolo come Galleria Marianna, mentre nel 1884 G. Bichi ricorda anche la denominazione Grotta del Delfino. Per una precisa cronistoria delle esplorazioni dell’Antro del Corchia si rimanda comunque ai preziosi lavori di Giannotti (1990) e Uti (2014).

I VISITATORI DELLA BUCA D’EOLO

È interessante analizzare il lungo elenco delle 441 firme rilevate sia per attestare la presenza in grotta di personaggi più o meno noti sia per precisare la cronologia dei graffiti. Si può intanto osservare come delle 305 firme datate, ben 255 sono state apposte tra il 1840 e il 1914, periodo di maggiore visitazione della grotta dovuta all’interesse scientifico e alla possibilità di poter ammirare una formazione naturale al tempo unica nel suo genere. Dopo una sosta dovuta alla Prima Guerra Mondiale, si hanno ancora 26 firme tra il 1917 e il 1924, periodo che vede il proseguimento in profondità delle esplorazioni dell’Antro, fino alla chiusura dell’accesso dovuto al franamento del ravaneto soprastante. Nel 1933 viene riaperto l’ingresso e riprende la stesura dei graffiti; se ne contano altri 24 fino al

1942 quando gli eventi bellici sospendono temporaneamente la visita “turistica” della grotta. Le scritte successive, limitate numericamente ma spesso deturpanti, dato il loro scarso rilievo storico non sono state qui trascritte. Si ricorda che l’ingresso a quota 1.130 m s.l.m. era utilizzato dai primi del ’900 per l’esplorazione dell’intero complesso dell’Antro del Corchia; attraverso l’accesso dal ramo di destra gli speleologi erano riusciti a raggiungere quote sempre più profonde. Negli anni ’50 la realizzazione di una galleria artificiale di circa 70 m da parte della ditta Pellerano, permise la riapertura della grotta il cui accesso era stato nuovamente ostruito dal ravaneto della cava soprastante. La scoperta di nuovi accessi dall’esterno al sempre più ampio reticolo sotterraneo, come la più bassa Buca del Serpente aperta nel 1969, fece poi diminuire la frequentazione speleologica di questo primo ingresso. Dal 2001 la visita turistica dell’Antro utilizza il nuovo ingresso artificiale a q. 867 m s.l.m. Più recentemente la parziale asportazione del ravaneto ha consentito l’individuazione e la riapertura da parte del GSPT del vecchio ingresso della Buca d’Eolo (Fig. 11). Si osserva ancora che oltre all’interesse scientifico, dimostrato dalle firme di noti geologi, paleontologi, alpinisti, ingegneri minerari, italiani e stranieri (si veda la nota successiva), molti sono i nominativi di visitatori provenienti dai vicini centri di Seravezza, Pietrasanta, Terrinca, Massa, Carrara; significativa è inoltre la presenza di stranieri, in particolare francesi. È da notare, anche se limitata, la presenza femminile e quella infantile (di 6 e 7 anni), con Ghelli Maggiorina, “grafomane” milanese, che tra il 1921 e il 1934 si firma ben sei volte. La visita alla Buca diventa una tradizione familiare, tramandata nel tempo, testimoniata dalla ripetizione negli anni di alcuni cognomi locali quali ad esempio Neri, Francesconi, Barsottini, Maggi, Corbellini, oltre naturalmente a Simi, famiglia già concessionaria della grotta. Le firme ci trasmettono anche

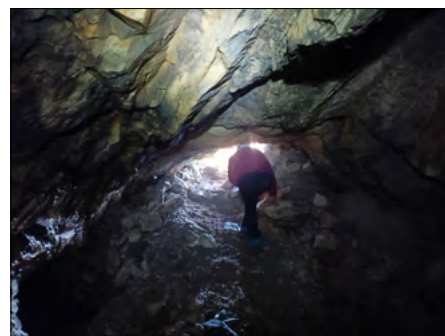


Figura 11. L’ingresso recuperato (a sinistra la galleria anni ’50)

uno spaccato di vita; sono ad esempio riportate specifiche riguardanti le professioni esercitate come avvocato, insegnante, ingegnere, telegrafista, fabbro, o lo stato sociale di appartenenza come sacerdote, studente, cavaliere, servitore. Compaiono anche citazioni in francese [n. 125, 239] e in greco [n. 251, 311, 312] che riprendono noti detti socratici; da notare la correzione apposta alla frase “Ανθρωπου γινε Φεον” dove si ricorda che alla fine di Ανθρωπου occorre la ip-silon, suggerendo di “... studiare meglio il greco”. Ulteriori annotazioni riguardano le condizioni ambientali [n. 89, 191] o la difficoltà di certi passaggi in grotta [n. 52, 158, 241], che talora hanno sconsigliato il proseguo della visita in profondità.

PERSONAGGI ILLUSTRI

Di seguito sono riportate alcune note biografiche e osservazioni storiche dei personaggi più significativi le cui firme, quasi sempre datate, sono state rintracciate in parete. Per ognuno sono annotati tra parentesi tonde le date di nascita e di morte, mentre con parentesi quadre ed in carattere corsivo i riferimenti all'elenco e alla documentazione fotografica.

