



## IL CONSIGLIO DIRETTIVO

**VISTA** la legge 25 gennaio 1934, n. 285 che ha istituito l'Ente Parco Nazionale del Circeo;

**VISTA** la Legge Quadro sulle Aree Naturali Protette n. 394 del 6 dicembre 1991 così come integrata dalla Legge n. 426 del 9 dicembre 1998;

**VISTO** il Decreto del Presidente della Repubblica del 4 aprile 2005 istitutivo dell'Ente Parco Nazionale del Circeo pubblicato il 06.07.2005 sulla Gazzetta Ufficiale n. 155;

**VISTO** in particolare l'art. 9, commi 1 e 2 e 3. Della legge 394/91, che recitano: 1. L'Ente Parco ha personalità di diritto pubblico, sede legale e amministrativa nel territorio del parco ed è sottoposto alla vigilanza del Ministro dell'ambiente. 2. Sono organi dell'Ente: a) il Presidente [...] 3. Il Presidente è nominato con decreto del Ministro dell'ambiente d'intesa con i presidenti delle regioni o delle province autonome di Trento e di Bolzano nel cui territorio ricada in tutto o in parte il parco nazionale. Il Presidente ha la legale rappresentanza dell'Ente Parco ne coordina l'attività, esplica le funzioni che gli sono delegate dal Consiglio direttivo, adotta i provvedimenti urgenti ed indifferibili che sottopone alla ratifica del Consiglio direttivo nella seduta successiva”;

**VISTO** il Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare DEC/MIN/367 del 13.12.2013, trasmesso in copia conforme all'Ente Parco Nazionale del Circeo con nota prot. 0052099/PNM del 16.12.2013, con il quale è stato nominato Presidente dell'Ente Parco Nazionale del Circeo il dott. Gaetano Benedetto, il cui mandato è scaduto in regime di prorogatio il 26/01/2019;

**VISTO** il Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare DEC/MIN/320 del 29/12/2014, DEC/MIN/176 del 07/07/2017 e DEC/MIN/155 del 08/05/2018 con i quali sono nominati Componenti del Consiglio Direttivo dell'Ente Parco nazionale del Circeo;

**VISTA** la Deliberazione del Consiglio Direttivo n.1 del 10/04/2019 con la quale è stato eletto Vice presidente il consigliere Sig. Vincenzo Cerasoli;

**TENUTO CONTO** che il comma 7 dell'articolo 9 della citata norma quadro di riferimento prevede il legittimo insediamento del Consiglio Direttivo ad avvenuta nomina della maggioranza dei suoi Componenti;

**CONSIDERATO** che con Deliberazione del Consiglio Direttivo n. 36 del 20/12/2018 si approvava il proseguo delle azioni di sistema approvate/confermate dalla Direttiva MATTM per “l'impiego prioritario delle risorse finanziarie assegnate ex Cap.1551: indirizzo per le attività dirette alla

conservazione della biodiversità”. prot.23099/UDCM del 16/11/2018 tra cui quella denominata *Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette*; **DATO ATTO** che in data 20/12/2018 è stato sottoscritto il protocollo tra le aree protette interessate dall’azione di sistema in oggetto e che detto protocollo ha durata triennale;

**CONSIDERATO** che con Deliberazione del Consiglio Direttivo n.10 del 14/03/2018 si approvava la bozza di Convenzione tra Ente Parco Nazionale del Circeo e l’Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura finalizzata alla collaborazione per lo sviluppo della ricerca dal titolo “Metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia” da svolgersi nell’ambito del Progetto di sistema denominato “Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette“;

**DATO ATTO** che tale convenzione (di durata 16 mesi) è stata sottoscritta digitalmente tra le parti il 26/03/2018 ;

**CONSIDERATI** gli sviluppi dell’analisi portata avanti dal borsista Dott. Melito Lorenzo, per come sintetizzata nel report trasmesso dal prof. Brocchini e acquisito agli atti di quest’Ente al prot.3200 del 09/07/2019;

**CONSIDERATO** che al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati nel progetto di sistema risulta opportuno continuare l’implementazione dei dati e delle analisi fisiche previste nella ricerca di cui alla Convenzione sottoscritta con l’Università Politecnico delle Marche;

**CONSIDERATO** altresì che all’art. 3 del succitato atto si riporta come la Convenzione “... *potrà essere rinnovata sulla base di un accordo scritto tra le parti*” ;

**VISTA** la lettera prot.686 del 11/07/2019 (che si allega alla presente quale parte integrante e sostanziale) rimessa dall’Università Politecnica delle Marche – DICEA a firma del direttore del Dipartimento e acquisita agli atti di quest’Ente al prot. 3268 del 12/07/2019, con cui si manifesta la volontà del Dipartimento DICEA di rinnovare la Convenzione alle medesime condizioni (durata 16 mesi e per un contributo di €26.000,00 finalizzata ad una borsa/assegno di ricerca);

Con voti unanimi favorevoli espressi nella forma di legge da tutti i Consiglieri presenti e votanti

## DELIBERA

Per le ragioni di cui in premessa

- **DI APPROVARE**, per le ragioni espresse in premessa, il rinnovo - per ulteriori 16 mesi e alle stesse condizioni di contributo finanziario- della Convenzione tra Ente Parco Nazionale del Circeo e l’Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura, finalizzata alla collaborazione per l’ implementazione della ricerca dal titolo “Metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia” da svolgersi

nell'ambito del Progetto di sistema denominato "Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette";;

- **DI DARE ATTO** che, secondo quanto previsto all'art.3 della succitata Convenzione, si provvederà al rinnovo mediante un accordo scritto tra le parti, le cui modalità andranno concordate tra i Direttori del DICEA e dell'Ente Parco;
- **DI PUBBLICARE** la presente deliberazione all'Albo Pretorio informatico del Parco per la durata di quindici giorni consecutivi.

