

SAB 09/10/2021  
ORE 10.00-17.00

IL MONUMENTO NATURALE LA FRASCA:  
L'EVOLUZIONE DELL'AMBIENTE DAL PLEISTOCENE A OGGI



# Guida del Monumento Naturale La Frasca



[Settimanaterra.org](http://Settimanaterra.org)

9<sup>a</sup> edizione  
**SETTIMANA del  
PIANETA TERRA**

IL NOSTRO FUTURO

3-10 ottobre 2021



**PLASTIC  
FREE**



# Il Monumento Naturale La Frasca: l'evoluzione dell'ambiente dal Pleistocene a oggi

---

Marco Pantaloni, Federico Araneo, Pietro Massimiliano Bianco,  
Simona Calà, Fabiana Console, Roberto Crosti, Paola La Valle,  
Paolo Moretti, Ornella Nonnis, Daniela Paganelli, Marina Pulcini

---

**ISPRA**

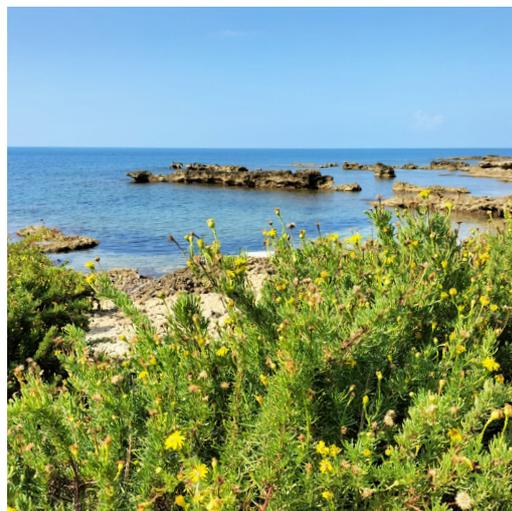
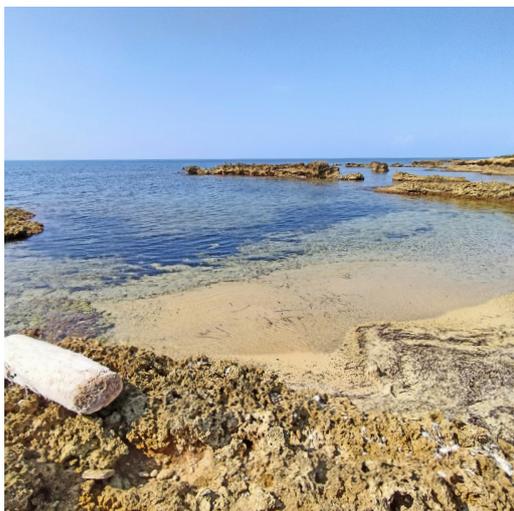
Diego Mantero, Dario Mancinella, Stefano Sarrocco,  
Maurizio Testardi

---

**Regione Lazio**

---

9 ottobre 2021



## Introduzione

Nel tratto di costa compreso fra Torrevaldaliga e Sant'Agostino, nei comuni di Civitavecchia (RM) e Tarquinia (VT), è possibile osservare uno dei più interessanti esempi di ambiente marino le cui caratteristiche paleogeografiche e paleoclimatiche del Pleistocene superiore sono tra le meglio conservate dell'intera area mediterranea.

Questa località, conosciuta come La Frasca, copre un'area di circa 74 ha ed è stata istituita Monumento Naturale con DPR L. T00162 del 29 settembre 2017, in virtù della peculiari caratteristiche forestali, naturalistiche, storico-archeologiche e paesaggistiche. Il sito è ubicato immediatamente a nord della centrale termoelettrica di Torrevaldaliga e si sviluppa per una lunghezza di circa 4 km fino all'antico borgo di Sant'Agostino (fig. 1).

Da un punto di vista geologico, il tratto costiero mantiene le caratteristiche di una spiaggia con strutture deposizionali e resti fossili tipici del mare e del clima di 100.000 anni fa.

All'interno dell'area è presente una zona di rilevante valore archeologico e paesaggistico, l'antico porto romano di Columna, ubicato su un preesistente abitato preistorico sottoposto a vincolo archeologico. Ben visibili sono i resti di una villa romana con numerosi reperti ceramici e utensili databili tra il III secolo a.C. e il III secolo d.C.