Emilio Simi (1820-1875) [n. 1, 2, 12]

Figlio di Angelo, possidente e proprietario di cave a Levigliani, si laureò a Pisa in Scienze Naturali avendo come insegnanti il Savi e il Pilla. Fu consigliere comunale e socio fondatore della sezione del C.A.I. di Firenze, partecipando nel 1844 alla prima ascensione della Pania della Croce. Nel 1861, per l'Esposizione di Firenze, espose prodotti mineralogici e geologici della Versilia, nonché esempi di marmo statuario di prima qualità proveniente dalle cave del padre. Dei suoi scritti si ricordano la “Relazione del Monte Corchia” del 1847, con la prima dettagliata descrizione della grotta qui chiamata ancora La Ventajola, la “Flora delle Alpi versiliesi” del 1851, lo studio geologico “Sull'Alpe della Versilia e la sua ricchezza minerale” del 1855 e il manoscritto “Prodomo del-

la fauna della Versilia” del 1859, rimasto inedito fino al 1991. In grotta si ritrovano sue firme datate 1840, 1841 (Fig. 12) e 1853, accompagnando poi illustri visitatori, tra i quali Federico Augusto II Re di Sassonia. Si ricorda che del 1840 è anche il primo rilievo topografico della grotta a cura di Leopoldo Finali, amico e compagno di scuola del Simi. Della famiglia Simi, proprietaria della cava dell'Acereto e della Buca d'Eolo, sono poi presenti numerose firme, dal 1854 al 1893, a nome del Capitano, Nicola, Viola, Ginese, Adolfo, Alberto, Domenico, Elena e in particolare di Eugenio, ricordato anch'esso come partecipante a imprese alpinistiche sulle Apuane [n. 15, 33, 42, 69, 71, 75, 80, 89, 126, 153, 171, 181-2, 187, 263, 269, 405-6].

Leopoldo Pilla (1805-1848) [n. 434]

Molisano, studiò a Napoli divenendo medico veterinario e poi chirurgo. Appassionato di letteratura e geologia nel 1841 venne nominato professore di mineralogia e geognosia all'Università di Napoli, per poi trasferirsi a Pisa nel 1842 alla cattedra di mineralogia e geologia. Impegnato politicamente come liberale, comandò il Battaglione Universitario pisano nella Prima Guerra d'Indipendenza, morendo nella battaglia di Curtatone. Visitò la Buca d'Eolo nell'estate del 1844, come ricordato a pag. 92 nel suo testo del 1845 “Breve cenno sulla ricchezza minerale della Toscana”: “.... Un'altra cava di marmo statuario è stata aperta non è guari nel monte Corchia sopra Levigliani dal Sig. Angelo Simi, proprietario di quel paese. La scoperta di quel marmo va dovuta ad una circostanza molto curiosa. Su le balze della Corchia che guardano Levigliani fu scoperta nell'anno 1840 l'apertura di una grotta. La quale eccitando la curiosità di molti sospinse il Sig. Simi a fare eseguire le operazioni necessarie per penetrare nell'interno di essa; e vi si cacciò infatti dentro, e la discorse per lungo tratto e quanto era possibile. Tra le cose più notevoli che quivi accadde di osservare fu questo, che rotte le croste stalattitiche che ne intonacavano le pareti si trovò che queste erano fatte di candidissimo marmo statuario. E veramente una caverna di tal sorte è molto singolare, ed io l'osservai con grandissimo piacere in una visita che vi feci la state dell'anno scorso. Tale circostanza diede occasione a fare eseguire alcune ricerche nelle vicinanze esteriori di detta grotta, le quali ricerche furono coronate da felici successi, perciocchè fecero scoprire una grande vena di marmo statuario, in cui il Sig. Simi ha fatto aprire una cava regolare.” La firma in grotta non è facilmente visibile

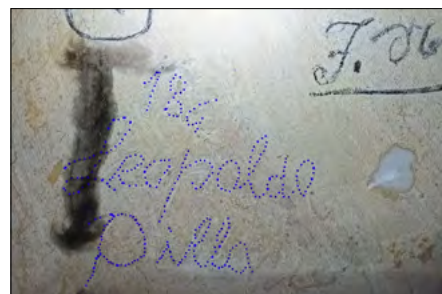


Figura 13. Leopoldo Pilla

dato che è stata solo scalfità; in Fig. 13 è stata quindi aggiunta una puntinatura blu per poterla evidenziare.

Igino Cocchi (1827-1913) [nn. 37, 56, 59, 60, 61, 65, 84]

Laureatosi all'Università di Pisa nel 1852, divenne professore di geologia a Firenze nel 1860 nonché curatore del Museo di Storia Naturale. Nel 1868 fondò la sezione fiorentina del C.A.I. Promosse la realizzazione della prima carta geologica d'Italia, divenendo presidente del Comitato Geologico e poi della Società Geologica Italiana. Oltre agli importanti studi geologici sono da ricordare le sue ricerche paleontologiche che lo portarono a visitare numerose grotte; dal 1873 si dedicò all'industria marmifera apuana. La sua firma compare nella Buca d'Eolo più volte tra il 1863 e il 1868, quando viene affiancata da quella dei familiari Giulio, Virginia, Matteo e del figlio Beppino di anni sei (Fig. 14).