Il Direttore  
*Dott. Paolo Cassola*

Il Presidente FF  
*Sig. Vincenzo Cerasoli*





**Convenzione finalizzata alla collaborazione per lo sviluppo della ricerca dal titolo**

**“Metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia”**

**TRA**

L'Ente Parco del Circeo – Codice fiscale 91076590594, di seguito denominato anche come Ente Parco con sede legale a Sabaudia, in Via Carlo Alberto n. 188 CAP 04016 e legalmente rappresentato dal Presidente Gaetano Benedetto, nato a Patti (ME) il 06/04/1958, autorizzato con delibera n.10 del 14/03/2018

**E**

l'Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura, Codice fiscale 00382520427, di seguito denominata Università, nella persona del Direttore, Prof. Maurizio Brocchini, nato a Senigallia il 02/07/1964, domiciliato per carica in Via Brece Bianche – 60131 Ancona, C.F. e P.IVA n. 00382520427, autorizzato alla stipula del presente atto con Delibera del CdD n. 2018/8.3 del 14/02/2018.

**PREMESSO CHE**

- L'Ente Parco Nazionale del Circeo ha tra le sue finalità dettate dalla Legge quadro 394/1991 e s.m.i. quella di conservare la biodiversità, gli equilibri idraulici e idrogeologici e di quelli ecologici;
- L'Ente Parco al fine del raggiungimento degli scopi istitutivi di conservazione promuove le indagini di conservazione e le ricerche destinate alla raccolta di informazioni utili per migliorare e predisporre azioni di protezione e conservazione degli ambienti che lo caratterizzano;
- L'Ente Parco del Circeo è impegnato nella realizzazione e messa a punto dell'azione di sistema *“Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette”* nell'ambito dei fondi della Direttiva MATTM per l'indirizzo



delle attività dirette alla conservazione della biodiversità. prot.0024444 GAB del

17/10/2017 di cui si allega la scheda tecnica di progetto;

- la suddetta azione di sistema si pone l'obiettivo di predisporre un approccio per la stima della resilienza dei sistemi litoranei sabbiosi e quindi della capacità di protezione naturale di litorali sabbiosi privi di difese rigide;
- la tecnica del video-monitoraggio costiero viene considerata quale tecnica da utilizzarsi nello sviluppo di tale azione di sistema;
- il DICEA è impegnato da anni nelle questioni del monitoraggio costiero ed estuarino;
- nell'ambito dei progetti internazionali finanziato dalla ONR-Global degli USA, EsCoSed (contratto N. N62909-13-1-N020) e MORSE (contratto N. N62909-17-1-2148), il DICEA ha sviluppato competenze specifiche sull'utilizzo del video-monitoraggio costiero;
- L'Ente Parco Nazionale del Circeo e l'Università intendono stabilire un rapporto di collaborazione per la realizzazione di un programma di ricerca finalizzato alla realizzazione e messa a punto del progetto di cui sopra;
- Trattandosi di una cooperazione tra enti pubblici finalizzata a garantire l'adempimento di una funzione di servizio pubblico comune connessa al perseguimento di obiettivi di interesse pubblico, si può formalizzare tale collaborazione ai sensi dell'art.15 della Legge 241/1990;

#### **SI CONVIENE E SI STIPULA QUANTO SEGUE**

##### **Art. 1 – OGGETTO**

La convenzione è finalizzata alla collaborazione per lo sviluppo di metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia tramite integrazione di dati ondosi e di video-monitoraggio costiero.

##### **Art. 2 – RESPONSABILE DELLA RICERCA**



Il programma di ricerca e collaborazione si svolgerà sotto la direzione scientifica e la guida del Prof. Maurizio Brocchini, il quale potrà avvalersi della collaborazione di personale interno e/o di figure professionali specifiche esterne individuate secondo le norme regolamentari vigenti dell'Università.

L'Ente Parco Nazionale del Circeo, il Direttore dott. Paolo Cassola assume la direzione e coordinamento interno del progetto e nomina come responsabile scientifico e referente dello stesso la Dott.ssa Ester Del Bove, responsabile del Servizio Biodiversità e Reti ecologiche.

#### **Art. 3 – DURATA**

La presente convenzione avrà la durata di 16 mesi (sedici) a decorrere dalla data della sua sottoscrizione e potrà essere rinnovata sulla base di un accordo scritto tra le parti.

#### **Art. 4 – IMPEGNI DEI CONTRAENTI**

Al fine della realizzazione dei programmi di cui all'Art. 1, l'Ente Parco del Circeo si impegna a erogare all'Università un contributo di ricerca finalizzato al finanziamento di una borsa di studio o assegno di ricerca per lo sviluppo e implementazione della metodologia di monitoraggio (come specificato all'art.1) e di spese per materiale di consumo generico da utilizzarsi nello svolgimento delle attività della ricerca in oggetto e entro un massimo del 5% dell'importo complessivo, pari a € 26.000,00 (euro ventiseimila/00), che verrà versato in un'unica soluzione in modalità anticipata.

La suddetta somma dovrà essere accreditata mediante operazione di Girofondi presso la Banca d'Italia conto unico di Tesoreria n. 0037301 – sottoconto ordinario 1223 Università Politecnica delle Marche.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura, per conto dell'Università, si impegna a mettere a disposizione le proprie strutture e attrezzature per il raggiungimento degli obiettivi scientifici prefissati.



L'Ente Parco Nazionale del Circeo si impegna a fornire i dati osservativi di cui all'Art.

1, e nello specifico i dati di video-monitoraggio costiero e di osservazione ondosa.

Qualora non disponibili i dati di misurazione ondosa, l'Ente fornirà simulazioni numeriche di dati ondosi. I dati, ovvero simulazioni, saranno forniti attraverso la collaborazione dell'Ente Parco con ISPRA da attuarsi nell'ambito della suddetta azione di sistema.

Le attività di ricerca dovranno essere effettuate nel rispetto dei termini previsti dal cronoprogramma relativo alla scheda d'intervento prospettato nell'allegato tecnico dell'Azione di sistema di cui nelle premesse, in particolare l'Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura si impegna ad attivare la borsa di studio o assegno di ricerca entro 60 giorni dal pagamento, in coerenza con il cronoprogramma delle attività di studio relative alla materia oggetto della Convenzione.