Osservando questo tratto costiero, su cui sorgono strutture romane ed edifici moderni, è possibile ricostruire l'evoluzione ambientale quaternaria, fino ad arrivare al significativo impatto ambientale provocato dalla grande centrale elettrica di Torrevaldaliga e dal vicino porto turistico e commerciale di Civitavecchia. Nonostante ciò, questo tratto costiero, relativamente isolato dal contesto industriale, man-

tiene e protegge un'importante fauna composta da rettili, anfibi, volatili e mammiferi. Inoltre, nel tratto di mare prospiciente La Frasca sono presenti habitat di pregio quali coralligeno, pozze di scogliera e praterie di *Posidonia oceanica*. La presenza di Da un punto di vista geologico, il tratto costiero mantiene le caratteristiche di una spiaggia con strutture deposizionali e resti fossili tipici del mare e del clima



**Fig. 1 - Lo sviluppo costiero del Monumento Naturale La Frasca**

di 100.000 anni fa.

All'interno dell'area è presente una zona di rilevante valore archeologico e paesaggistico, l'antico porto romano di Columna, ubicato su un preesistente abitato preistorico sottoposto a vincolo archeologico. Ben visibili sono i resti di una villa romana con numerosi reperti ceramici e utensili databili tra il III secolo a.C. e il III secolo d.C.

Osservando questo tratto costiero, su cui sorgono strutture romane ed edifici moderni, è possibile ricostruire l'evoluzione ambientale quaternaria, fino ad arrivare al significativo impatto ambientale provocato dalla

grande centrale elettrica di Torrevaldaliga e dal vicino porto turistico e commerciale di Civitavecchia (fig. 2).

Nonostante ciò, questo tratto costiero, relativamente isolato dal contesto industriale, mantiene e protegge un'importante fauna composta da rettili, anfibi, volatili e mammiferi. Inoltre, nel tratto di mare prospiciente La Frasca sono presenti habitat di pregio quali coralligeno, pozze di scogliera e praterie di *Posidonia oceanica*. La presenza di quest'ultima è testimoniata dalle banquette visibili lungo questo tratto di costa.

Importante per l'intero ecosistema è anche il ruolo della fitta pineta frangivento alle spalle della costa, che si estende per l'intera lunghezza del sito.



**Fig. 2 - La centrale elettrica di Torrevaldaliga**

## Caratteri geologici

Marco Pantaloni, *Geologia*

ISPRA Servizio Geologico d'Italia

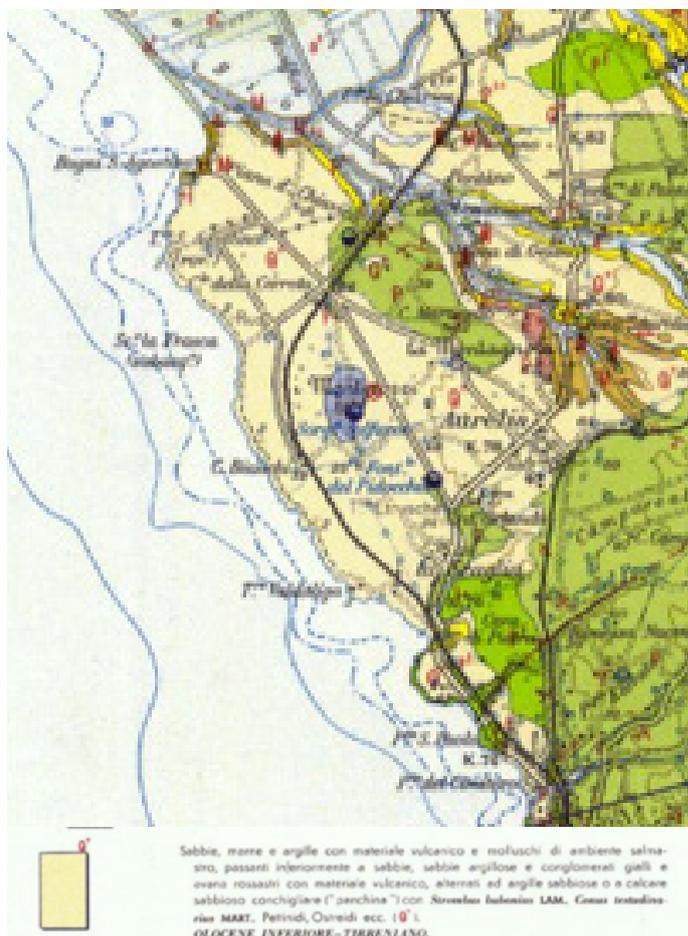
Il tratto costiero è caratterizzato dall'affioramento di sedimenti biocalcarenitici riccamente fossiliferi. Queste calcareniti, poste a quote comprese tra il livello del mare attuale e 2-3 metri, presentano una giacitura debolmente inclinata verso mare, strutture sedimentarie tipiche di un ambiente di spiaggia intertidale e terminano verso l'alto con depositi costituiti da ciottoli minuti poco elaborati, cementati da un cemento calcareo arrossato (Conato & Dai Prà, 1980).