Figura 14. Igino Cocchi

Luigi Bombicci (1833-1903) [n. 13]

Nato a Siena, studiò a Pisa laureandosi in matematica e poi in scienze naturali, divenendo assistente del mineralogista Meneghini. Dopo l'insegnamento a Pisa nel 1861 ottenne la cattedra di mineralogia a Bologna e divenne direttore e curatore del relativo museo. A Bologna ebbe numerosi incarichi didattici e amministrativi, curando in particolare l'insegnamento scolastico. Appassionato di montagna fu presidente della locale sezione del CAI, nonché autore di una completa guida degli itinerari nell'Appennino bolognese.



Figura 12. Emilio Simi

Frédéric Blanchard (1829-1903) [n. 38, 39, 55, 135, 136, 140]

Nasce a Parigi da famiglia di origine belga, laureandosi in ingegneria mineraria presso la École Supérieure des Mines. Divenuto direttore della miniera del Bottino nel 1858, e mantenendo l'incarico fino al 1884, ne curò lo sviluppo, dotandola di infrastrutture e moderni impianti di trattamento; due sue ampie relazioni, pubblicate nel 1867 e 1887, descrivono la storia e le lavorazioni del complesso minerario. Divenne al contempo ingegnere fiduciario della ditta inglese "Fratelli Hollwai", seguendone le miniere di Monte Valerio. È ricordato anche come archeologo minerario in quanto nel 1875 dimostrò l'estrazione dello stagno nel grossetano già in epoca etrusca. A Ripa aveva acquistato dai beni di Emilio Simi una grande villa con podere agricolo, dove morì nel 1903; la villa, prossima alla Linea Gotica, sarà distrutta dai tedeschi nel 1944 insieme alla preziosa raccolta di minerali (Baldi e Giannessi, 2021). In grotta si conserva anche la firma del secondogenito Federico Blanchard (datata 1884), anch'egli ingegnere minerario, morto poi nel 1885 presso la fonderia del Bottino. Altra firma di famiglia è quella di Paolo Dumond (1868), nipote di Frederic in quanto figlio della sorella Emilia e di Guglielmo Dumond.

Louis Simonin (1830-1886) [n. 38, 39]

Nacque a Marsiglia e si laureò a Saint Etienne in ingegneria civile, specializzazione in mineralogia. Come geologo e ingegnere minerario visitò presto numerose miniere in Italia e Francia; per la collaborazione con la rivista "Revue des Deux Mondes" e per incarichi professionali, divenne poi un vero e proprio reporter del mondo minerario attraversando vari continenti, e in particolare le Americhe, esplorando e descrivendone le risorse. Tra le sue numerose opere divulgative si ricordano "Vita sotterranea, o miniere e minatori", "La Toscana e Mar Mediterraneo, studi ed esplorazio-

ni" e "Pietre, schizzi mineralogici". Del 1858 è il suo saggio *"De l'exploitation des mines et de la métallurgie en Toscane pendant l'antiquité et le Moyen Âge"*. In grotta il suo nome si accompagna a quelli di F. Blanchard e Simi (Fig. 15).

Gaetano Casati (1838-1902) [n. 51, 52]

Brianzolo, divenne geografo ed esploratore. Arruolatosi nei Bersaglieri, nel 1869 era insegnante di matematica e topografia presso la scuola di corpo a Livorno. Dal 1879 al 1890 viaggiò in Africa esplorando il Sud Sudan, spingendosi poi fino alle regioni di Equatoria. Singolare risulta quindi l'ironica scritta lasciata in grotta dai suoi compagni di gita: *"Gaetano Casati non volle / scendere perché si prese paura / e girando di (schiena) va per /.. di uscita. 21 Agosto 1867"*, che poco s'addice alla successiva avventurosa vita di esploratore in Africa.

Carlo Regnoli (1838-1873) [n. 53]

Chirurgo pisano, fu professore di oftalmoiatria nonché appassionato di paleontologia e di archeologia, con ricerche in Egitto e America Meridionale; amico di Antonio D'Achiardi, esplorò numerose grotte dei Monti Pisani e delle Alpi Apuane, rinvenendo reperti preistorici. La visita della Grotta d'Eolo è citata nel suo testo *"Ricerche paleontologiche nelle Alpi Apuane"*.

Oscar Dalgas (1855-1905) [n. 57, 392]

Apparteneva a una famiglia di origine francese. Oscar Dalgas e il fratello Alfredo Dalgas, erano appassionati alpinisti (nel 1897 scalarono il M. Cavallo). La data del 1868 compare in grotta insieme alla firma della madre Guglielmina Dalgas (1833-79).

Andrea Digerini Nuti [n. 66, 67, 68]

Andrea Digerini nel 1841 risulta poi socio della ditta "Semack e Berg", conduttrice di una miniera di mercurio a Ripa. Proprietari dell'omonimo palazzo a Pietrasanta, fecero edificare nel 1886, come propria residenza estiva, la villa poi denominata "Versiliana". Nella visita in grotta del settembre 1869, compare anche il nome di Giovanni Digerini Nuti, mentre in pari data risulta accompagnato dai Sigg.ri Simi.