#### **Art. 5 – MODALITA' DI PAGAMENTO**

Il pagamento sarà effettuato in un'unica soluzione secondo le modalità previste all'Art. 4, su presentazione di nota di debito esente IVA ai sensi dell'art. 1 e 4 DPR 633/72 e succ. modifiche, alla stipula della presente convenzione. Il termine di pagamento (= emissione del mandato di pagamento) è fissato, per espresso accordo tra le parti, in trenta giorni dalla data di ricevimento della nota di debito al protocollo dell'Ente Parco, ai sensi dell'art. 4 D.lgs. 231/2002. Il pagamento avverrà mediante bonifico bancario.

La nota debito dell'Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di Architettura dovrà essere intestata a: Ente Parco Nazionale del Circeo, C.F. 91076590594, Sabaudia (LT), Via Carlo Alberto n. 188, 04016.

#### **Art. 6 – TRACCIABILITA' DEI FLUSSI FINANZIARI**

L'Università Politecnica delle Marche – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e di



Architettura assume tutti gli obblighi relativi alla tracciabilità dei flussi finanziari. Ai sensi dell'art. 3 della legge 13/08/2010 n.136 e s.m.i; dovranno essere utilizzati conti correnti accessi presso banche o presso Poste Italiane S.p.a., dedicati, anche in via non esclusiva, alle commesse pubbliche.

Pertanto il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, comunicherà formalmente all'Ente Parco Nazionale del Circeo:

- gli estremi identificativi del/dei conti correnti dedicati;
- le generalità ed il codice fiscale delle persone delegate ad operare su di essi;
- ogni modifica relativa ai dati trasmessi;
- attivazione e nominativo del personale di ricerca dedicato alle attività oggetto della presente Convenzione.

Penalità per ritardi: in caso di ritardo nello svolgimento delle attività previste nella Convenzione e qualora possa compromettere la buona riuscita del progetto, l'Ente Parco si riserva di chiedere la restituzione delle somme erogate in anticipo.

#### **Art. 7 - RISULTATI DELLA RICERCA**

I risultati che deriveranno dalle attività oggetto della presente convenzione saranno di proprietà congiunta dell'Università e dell'Ente Parco Nazionale del Circeo.

Il loro utilizzo dovrà avvenire con precisa menzione della partecipazione di entrambe.

#### **Art. 8 – INVENZIONI E BREVETTI**

Le eventuali invenzioni realizzate nell'ambito delle attività oggetto della presente convenzione saranno disciplinate con appositi atti, nel rispetto delle norme di legge vigenti in materia di brevetto.

#### **Art. 9 – RISERVATEZZA**

Le parti si impegnano ad osservare e far osservare la riservatezza su notizie, dati, fatti o circostanze di cui i ricercatori siano venuti a conoscenza durante la permanenza nelle



strutture dell'altro ente, salvo che la divulgazione non sia stata debitamente autorizzata dai relativi Responsabili Scientifici.

#### **Art. 10 – RESPONSABILITA'**

Ognuna delle parti esonera l'altra da ogni responsabilità per danni alle attrezzature o infortuni al personale che dovessero derivare dall'espletamento delle attività previste dal presente accordo.

#### **Art. 11 – TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI**

Le parti si impegnano a trattare i dati personali di reciproca provenienza unicamente per le finalità connesse all'esecuzione della presente convenzione, ai sensi del D. Lg. vo 30 giugno 2003, n. 196 "Codice in materia protezione dei dati personali", pubblicato nella G.U. n. 174 del 29 luglio 2003.

#### **Art. 12 – SICUREZZA**

Ai sensi del D.Lgs. 81/2008, quando il personale di una parte si reca presso la sede dell'altra parte per le attività connesse al programma di ricerca, il datore di lavoro, nell'accezione stabilita dalla normativa sulla sicurezza negli ambienti di lavoro, assolve a tutte le misure generali e specifiche di prevenzione e sicurezza, ivi compresa la sorveglianza sanitaria.

#### **Art. 13 – CONTROVERSIE**

Le parti concordano di definire amichevolmente qualsiasi controversia che possa nascere dalla presente convenzione. Nei casi in cui non sia possibile raggiungere in questo modo l'accordo il foro competente è quello di Ancona.

#### **Art. 14 – SPESE CONTRATTUALI**

La presente convenzione, le cui spese di bollo sono a di ciascuna parte viene redatta in due originali e sarà registrata in caso d'uso.

Letto, approvato, sottoscritto.



Data .....

Data .....

Per il Dipartimento di Ingegneria

per l'Ente Parco Nazionale del

Civile, Edile e di Architettura

Circeo

IL DIRETTORE

IL PRESIDENTE

*Prof. Maurizio Brocchini*

*Dott. Gaetano Benedetto*

La firma, in formato digitale, è stata apposta sull'originale del presente atto ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 7/3/2005, n. 82 e s.m.i. (CAD), il quale sostituisce il testo cartaceo e la firma autografa



Le attività svolte durante il primo anno di convenzione tra Ente Parco Nazionale del Circeo e Università Politecnica delle Marche si sono focalizzate sullo sviluppo del progetto di ricerca dal titolo "Metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia". La ricerca è inserita nel contesto del Progetto di Sistema "COPEMAP – Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette".

## Attività

### Classificazione delle mareggiate

In prima istanza si è proceduto a una analisi statistica dei climi ondosi dei siti oggetto del Progetto, e a successiva classificazione degli eventi di mareggiata significativi. Informazioni sul clima ondoso sono state reperite tramite CMEMS – Copernicus, un servizio online in grado di fornire informazioni continue e scientificamente affidabili sullo stato dei mari, attraverso analisi e proiezioni basate su modelli oceanografici (*von Schuckmann et al, 2018*).

I dati di partenza per la classificazione delle mareggiate sono, quindi, le serie temporali orarie di altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione ondosa per una porzione di mare antistante i luoghi di interesse. Un esempio di serie temporali di clima ondoso per la costa di Sabaudia, nel periodo febbraio 2006 – dicembre 2007, è visibile in Figura 1. Gli stati ondosi particolarmente intensi sono visibili come picchi nella serie temporale di altezza significativa  $H_s$  (primo pannello di Figura 1).