Nel foglio 142 Civitavecchia della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1969), questi depositi vengono indicati come "[...] calcare sabbioso conchigliare ("panchina") con *Strombus bubonius* LAM., *Conus testudinarius* MART., Pettinidi, Ostreidi, ecc.", di età Olocene inferiore - Tirreniano.

Per le analogie giacaturali e per le affinità faunistiche e deposizionali, questa unità viene correlata con analoghi depositi presenti nel Golfo di Taranto (Cotecchia et al., 1969; Dai Prà & Stearns, 1977), con quelli del Circeo (Durante & Settepassi, 1977) e con i depositi presenti sulle coste della Tunisia (Paskoff & Sanlaville, 1980) e vengono quindi attribuiti al Neotirreniano (Conato & Dai Prà, 1980).

Nel settore meridionale, questi depositi poggiano su unità calcareo-arenacee di età cretacea-oligocenica, mentre a nord, dopo l'a-

bitato di Sant'Agostino, su unità calcaree e arenacee di età miocenica (fig. 3).



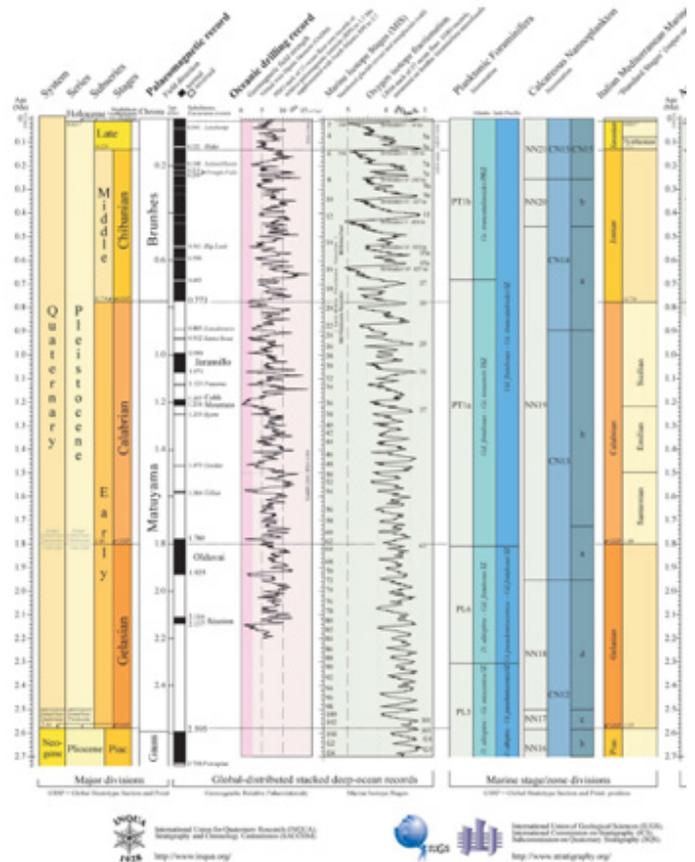
**Fig. 3 - Stralcio del foglio 142 Civitavecchia della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1969).**

Il Tirreniano è un'unità cronostratigrafica del Pleistocene superiore caratterizzata da depositi in prevalenza di ambiente costiero che contengono una fauna tipica dei mari caldi, con specie come *Strombus bubonius*, *Conus guinaicus* e *Mytilus senegalensis*, noti in letteratura come "ospiti caldi". Attualmente, il termine Tirreniano viene usato per i depositi interglaciali dello stadio isotopico 5 (Marine Isotope Stage 5 = MIS-5) ed è quindi un sottopiano del Pleistocene inferiore che copre un range temporale da circa 124.000 a 80.000 anni fa (fig. 4). La fase iniziale del MIS-5, chiamata MIS-5e e datata tra 124.000 e 119.000 anni dal presente, rappresenta l'inizio dell'ultimo periodo interglaciale prima d'ora (interglaciale Riss-Würm Auct.); durante questa fase, le temperature medie erano di circa 2 gradi superiori alle medie attuali e il livello del mare di circa 5-7 m più alto rispetto a oggi. Questo evento è marcato dalla presenza di un fossile con precisa valenza cronostratigrafica: lo *Strombus bubonius* (*Thetystrombus latus*, Gmelin, 1791).