Forsyth Major (1843-1923) [n. 91]

Charles Immanuel Forsyth Major era uno zoologo e paleontologo svizzero, di origini scozzesi, che studiò medicina a Basilea per poi trasferirsi a Firenze, dedicandosi allo studio dei vertebrati fossili della Toscana e di altre aree co-

me la Sardegna e la Corsica. Dai primi del '900 ritornò in Svizzera per dedicarsi allo studio in particolare dei primati, sui quali ebbe una approfondita corrispondenza con Darwin. Numerosi reperti delle sue collezioni sono conservati in particolare nei musei di Firenze e Basilea.

Carlo Viner (1850-1906) [n. 95]

Commerciante di marmi fiorentino, divenne agente del Sig. Cav. Sancholle Henraux, trasferendosi a Seravezza, dove fu presidente della Società di Mutuo Soccorso e della Filarmonica, nonché consigliere comunale. Sue opere marmoree sono conservate al cimitero di Viareggio. Più noto come artista è il figlio Giuseppe, pittore e paesaggista delle Apuane.

Carlo De Stefani (1851-1924) [n. 63, 126]

Geologo, paleontologo e malacologo, nacque a Padova ma studiò a Livorno, per poi laurearsi a Pisa in giurisprudenza. Professore di statistica ed economia all'Università di Siena, presto si appassionò alla geologia e alla paleontologia in particolare delle Alpi Apuane; famosa la lunga polemica con Cocchi, Lotti e Zaccagna sulla interpretazione stratigrafica delle stesse. Nel 1885, succedendo all'amico Stoppani, prese la cattedra di geologia a Firenze dove diresse, fino alla morte, il relativo museo. Negli ultimi anni ebbe incarichi politico-amministrativi per il Comune di Firenze e il mandamento di Castelnuovo Garfagnana. Da osservare che una prima scritta in grotta del 1869 riporta il cognome De Steffani, mentre nella seconda del 1879 si rimarca l'accompagnamento di E. Simi ma non si rintraccia il prefisso "De".

Aristide Bruni [n. 127, 128, 129]

Ingegnere milanese, tra i fondatori della sezione del CAI di Milano nel 1874, entrò nel Genio Civile con destinazione Pisa, iniziando a frequentare le Alpi Apuane. Risedette poi a Firenze e nel 1879 insieme a **Cesare Dinelli** (socio della Stazione Alpina Lucchese) che insieme alle guide Angelo Bertozzi, Efisio e Giuseppe Vangelisti, scalò il M. Procinto. Promosse in seguito la realizzazione di sentieri e della ferrata sul Procinto (1893), a lui intitolata, la prima del genere in Italia. Nell'articolo dello stesso Bruni *"Escursioni nelle Alpi Apuane e Itinerari"* 1882, viene riportata tra le altre: *"Alla Grotta d'Eolo. — A Levigliani (m. 600), ore 2. — Alla Grot-*



Figura 15. Frédéric Blanchard-Louis Simonin

ta d'Eolo (*Galleria Marianna, la più frequentata — Galleria Maggiore, di difficilissimo accesso*) (m. 1140), ore 1,30.....". Da ricordare inoltre il suo manoscritto "Gli Alpinisti Milanesi nelle Alpi Apuane" del 1890 (Fig. 16).

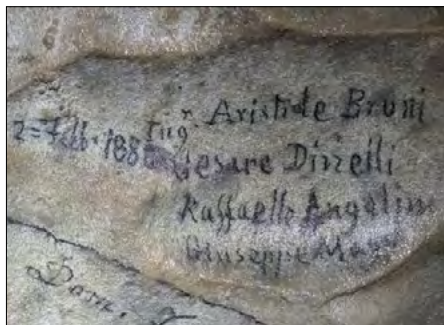


Figura 16. Aristide Bruni

Domenico Zaccagna (1851-1940) [n. 177]

Ingegnere civile e minerario di Carrara, studiò a Torino e poi all'École des Mines di Parigi. Assunto nel 1878 come geologo dall'Ufficio Geologico Nazionale curò il rilievo geologico di numerose aree delle Alpi e in particolare delle Apuane per le quali redasse la prima carta completa a scala 1:25.000. I numerosi suoi studi, dedicati anche alle potenziali aree estrattive marmoree, confluirono nell'opera definitiva "Descrizione geologica delle Alpi Apuane" del 1932. Ebbe incarichi di geologia applicata e di progettazione architettonica, contribuendo alla conoscenza e valorizzazione del marmo apuano (Fig. 17).

Pietro Fossen (1848-1915) [n. 177]

Perito minerario agordino, lavorò come aiuto rilevatore del Corpo delle Miniere, assegnato all'Ufficio Geologico per la realizzazione della carta geologica d'Italia. Fu stretto collaboratore tra il 1877 e il 1890 dello Zaccagna e del Lotti nel rilevamento delle Apuane, del foglio Lucca e dell'Isola d'Elba (dove morì dopo essere stato Regio Commissario di quelle miniere). Si deve a lui, oltre alla carta topografica a scala 1:2.000 degli agri marmiferi del Carrarese (rilevata in collaborazione con un altro agordino, Enrico Tissi), anche una breve

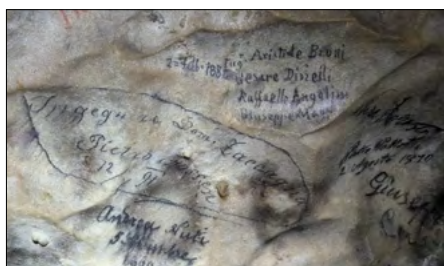


Figura 17. Domenico Zaccagna - Pietro Fossen

relazione circa la costituzione geologica dell'Isola di Cerboli (Fig. 17).