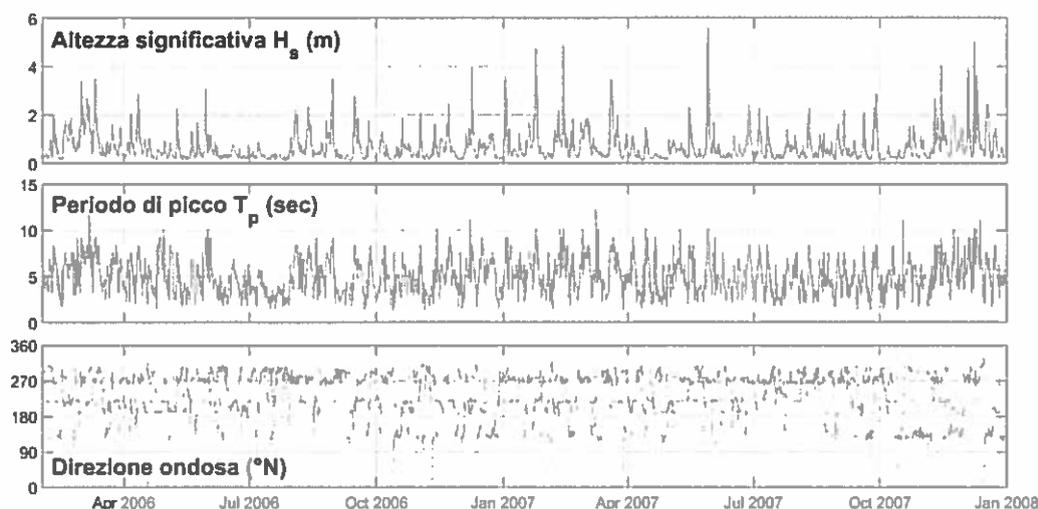


Figura 1: clima ondoso al largo di Sabaudia nel periodo febbraio 2006 - dicembre 2007. Dall'alto in basso: record orari di altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione ondosa prevalente.



**DICEA**

Per ogni sito di interesse, è stata quindi identificata una **soglia di mareggiata** (in metri), cioè il valore di altezza significativa superato il quale un determinato clima ondoso orario viene classificato come mareggiata.

Considerate le differenze geografiche, geologiche e oceanografiche dei due mari coinvolti nel Progetto (il mare Adriatico, per i

siti di Rodi Garganico e Torre del Cerrano, e il mar Tirreno per il sito di Sabaudia), si è ritenuto opportuno assumere soglie diverse da sito a sito. Questo approccio, infatti, tiene in considerazione la differente intensità del clima ondoso dei due mari, il quale tende ad essere in generale più intenso nel Tirreno che in Adriatico. Ciò avviene in virtù della maggiore estensione del primo rispetto al secondo, fattore cruciale per lo sviluppo di mareggiate più lunghe ed energetiche.

La possibilità di una soglia di mareggiata scelta a priori dall'utente è stata subito scartata, poiché essa non contempla considerazioni sulla frequenza e sull'intensità degli stati ondosi tipici di un dato contesto marittimo. La scelta è ricaduta su una soglia statistica che, pur avendo lo stesso criterio di definizione per tutti i siti, permette di "adattarsi" al livello generale di intensità ondosa di un sito, producendo un valore di soglia più alto laddove il clima ondoso raggiunge valori di altezza significativa più elevati.

La soglia di mareggiata è stata definita come un dato quantile rispetto alla serie temporale complessiva dell'altezza d'onda significativa  $H_s$ . In altre parole, la soglia di mareggiata (relativa ad una spiaggia) è calcolata come quel valore di  $H_s$  (in metri) che viene superato per una data percentuale del tempo complessivo di analisi. Inizialmente è stato assunto un quantile all'1% (valore di  $H_s$  superato solo nell'1% dell'intero tempo di analisi), ma tale valore è risultato in genere molto elevato. In base a questa soglia, solamente pochi eventi ondosi estremi sarebbero stati classificati come mareggiati, mentre altri similmente energetici sarebbero stati tagliati fuori. La soglia è stata quindi abbassata ad un quantile al 3% (valore di  $H_s$  superato nel 3% del tempo di analisi), così da includere un maggior numero di eventi di mareggiata significativi per l'evoluzione morfologica delle coste esaminate. Le soglie di mareggiata e il numero di eventi classificati nel periodo 2006-2016 sono riportati nella Tabella 1.

Sito	Soglia di mareggiata	Mareggiate classificate (2006-2016)
Sabaudia	2,44 m	152
Torre del Cerrano	1,91 m	146
Rodi Garganico	1,98 m	154

Tabella 1: soglie di mareggiata (quantili al 3%) e numero di mareggiate classificate nel periodo 2006-2016 per i tre siti del Progetto.



Gli eventi di mareggiata consecutivi e separati da un periodo di tempo inferiore a 12 ore sono stati inoltre accorpatisi in eventi unici, come suggerito da *Boccotti et al (2000)*. Infine, le mareggiate di durata inferiore a 3 ore sono state eliminate dalla classificazione in quanto generalmente troppo brevi per indurre cambiamenti significativi sulla costa.

Un esempio del risultato del processo di classificazione delle mareggiate per Sabaudia nel periodo 2017-2018 è visibile nel pannello centrale della Figura 2.

Una volta ottenuto un database di eventi di mareggiata per ogni spiaggia di interesse, attraverso relazioni note in letteratura sono state infine calcolate alcune **quantità rilevanti** per la caratterizzazione dell'impatto ondoso sulla costa: durata, direzione prevalente, contenuto energetico e flussi energetici lungo costa e perpendicolari a costa (*Pitt, 2001*), flussi sedimentari potenziali lungo costa e perpendicolari a costa (*Herbich, 2000*). Informazioni sulla mobilitazione dei sedimenti potrebbero essere ben correlate con le variazioni morfologiche delle coste osservate: spostamento delle barre ed evoluzione delle linee di riva.

Alcuni dati statistici delle mareggiate più energetiche per i tre siti del Progetto sono indicati nelle Tabelle 2, 3 e 4, rispettivamente per Sabaudia, Torre del Cerrano e Rodi Garganico.