Questo gasteropode marino, attualmente presente lungo le coste del Senegal, è vissuto nell'area mediterranea in diversi periodi geologici, in particolar modo nel Tirreniano. Le sue caratteristiche fisiologiche sono indicative di condizioni climatiche sub-tropicali; il rinvenimento di questi fossili a quote diverse dal livello del mare attuale ci può fornire indicazioni di natura geodinamica a scala regionale, come per esempio la velocità di sollevamento di una determinata area.

La caratterizzazione di dettaglio dei depositi tirreniani de La Frasca è importante per studiare il cambiamento climatico attuale, perché le temperature medie globali durante il MIS-5e erano simili a quelle previste in base ai modelli di cambiamento climatico previsto dai ricercatori.

I depositi de La Frasca, tuttavia, vengono posizionati cronologicamente nella parte alte del Tirreniano (Neotirreniano Auct.), quando le condizioni ambientali stavano deteriorando verso un clima freddo e il livello del mare stava diminuendo, portando verso la glaciazione wurmiana, la quarta e ultima del Pleistocene. Durante la fase glaciale wurmiana, il livello del mare si abbassò di oltre 120 metri a causa dell'espansione dei ghiacciai continentali, che raggiunse il suo massimo circa 18.000 anni fa.



**Fig. 4 - Schema cronostratigrafico per il Quaternario (da ICS-IUGS, 2020).**

La fine dell'ultimo periodo glaciale avvenne circa 12.500 anni fa e l'attuale fase interglaciale, non riconosciuta come tale da tutti gli studiosi, è stata interrotta nel periodo che va dal XIV sec. alla metà del XIX sec. dalla cosiddetta piccola età glaciale (PEG), durante la quale si verificarono bruschi abbassamenti della temperatura. Il periodo Tirreniano corrisponde al Paleolitico medio, che vede la presenza contemporanea dell'*Homo neanderthalensis* e dell'*Homo sapiens*. I depositi della spiaggia de La Frasca si presentano come sedimenti biocalcarenitici cementati, ricchi in fossili, organizzati in sequenze clinostratificate verso il mare comprese tra 5 e 10° tipici di un ambiente di spiaggia sommersa (fig. 5).



**Fig. 5 - Depositi biocalcarenitici clinostratificati verso mare in facies di spiaggia sommersa.**

Il contenuto fossilifero di questi depositi è particolarmente ricco e costituito da numerose specie di bivalvi, gasteropodi, alghe calcaree e coralli. Molte specie fossili sono simili a specie attualmente viventi e diffuse nell'area mediterranea.

Il sito si presta molto bene all'osservazione e alla classificazione dei fossili presenti nei depositi; per tale scopo in appendice è presente

una tavola guida per il riconoscimento.

Si ricorda che, in base alla L. 1089/39 ("Tutela delle cose d'interesse artistico o storico") è vietata la raccolta delle "cose, immobili e mobili, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnografico, compresi: a) le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civiltà [...]".

---

## I fossili de La Frasca

---

### Gasteropodi:

Tra i gasteropodi, il più comune è *Bolma rugosa* (Linnaeus, 1767), chiamato anche *Astrea rugosa*, un gasteropode della famiglia dei Turbinidi (fig. 6) che vive, anche attualmente, in tutto il Mediterraneo. L'opercolo calcareo che chiude il guscio è chiamato occhio di Santa Lucia.

*Homalopoma sanguineum* (Linnaeus, 1758) è un gasteropode di piccole dimensioni erbivoro che vive su un substrato roccioso ed è diffuso in tutto il Mediterraneo e nel Mar Rosso.

Piuttosto comune è anche il gasteropode *Cerithium vulgatum* (Bruguière, 1792) chiamato anche Torretta. E' una specie attuale, ha una forma turriculata allungata e predilige vivere in fondali rocciosi e nelle praterie a Posidonia. Nel Mediterraneo è molto comune nella zona intertidale e infralitorale fino a 30 m di profondità.