Pietro Pfanner (1864-1935) [n. 204, 205]

Medico chirurgo lucchese fu primario all'ospedale cittadino e medico personale di Giacomo Puccini. Era figlio di Felix, austriaco di origini bavaresi, fondatore a Lucca nel 1846 dell'omonimo birrificio con sede presso l'attuale Palazzo Pfanner, che acquistò dalla famiglia Controni. Filantropo e appassionato di studi storici, fu eletto sindaco della città nel periodo 1920-22. Oltre alla sua firma in grotta si ritrova, in pari data, quella di un suo familiare, Giuseppe.

Adolfo Targioni Tozzetti (1823-1902) [n. 89]

Appartenente a una famosa famiglia di scienziati e studiosi, tra i quali il nonno Giovanni celebre medico e naturalista del settecento, è stato un botanico, zoologo ed entomologo italiano. Studiò medicina a Pisa, per poi interessarsi alla botanica e alla fisiologia. Dopo aver esercitato la professione di medico a Firenze e a Viareggio, si dedicò all'insegnamento ricoprendo la cattedra di Zoologia e Anatomia comparata degli invertebrati presso l'Istituto di studi pratici e perfezionamento a Firenze. Nel 1859 partecipò alla seconda guerra d'indipendenza, divenendo amico di Nino Bixio. Interessatosi in particolare all'entomologia agraria, con ricerche sulla filossera e la cocciniglia, nel 1875 ne istituì la Stazione di Firenze, la prima in Europa e seconda solo a quella fondata a Washington. Socio e vicepresidente dell'Accademia dei Georgofili. La sua firma in grotta, datata 3 agosto 1875, compare come "Ad. Targioni" unitamente a quella di O. Simi, G. Colvanna e D. Battaglini.

Padre Cesare Coppedè (1880-1964) [n. 203, 219, 224, 225, 242]

Frate scolopino, originario di Terrinca, fu un valente matematico che si interessò di sismologia e meteorologia, dirigendo l'Osservatorio Ximeniano a Firenze. In grotta si rinviene anche la firma di Coppedè Luigi di Angiolo, da Terrinca, forse parente del più famoso Gino, architetto e scultore fiorentino, noto per le sue costruzioni di stile eclettico e liberty come la villa Barsanti a Pietrasanta. Si osserva poi come in parete si ritrovano altre scritte di religiosi come quella del 1897 di Padre Remigio Buselli (n. 203) di Ruosina, minore osservante già responsabile del Commissariato di Terrasanta nonché fautore del movimento assunzionista.

Lorenzo Tonini (1859-1927) [n. 156]

Di Seravezza, si era laureato a Pisa in Scienze Naturali nel 1886. Membro della Società Geologica Italiana e della Società Toscana di Scienze Naturali pubblicò diversi saggi su differenti tematiche: dalla viticoltura (sulla peronospora e la filossera, 1886 e 1892) alla geologia (*La formazione dei marmi nelle Alpi Apuane*, 1886), dall'antropologia (*Grotta all'Onda*, 1886) all'alpinismo (*Una gita in Garfagnana*, 1883). In pari data (5 ottobre 1887) si firmano più volte anche Orazio Tonini e l'Avv. Felice Tonini.

Umberto Olobardi (1915-1957) [n. 286]

Di Terrinca, ove si conserva una lapide in sua memoria, fu scrittore, letterato, alpino, redattore della rivista "Il Ponte" di Firenze.

Personaggi riconoscibili sono poi quelli di Giuseppe Fabbriotti (n.43), L. Lagard (n.125), Giacomo Pontecorvo (n.223), Yelmini Artaud (n.257), Domenico e Tito Pea (nn. 20, 54), Giuseppe Lazzoni (n. 78), Tito Magnani (n. 79), Casimiro e Cesare Binelli (nn. 118, 119), Modesto Neri (nn. 244, 248), Ettore Salvatori (n. 194), Giovanni Benvenuto (n. 240), Emilio Orsini (n. 41), Nicola Battelli (n. 101), Carlo Pardi (nn. 191, 193), Giuseppe Bichi (n.222). Altri nominativi presenti in grotta richiamano personaggi noti, ma rimane dubbia la loro attribuzione. Ad esempio, firma da rilevare è quella di "Giuseppe Carducci e Famiglia - 30 settembre 1907" [n. 233], forse parenti del poeta Giosuè, nato nella vicina Valdicastello, la cui famiglia paterna era originaria di Pietrasanta. Datata 1907, anno di morte del poeta, è anche una lapide affissa in sua memoria a Pontestazzemese. La firma "Igino Pellerano" [n. 364] non è datata ma rimanda alla famiglia proprietaria nel '900 delle cave e dell'area già Simi; forse si tratta di un avo o dello stesso Igino, industriale del marmo, che negli anni '50, oltre a far riaprire l'accesso alla grotta, redasse più relazioni storiche per conto del Rotary di Massa e Carrara.