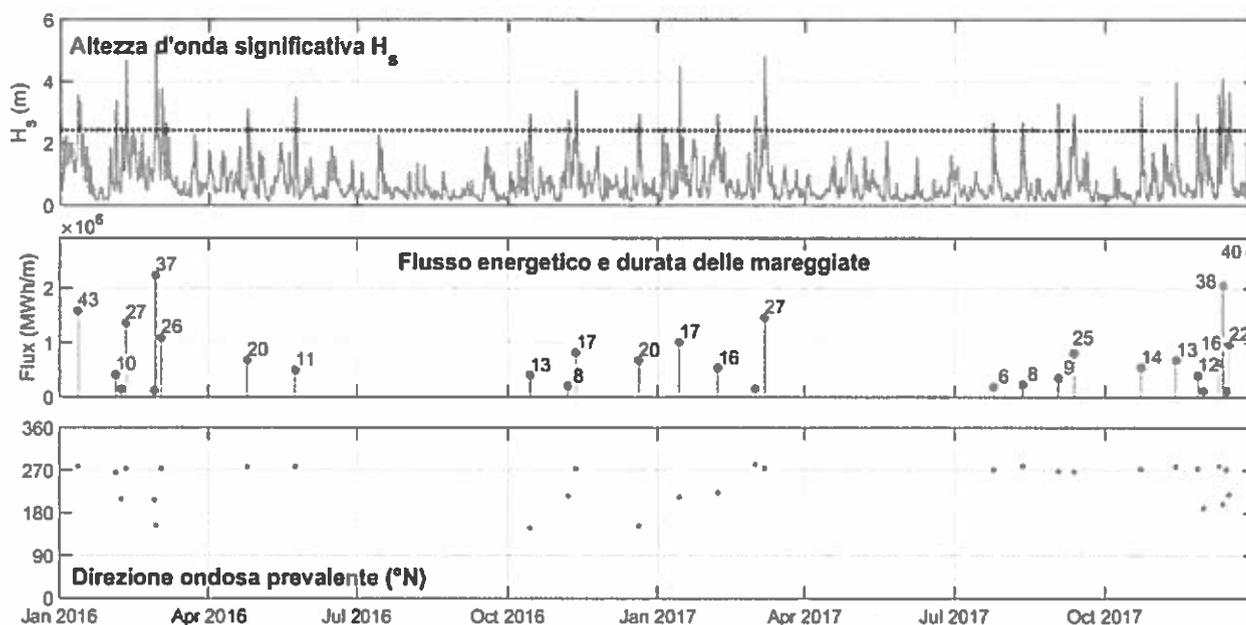


Figura 2: classificazione delle mareggiate per il sito di Sabaudia nel periodo gennaio 2016 - dicembre 2017. Pannello in alto: serie temporale di altezza d'onda significativa (linea azzurra). La soglia di mareggiata assunta per Sabaudia è indicata dalla linea tratteggiata. I record di  $H_s$ , che superano la soglia vengono classificati come mareggiata. Pannello centrale: flusso energetico e durata delle mareggiate classificate. Pannello in basso: direzione ondosa prevalente in concomitanza con il picco della mareggiata.

	data	Durata (h)	$H_s$ max (m)	Direzione (°N)	Energia (MWh/m)
1	30 ott 2018	70	4,9	219° (SSW)	$4,4 \cdot 10^6$
2	28 dic 2017	40	4,8	268° (W)	$2,6 \cdot 10^6$
3	17 gen 2018	39	4,2	269° (W)	$2,2 \cdot 10^6$

	data	Durata (h)	$H_s$ max (m)	Direzione (°N)	Energia (MWh/m)
1	15 lug 2016	43	2,9	41° (NE)	$0,9 \cdot 10^6$
2	17 gen 2016	36	3,0	332° (NNO)	$0,88 \cdot 10^6$
3	28 feb 2016	21	3,5	112° (E)	$0,71 \cdot 10^6$

	data	Durata (h)	$H_s$ max (m)	Direzione (°N)	Energia (MWh/m)
1	28 feb 2016	24	3,9	97° (E)	$0,94 \cdot 10^6$
2	17 gen 2016	43	3,0	359° (N)	$0,9 \cdot 10^6$
3	15 lug 2016	30	2,9	20° (NNE)	$0,74 \cdot 10^6$

Tabelle 2, 3, 4: alcune mareggiate significative per i tre siti del Progetto. Dall'alto in basso: Sabaudia, Torre del Cerrano e Rodi Garganico.



### **Analisi di immagini da video-monitoraggio**

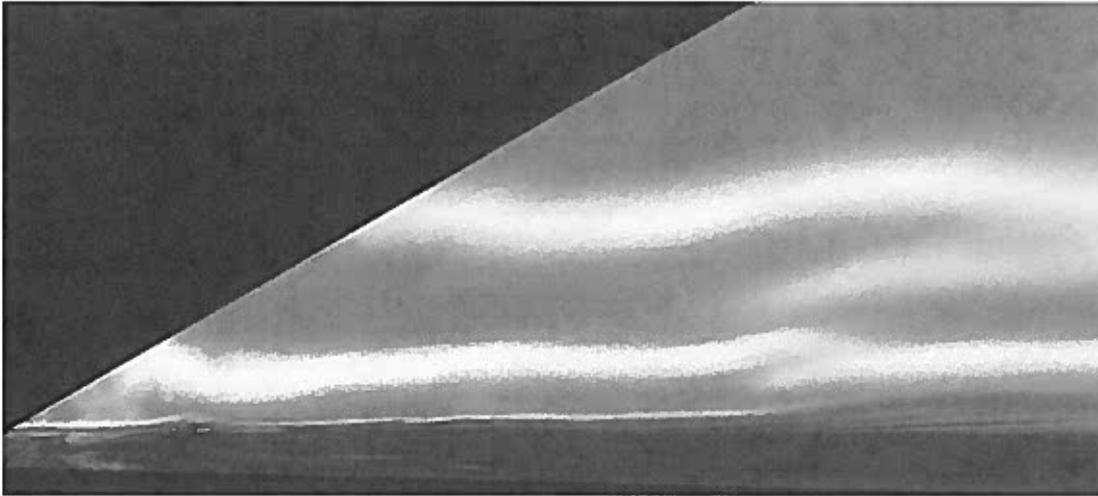
Parallelamente alla classificazione delle mareggiate, la situazione morfologica delle spiagge è stata studiata sfruttando le osservazioni fornite da apposite apparecchiature di **video-monitoraggio** costiero installate e mantenute da ISPRA.