CONCLUSIONI

L'elenco delle firme rinvenute nella Buca d'Eolo non è certo completo: tante sono le tracce in parte perdute, non più leggibili, sovrapposte o non ancora rilevate, ma confido che questa ricerca possa essere un primo passo utile per il riconoscimento di altri personaggi, più o meno noti, e il riaffiorare di storie del passato. Al fine di favorire l'esame e l'identificazione delle firme, è stato creato il sito web <https://firmedigrotta.wordpress.com>, nel quale è possibile

trovare l'elenco cronologico dei 441 nominativi fin qui rintracciati insieme alla relativa documentazione fotografica, e in cui viene facilitata la consultazione dei testi storici citati. Nello stesso sito i visitatori possono inserire osservazioni, suggerimenti, note storiche ed eventuali nuovi riconoscimenti contribuendo così all'implementazione del catalogo. Se oggi il dovuto rispetto del patrimonio naturale non ci consente di apporre nuove scritte sulle pareti della Buca d'Eolo, al contempo la volontà di non dimenticare tale usanza storica di partecipare valore socioculturale ha suggerito di collocare al suo interno un "Libro di grotta", sulla falsariga del "Libro di vetta" già da tempo utilizzato in ambito alpinistico. Il quaderno, ben protetto in una scatola metallica, è stato posizionato sul lato destro della curva a gomito alla sommità della scalinata interna, con l'auspicio che i futuri visitatori possano così perpetuare con le proprie firme la tradizione avviata nel 1840.

RINGRAZIAMENTI

Voglio ringraziare per il contributo fornito alla ricerca dei testi e alle informazioni storiche sui personaggi riconosciuti: Massimo Giambastiani, Marie Balseca, Antonio Gasperi, Antonio Bartelletti; per la realizzazione del sito web e infine un ringraziamento particolare a Laura.

APPENDICE

Oltre alla dettagliata descrizione della grotta fornita da E. Simi nella sua relazione del 1847, pare significativo e particolare il resoconto dell' "abile giovane sig. Nicola Cherici amante delle produzioni naturali" riportato da R. Barbacciani Fedeli nel suo saggio del 1845 (pagg. LXXX-LXXXI), che, con toni appassionati e coloriti, raffigura lo stato della Buca a tre anni dalla sua scoperta: "La grotta detta del Simi si apre nelle rocce calcaree che formano la metà superiore dell'Alpe della Corchia e non già negli stevaschisti che sono inferiori al calcare che superano di poco il paese di Levigliani, e nei quali è attivata l'escavazione del cinabro. Questa grotta è contigua, o di poco inferiore alla cava del marmo statuario stata recentemente aperta dal Simi ad un mezzo miglio, o più di altezza perpendicolare sopra lo stesso paese di Levigliani. La bocca della grotta, come l'apertura delle cave guardano tra mezzogiorno e levante. Codesta grotta si manifesta all'esterno con una apertura artificialmente allargata, e ridotta a guisa di porta. Sono circa tre anni che altro non vi era se non uno stretto foro dal quale esciva impetuosamente in estate una cor-

rente d'aria freddissima, ed in inverno vi si introduceva sempre un sibilo accompagnato da lontano rimbombo. La speranza di rinvenir acqua, e non di scoprire una cavità naturale tanto meravigliosa faceva allargare l'apertura, e violare quei penetranti fino allora inaccessibili. Oggi percorso un breve atrio si penetra in una spaziosa sala, la cui volta s'innalza 40 o 50 braccia, il cui pavimento fu colmato artificialmente di rottami, e attorno alla quale si vedono larghe falde di calcare concrezionato, o sia depositato lentamente dall'acque col lembo guarnito dai cannelli delle stallattiti come quasi una delicata trina che contorna, ed abbellisce un serico drappo. In un lato di questa sala naturale s'apre una voragine, la quale si divide in due diverse latebre che esplorate da uomini arrischiati, e muniti di mezzi necessari si trovarono ora volgere orizzontali e praticabili, ora inabissarsi a profondità straordinarie, l'una, e l'altra furono perlustrate per quasi Braccia 1000 di Lunghezza ciascuna. Traversando poi longitudinalmente la indicata sala, essa va a poco a poco declinando nelle sue dimensioni, e si cangia quasi insensibilmente in un lungo tortuoso passaggio, che costituisce la porzione praticabile della grotta e s'apre l'adito nelle marmoree viscere del monte negli strati dello statuario, che somministrano alimento all'escavazione superiormente situata, e la prosecuzione dei quali giù dentro si osserva benissimo. Sebbene l'altezza, e la lunghezza di codesto tronco varino ad ogni istante, pure la sua orizzontalità non sarebbe quasi mai alterata, se non s'incontrasse una specie di balzo, che verso i due terzi della sua lunghezza, conviene scendere, dopo il quale s'incontra un tranquillo laghetto le cui limpide acque mai furono turbate dai venti, ne mai videro il sole. Ignoro se viventi di sorta abitino quelle onde, ma nol credo possibile. Trascorse queste di poco mirasi ad un tratto abbassarsi la volta; la grotta si chiude innanzi a voi; e qui credereste il fine di tante meraviglie. Ma il suolo lubrico per acque leggermente scorrenti dal fondo, ed i folti cannellotti stallattiti che toccano il suolo v'avvisano che nuovi recessi apronsi di là da quella barriera. Ivi il coraggioso visitatore dee coricarsi boccone e, quando la soverchia ventraja nol vieti, strisciando qual serpe sul suolo, e sentendo col'immaginazione sul dorso il peso del monte dopo breve affanno, e disagio vedrà riapparire il consueto spettacolo. Anche per poco il piano segue orizzontale, ma presto declina in basso ed ivi si dichiara la fine della grotta in quel lato almeno di ciò che è praticabile con facilità, e con diletto. Che non piccolo diletto si trova perlustrando le sacre viscere del monte inaccessibile ad ogni vivente, compresi di stupore da quel

silenzio sublime, e dalle varie, e vaghe decorazioni onde natura abbellì quel suo tempio, e sulle quali la nostra debole luce artificiale pur getta mille vive scintille, ed abbaglianti riflessi. Le stalattiti che ornano tutte quelle naturali pareti, foggendosi in strane guise presentano all'immaginazione svariati fantasmi cui l'occhio da forma di splendide lumiere, e svelte colonne, di eleganti candelabri di marmi brillanti, di acque cadenti, il tutto animato, e doppiamente ravvivato da quel vago contrasto che la luce della fiaccola produce sulla profonda oscurità che perpetuamente regna in quelle umide grotte."

BIBLIOGRAFIA

- AMORFINI A., BARTELLETTI A., OTTRIA G. (2015), *Il complesso carsico dell'Antro del Corchia (Alpi Apuane-Toscana): misurazione e valutazione del valore del geosito*. Acta Apuana, anno XI, 2012, 5-21.
- BALDI M., GIANNESSE D. (2021), *Le miniere delle Alpi Apuane (Toscana)*. BAR Publishing, Oxford.
- BARBACCIANI FEDELI R. (1845), *Saggio storico, politico, agrario e commerciale dell'antica e moderna Versilia*. Tip. Fabris, Firenze.
- BRIAN A., MANCINI C. (1913), *Caverne e grotte delle Alpi Apuane*. Boll. Regia Soc. Geogr., serie V, vol. II, n. 10, 1093-1220.
- BRUNI A. (1882), *Escursioni nelle Alpi Apuane e Itinerari*. Bollettino CAI, Club Alpino Italiano, vol. XVI, n.49, 118.
- CRISCUOLO A., FERRI G., SALS R. (2008), *Sulle iscrizioni di Fantiscritti*. Atti e Memorie della Accademia Aruntica di Carrara, XIII, anno 2007, 175-205.
- GIANNOTTI R. (1990), *Considerazioni sulle prime notizie dell'Antro del Corchia*. Rivista di archeologia storia costume, Istituto storico lucchese, anno XVIII, vol. 2, 33-38.
- PENSABENE G. (1990), *I graffiti della prima diramazione de La Ventajola nella valle dell'Acereto*. Rivista di archeologia storia costume, Istituto storico lucchese, anno XVIII, vol. 2, 53-58.
- PILLA L. (1845), *Breve cenno sulla ricchezza minerale della Toscana*. Tip. Vannucchi, Pisa.
- REGNOLI C. (1865), *Ricerche paleontologiche nelle Alpi Apuane*. Il Nuovo Cimento, Pisa, tomo XXVI, 355.
- SIMI E. (1847), *Relazione sul Monte Corchia con una memoria sulla costituzione geologica dei monti pietrasantini del prof. Cav. Paolo Savi*. Tip. Frat. Frediani, Massa.
- SIMI E. (1855), *Sull'Alpe della Versilia e la sua ricchezza minerale*. Saggio corografico con l'aggiunta di alcune memorie illustrative la geologia dell'Alpe medesima e delle Alpi. Tip. Frat. Frediani, Massa.
- UTILI F. (2014), *L'Antro del Corchia o Buca d'Eolo. La storia e gli avvenimenti*. Ed. Efigi, Arcidosso (GR).
- ZANCHETTA G., ISOLA I., PICCINI L., DINI A. (2011), *The Corchia Cave (Alpi Apuane): a 2Ma long temporal window on the Earth climate*. Geological Field Trips, Vol.3, n. 2.1, ISPRA-S.G.I.