In particolare, l'identificazione delle barre sottomarine costiere (le principali strutture di autodifesa di una costa sabbiosa non protetta artificialmente) può essere eseguita agevolmente attraverso istantanee della zona costiera. Le barre sottomarine fungono, infatti, da punto preferenziale di frangimento e dissipazione delle onde, le quali ivi sviluppano la tipica cresta di spuma bianca delle onde frangenti. La creazione di apposite immagini "mediate nel tempo" della zona costiera (i cosiddetti **timex**) consente quindi di identificare con buona precisione la posizione delle barre, che nei timex appaiono come bande di pixel bianchi (Figura 3) (*Lippmann & Holman, 1989*). Per la presente applicazione, l'algoritmo BLIM di *Van Enckevort & Ruessink (2001)* è stato utilizzato per l'identificazione delle barre attraverso l'intensità dei pixel delle immagini timex.

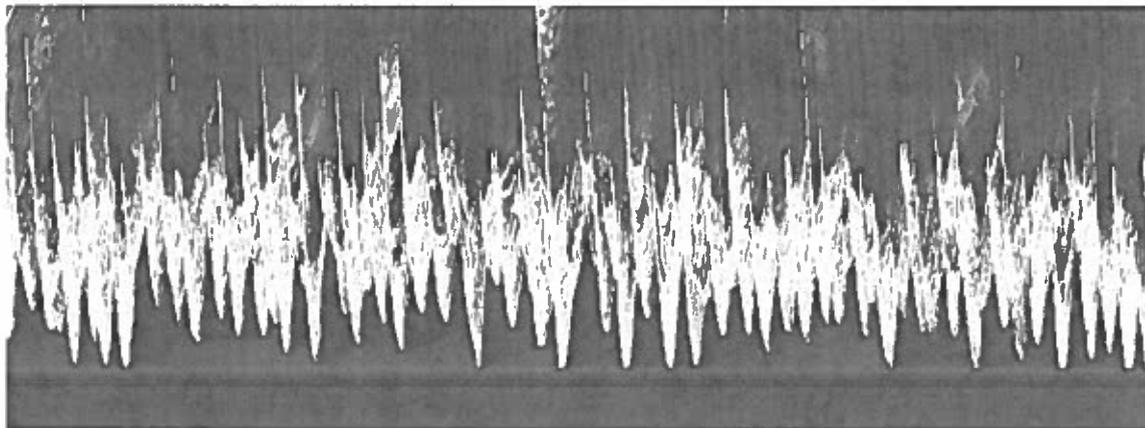
L'effettiva geolocalizzazione delle barre rispetto a un sistema di riferimento predefinito viene infine definita rettificando l'immagine timex, in modo da eliminare l'effetto prospettico della videocamera e "spalmare" il timex su un piano orizzontale corrispondente alla costa analizzata.

L'analisi di un grande quantitativo di immagini timex ha permesso di tracciare la posizione delle barre sottomarine costiere, nonché i loro movimenti in risposta alle aggressioni ondose, relativamente ai periodi di funzionamento delle stazioni.

Altro utile prodotto del video-monitoraggio è l'immagine **timestack**, che consiste in una serie temporale di ciò che la videocamera osserva ad una determinata sezione di spiaggia (Figura 4). Un timestack fornisce informazioni sull'estensione della risalita ondosa sulla spiaggia e, di conseguenza, sull'ampiezza media della spiaggia libera.



*Figura 3: immagine timex rettificata, usata per l'identificazione delle barre sottomarine lungo la costa di Sabaudia. Le barre sottomarine appaiono nell'immagine come fasce di pixel bianchi, corrispondenti alle zone nelle quali il frangimento delle onde è più frequente.*



*Figura 4: immagine timestack per una porzione della costa di Sabaudia. La risalita ondosa causata dalle onde frangenti è chiaramente visibile.*

### **Interazione tra clima ondoso e morfologia**

La conoscenza delle caratteristiche di clima ondoso e della contemporanea trasformazione della morfologia delle spiagge coinvolte nel Progetto ci ha consentito di avere un **quadro d'insieme** sulla risposta morfologica delle coste all'aggressione ondosa.

A titolo di esempio, la Figura 5 presenta un prospetto d'interazione tra mareggiate e conseguente modifica morfologica per la costa di Terracina negli anni 2017-2018. Anche tramite semplice ispezione si può osservare come un insieme di mareggiate di intensità medio-alta, accadute nel periodo invernale tra ottobre e dicembre 2017, abbia indotto un cambiamento importante nella struttura morfologica della costa di Terracina, muovendo

l'unica barra finora esistente di circa 50 m verso il largo (punti gialli nel quarto pannello di Figura 5), generando una nuova barra a ridosso della linea di riva (punti viola nel quarto pannello di Figura 5) e provocando un arretramento della linea di riva (punti azzurri nel quarto pannello di Figura 5).

La costruzione e l'analisi di quadri d'insieme delle condizioni di salute delle spiagge monitorate ci ha permesso di giungere a conclusioni interessanti. Ad esempio, si è osservato che, a fronte di eventi di mareggiata di entità rilevante, le spiagge di Sabaudia e di Torre