La scienza e la tecnica raccontate.
Rassegna culturale della SIGEA-APS
a cura di Giacomo Milazzo

«Dall'analisi delle rocce, alla ricerca della storia della Terra, non abbiamo trovato né vestigia di un inizio, né prospettive di una fine» (James Hutton)

Per segnalare e consigliare un libro scrivi una e-mail a
recensioni@sigeaweb.it



Puglia. Le Bahamas dei dinosauri, di Alfredo De Giovanni
ERF Edizioni, 2025

L'Autore, un geologo la cui penna scrive di thriller storici da tempo, introduce l'argomento con un racconto breve. L'ombra pesante della criminalità organizzata e la scoperta di orme di dinosauro si intrecciano nella vita del protagonista: il tema della cultura della legalità, il dramma dei territori, degli imprenditori abbandonati alla mercé della criminalità e il coraggio di tanti giovani che non lasciano la propria terra d'origine e cercano lì la loro realizzazione. Un racconto introduttivo, dunque, che attraverso la narrativa attrae l'attenzione di lettori non avvezzi alle tematiche scientifiche, veicolando curiosità verso la scienza e stimolando gli approfondimenti. Il tutto sospeso e sostenuto dal filo conduttore che porta i lettori alla scoperta che la Puglia, nelle profondità del tempo geologico, è un'area del pianeta che, tra 200 e 65 milioni di anni fa, poteva essere tranquillamente confusa con quanto oggi vediamo alle Maldive o alle Bahamas.

Nella parte divulgativa si inizia con una minuziosa descrizione dell'origine della regione, guidati nella storia del tempo profondo che ha portato all'attuale assetto geografico e morfologico della Puglia; una storia di piattaforme carbonatiche, di atolli e barriere coralline, di lagune di acque cristalline, isole sabbiose, scarpate e mari profondi, e degli organismi viventi che si sono succeduti nel tempo, compresi i dinosauri che in Puglia, *terra dei dinosauri*, lasciarono decine di migliaia di impronte in oltre 30 siti, a creare un caso unico al mondo. Alcuni di questi siti contengono così tante impronte, anche di specie diverse, che ci si può fare un'idea abbastanza precisa della quantità di animali e del traffico da loro creato all'epoca. Con un continuo riferimento all'Africa: Puglia, Basilicata, il 70% della nostra penisola è *africana*, geologicamente parlando. Le pietre con cui sono realizzati i trulli, i muretti a secco, l'imponente edificio di Castel del Monte, le grotte rupestri, le gravine, le masserie, sono fatte e fondate di rocce che formano un basamento spesso oltre 3.000 metri sorto come «promontorio africano» e costruito, millimetro dopo millimetro, da un numero inimmaginabile di organismi, a realizzare un patrimonio di geodiversità unico dell'Italia. A tutelare la storia geologica stanno quindi le *pietre*, nel loro insieme o nei loro particolari. E l'Autore, da esploratore appassionato e competente, ci illustra in che modo gran parte della Puglia si sia formata in un ambiente di piattaforma carbonatica tropicale caratterizzato da acque non profonde, con temperature superiori a 20 gradi centigradi, grazie all'azione diretta di coralli, spugne, molluschi, batteri: gli organismi pluricellulari e primevi della vita animale su questo pianeta, a realizzare spiagge e lagune coperte da appena un velo d'acqua su cui passeggiarono quei dinosauri. Dopo averci raccontato il particolare l'Autore dedica un capitolo alla storia geologica dell'antico continente perduto della **Grande Adria**, dalla sua formazione alla sua frammentazione e scomparsa lasciando oggi la Puglia a sua testimonianza. Un capitolo è dedicato a questo peregrinare di pezzi di crosta continentale, su cui i dinosauri ebbero modo di trovare accoglienza, tra Giurassico e Cretacico, anche sulle piane tidali e sulle aree costiere e quelle interne già emerse, che oggi ritroviamo in Puglia. Le geomorfologia attuale della regione segue con un altro capitolo specifico, a raccontarci delle forme del paesaggio attuale, quali lame, gravine, grotte, fenomeni di carsismo associato a processi di morfogenesi e orogenesi, che oggi sono tutelate e protette fino ad averci creato dei veri e propri parchi regionali a tema.

Un'ampia e ricchissima sezione è dedicata poi alle relazioni che l'umanità, fin da 150-250.000 anni fa (la cui antica presenza è ad esempio documentata dall'*Uomo di Altamura*), ha avuto con le rocce, dai megaliti ai menhir d'epoca preistorica, fino a creare una vera e propria fiorente industria lapidea, utilizzata localmente ma anche esportata altrove.

Non potevano infine mancare indicazioni e descrizioni importanti sui moltissimi geositi pugliesi.

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Fondatore: Giuseppe Giusti

2/2025 ISSN 1591-5352



Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Fondatore: Giuseppe Giusti



4/2025 ISSN 1591-5352

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Fondatore: Giuseppe Giusti

3/2025 ISSN 1591-5352



MONOGRAFIE DI GEOLOGIA AMBIENTALE

LE DUNE COSTIERE

valore ambientale, paesaggistico ed economico
risorsa da proteggere e preservare

A cura di
Francesco Stragapede



Iscrizioni #SIGEA-APS 2026 aperte
Aderisci alla SIGEA-APS o rinnova per
il biennio 2026-2027 e ricevi in omaggio
"Le dune costiere", un volume che racconta
la bellezza fragile dei nostri paesaggi.
*Fino a esaurimento scorte



www.sigea-aps.it

Sostieni la conoscenza, proteggi il pianeta

La quota di iscrizione per il 2026 è di € 30 e dà diritto a ricevere
la rivista "Geologia dell'Ambiente"