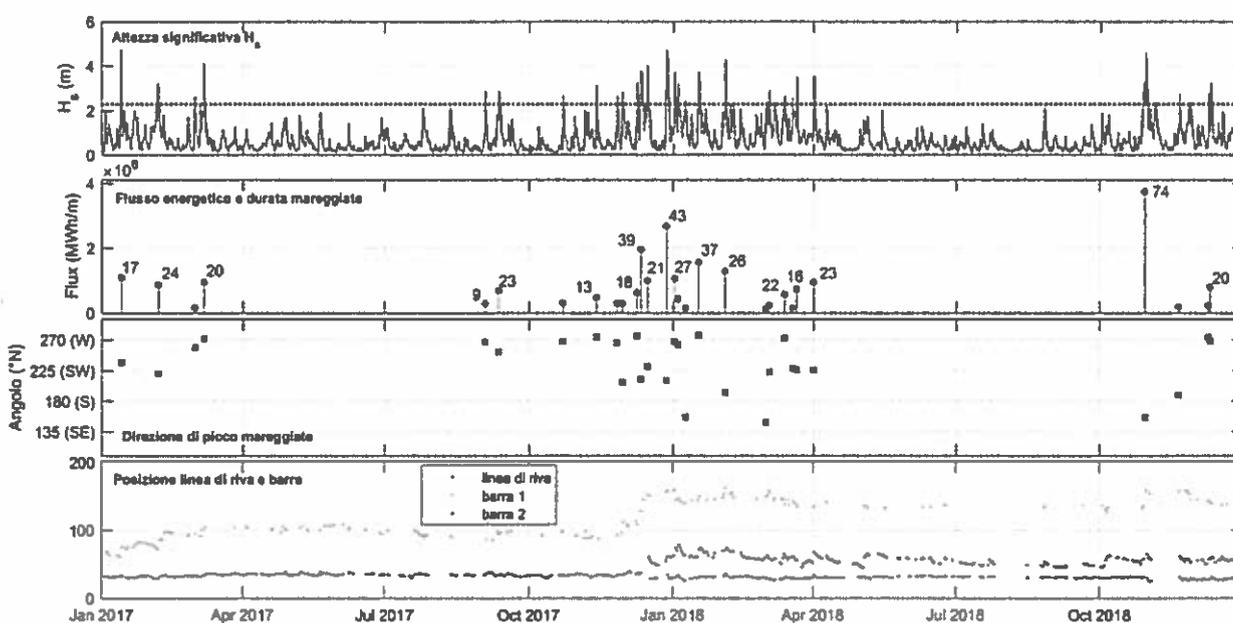


Figura 5: esempio di interazione tra clima ondoso e morfologia nel sito di Terracina tra gennaio 2017 e dicembre 2018. Primo pannello: serie temporale di altezza d'onda significativa oraria (linea azzurra). La linea tratteggiata indica la soglia adottata per la classificazione delle mareggiate. Secondo pannello: flusso energetico e durata delle mareggiate classificate. Terzo pannello: direzione ondosa prevalente al picco delle mareggiate. Quarto pannello: posizionamento delle barre sottomarine e della linea di riva.

del Cerrano non hanno sviluppato fenomeni erosivi negli ultimi anni, mantenendosi in equilibrio grazie all'effetto di protezione naturale dei sistemi di barre ad esse connesse. Queste ed altre considerazioni preliminari per il Progetto COPEMAP sono state oggetto di una recente pubblicazione scientifica (Parlagreco et al., 2019).

Il cambiamento di conformazione della struttura di barre di una costa consente, infine, di separare differenti **morfotipi** caratteristici della spiaggia in esame. Un morfotipo è identificato da una particolare struttura di barre che rimane in linea di massima costante in un arco di tempo medio-lungo. Nell'esempio in Figura 5 il cambio di morfologia accaduto a dicembre 2018 ha trasformato un morfotipo a 1 barra (posizionata tra 50 e 70 m dalla riva)



**UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE**

—  
Dipartimento  
di Ingegneria Civile,  
Edile e Architettura

**DICEA**

in un morfotipo a due barre (il cui interesse si mantiene grossomodo costante attorno ai 100 m).

E' naturale pensare che diversi morfotipi siano caratterizzati da differenti livelli di protezione costiera, e che, in generale, un morfotipo a più barre fornisca maggiore protezione rispetto a un morfotipo a una barra sola, poiché barre multiple consentono una maggiore dissipazione dell'energia ondata entrante. Nel prosieguo dell'attività di ricerca si esplorerà in maniera più approfondita l'effetto di protezione costiera delle barre, anche con l'ausilio di simulazioni numeriche.



## Sviluppi futuri

Una utile rappresentazione delle dinamiche costiere può essere ottenuta sfruttando modelli matematici di propagazione ondosa, che in virtù delle crescenti potenzialità di calcolo consentono una descrizione adeguata dei fenomeni tipici delle coste, come le trasformazioni ondose nel trasferimento dal largo alla riva, la generazione di correnti, la mobilitazione dei sedimenti.

Un esempio di un prodotto tipico di una simulazione idrodinamica è mostrato in Figura 6. Nell'esempio riportato, una onda solitaria di altezza 1.5 m è stata fatta propagare su una batimetria ricostruita a immagine di quella realmente esistente nella zona costiera di Porto Cesareo (Lecce). L'onda solitaria, che simula l'evoluzione e l'avvicinamento a riva di uno tsunami, si infrange contro la costa e provoca un allagamento di entità immediatamente misurabile come output della simulazione stessa.

Nell'ambito del Progetto di Sistema, simulazioni di propagazione ondosa con l'uso di modelli numerici di comprovata validità, come FUNWAVE (*Kirby et al, 1998*), ci permetteranno di approfondire la conoscenza sulle complesse interazioni tra forzante ondoso e conseguente evoluzione morfologica delle coste. Una volta identificati i differenti morfotipi caratteristici di ogni spiaggia (con i metodi esposti nella sezione precedente), essi possono essere "testati" a fronte di differenti forzanti di mareggiata attraverso apposite simulazioni numeriche atte a valutare la risposta della costa. Potrà essere quindi stimata l'inondazione della costa in questione, quando soggetta a un forzante ondoso di data intensità, e valutata la disponibilità di spiaggia libera in relazione a periodi di calma e di mareggiata. Potenzialmente, si potrebbero avere informazioni sulla mobilitazione del sedimento promossa dall'azione ondosa, qualora le simulazioni vengano associate ad appositi moduli morfodinamici e la loro funzionalità ed attendibilità venissero adeguatamente comprovate.

In parallelo, continueranno le attività di monitoraggio e conseguente elaborazione delle immagini, con l'obiettivo di espandere la base di conoscenza sui fenomeni dinamici delle coste e arricchire ulteriormente l'analisi proposta nel Progetto.

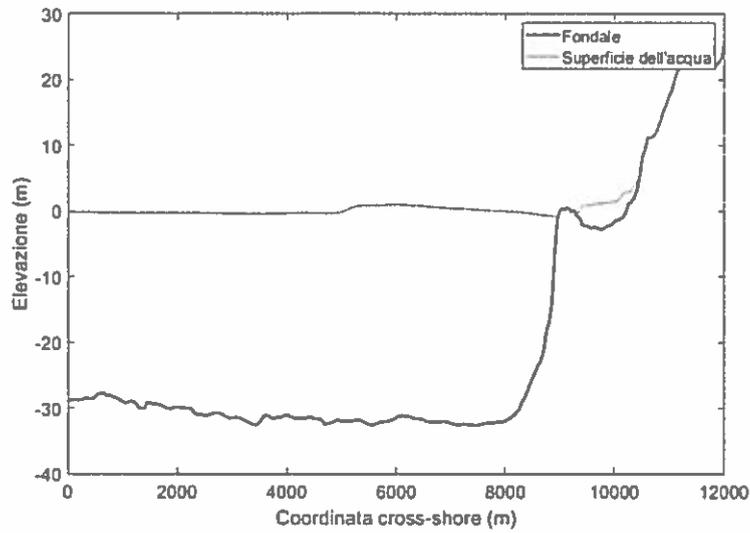


Figura 6: esempio dell'output di una simulazione numerica di propagazione ondosa sulla batimetria ricostruita della zona costiera di Porto Cesareo (Lecce).



## **Bibliografia**

Boccotti, P. (2000). *Wave mechanics for ocean engineering* (Vol. 64). Elsevier.

Van Enckevort, I. M. J., & Ruessink, B. G (2001). Effect of hydrodynamics and bathymetry on video estimates of nearshore sandbar position. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 106(C8), 16969-16979.

Herbich, J. B. (2000). *Handbook of coastal engineering*.

Kirby, J. T., Wei, G., Chen, Q., Kennedy, A. B., & Dalrymple, R. A. (1998). FUNWAVE 1.0: fully nonlinear Boussinesq wave model-Documentation and user's manual. research report NO. CACR-98-06.

Lippmann, T. C., & Holman, R. A. (1989). Quantification of sand bar morphology: A video technique based on wave dissipation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 94(C1), 995-1011.

Parlagreco, L., Melito, L., Devoti, S., Perugini, E., Soldini, L., Zitti, G., & Brocchini, M. (2019). Monitoring for Coastal Resilience: Preliminary Data from Five Italian Sandy Beaches. *Sensors*, 19(8), 1854.

Tucker, M. J., & Pitt, E. G. (2001). *Waves in ocean engineering* (No. Volume 5).

von Schuckmann, K., Le Traon, P. Y., Smith, N., Pascual, A., Brasseur, P., Fennel, K., ... & Axell, L. (2018). Copernicus marine service ocean state report. *Journal of Operational Oceanography*, 11(sup1), S1-S142.



**UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE**

—  
Dipartimento  
di Ingegneria Civile,  
Edile e Architettura  
**DICEA**

Ufficio Naturalistico  
Ente Parco Nazionale del Circeo  
Via Carlo Alberto, 188  
04016 Sabaudia (LT)

**Alla c.a. Dott.ssa Ester Del Bove**

**OGGETTO: Progetto COPEMAP – Documento di relazione delle attività svolte nel primo anno di Convenzione tra Ente Parco Nazionale del Circeo e Università Politecnica delle Marche**

—  
In ottemperanza a quanto concordato in occasione dell'incontro di aggiornamento sull'Azione di Sistema "Mappatura della protezione costiera e della resilienza litorali" di lunedì 24 giugno, allego alla presente il documento a descrizione delle attività scientifiche svolte dal Dott. Lorenzo Melito, in collaborazione con il responsabile scientifico Dott. Luca Parlagreco, nell'arco dei primi 16 mesi di Convenzione.

In attesa di ulteriori informazioni a riguardo del prosieguo del contratto di ricerca, porgo cordiali saluti.

prof. Maurizio Brocchini

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maurizio Brocchini'.

All.: c.s.

**SEDE**  
Via Breccie Bianche 12  
Monte Dago  
60131 Ancona / Italia  
[www.dicea.univpm.it](http://www.dicea.univpm.it)

**SEGRETERIA AMMINISTRATIVA**  
Tel. 071 220 4786  
Fax 071 220 4582  
email: [segr.dicea@sm.univpm.it](mailto:segr.dicea@sm.univpm.it)  
PEC [direttore.dicea@pec.univpm.it](mailto:direttore.dicea@pec.univpm.it)



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

—  
Dipartimento  
di Ingegneria Civile,  
Edile e Architettura  
**DICEA**

Spett.le Ente Parco del Circeo  
Via Carlo Alberto n. 188  
Saubaudia

— **OGGETTO:** Rinnovo Convenzione "Metodi di classificazione delle mareggiate e dei loro impatti sul sistema spiaggia"

Con la presente, si manifesta la volontà del Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Architettura dell'Università Politecnica delle Marche di rinnovare, al fine di completare le attività previste nell'azione di sistema "*Mappatura della protezione costiera e della resilienza in litorali sabbiosi afferenti ad aree protette*", alle medesime condizioni (durata: 16 mesi; contributo: Euro 26.000,00) la convenzione di cui all'oggetto stipulata tra le parti il 26/03/2018, così come da art. 3 del testo.

Si rimane in attesa di conferma scritta.

Distinti saluti.

Il Direttore DICEA  
Prof. M. Brocchini

SEDE  
Via Breccie Bianche 12  
Monte Dago  
60131 Ancona / Italia  
[www.dicea.univpm.it](http://www.dicea.univpm.it)

SEGRETERIA AMMINISTRATIVA  
Tel. 071/2204500 – 4563 – 4786 - 4528  
Email [s.bonura@univpm](mailto:s.bonura@univpm)  
PEC [direttore.dicea@pec.univpm.it](mailto:direttore.dicea@pec.univpm.it)

## RELATA DI PUBBLICAZIONE

Si attesta che la presente Delibera del Consiglio Direttivo viene pubblicata sull'Albo Pretorio on line del sito istituzionale dell'Ente Parco Nazionale del Circeo [www.parcocirceo.it](http://www.parcocirceo.it) per 15 giorni consecutivi a partire dal giorno 15/08/2019

Il Direttore dell'Ente Parco Nazionale del Circeo  
Dott. Paolo Cassola