Sempre alla famiglia dei *Cerithiidae* appartiene il gasteropode *Bittium reticulatum* (Costa, 1878) che ha caratteristiche analoghe a quelle del *Cerithium*.

Della famiglia dei *Trochidae* sono diffusi i ge-



Fig. 6 - *Bolma rugosa* (Linnaeus, 1767)

neri *Jujubinus*, *Clanculus* e *Gibbula*.

La specie *Bursa scrobilator* (Linnaeus, 1758), seppure piuttosto diffusa e di grandi dimensioni, si rinviene quasi sempre erosa o frammentata.

*Haliotis tuberculata* (Linnaeus, 1758), un gasteropode piuttosto diffuso nell'area mediterranea, è conosciuto anche come orecchio di mare. La sua caratteristica è quella di avere l'interno madreperlaceo; la specie vivente si nutre di alghe e vive in fondali rocciosi fino a 15 metri di profondità.

### Bivalvi

La famiglia dei *Pectinidae* (Rafinesque, 1815) è ben rappresentata dal genere *Pecten* (O. F. Müller, 1776), molto diffuso in tutta l'area mediterranea. Nei sedimenti de La Frasca si rinviene spesso frammentato, a causa dell'alta energia dell'ambiente deposizionale durante la sua tanatocenosi.

Tra i bivalvi, *Lima lima* (Linnaeus, 1758, fig. 7) è caratteristico dei fondali rocciosi e dell'ambiente coralligeno, e vive spesso in vicinanza della *Posidonia oceanica* in fondali profondi tra pochi metri e 50 metri.

*Spondylus gaederopus* (Linnaeus, 1758) è una



Fig. 7 - *Lima lima* (Linnaeus, 1758)

specie endemica del Mediterraneo; vive con la valva inferiore (generalmente bianca) attaccata al substrato roccioso mentre quella superiore, mobile, è di colore rosso.

---

## Rodoliti

I rodoliti (dal greco per rocce rosse) sono noduli calcarei colorati, composti da alghe rosse bentoniche che, depositando carbonato di calcio all'interno delle loro pareti cellulari formano strutture dure e nodulari che assomigliano a coralli (fig. 8). Non vivono vincolati al substrato ma rotolano fino a che non si stabilizzano a causa delle loro dimensioni troppo grandi da essere mobilizzati dalle correnti. Si tratta, quindi, di noduli calcarei composti da più del 50% di materiale algale rosso corallino e da una o più specie coralline che cresce in simbiosi; vengono talvolta chiamati maërl.

Essendo organismi vegetali, producono energia attraverso la fotosintesi e quindi possono crescere e sopravvivere solo nella zona fotica del mare. Le specie più comuni di rodoliti comprendono *Lithophyllum margaritae*, *Lithothamnion muellerii* e *Neogoniolithon trichotomum*. Si ritiene che i rodoliti siano presenti negli oceani



**Fig. 8 - Rodoliti isolate nei depositi affioranti a La Frasca.**

del mondo almeno dall'Eocene, circa 55 milioni di anni fa. I rodoliti sono caratteristici delle piattaforme carbonatiche attuali e antiche in tutto il mondo essendo tra i principali produttori di sedimenti carbonatici, formando letti di rudstone o floatstone composti da rodoliti integri e loro frammenti. Inoltre, hanno un ruolo fondamentale per il bilancio globale del carbonato di calcio; i rodoliti fossili sono comunemente utilizzati per ottenere informazioni paleoecologiche e paleoclimatiche.

---

## Cladocora caespitosa

La *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1758) è la madrepora più grande del Mediterraneo ed è conosciuta anche come madrepora pagnotta per la tipica forma delle sue colonie; appartiene alla classe degli Hexacorallia (fig. 9).

I polipi di questo corallo formano colonie a cuscino e vivono in simbiosi con le zooxantelle del genere *Symbiodinium*. È una specie endemica del Mediterraneo, vive in fondali rocciosi fino a 60 metri di profondità ed è stata rinvenuta già in depositi pliocenici.



**Fig. 9 - Cladocora caespitosa**

## I fondali marini nel tratto di antistante l'area da Torre Valdaliga a Sant'Agostino

Ornella Nonnis & Daniela Paganelli – Geologia Marina

ISPRA Servizio Geologico d'Italia

L'area di La Frasca si trova all'interno dell'unità fisiografica compresa tra Capo Linaro e l'Argentario, un'ampia fascia costiera ad andamento lievemente arcuato solcata dalle foci dei fiumi Chiarone, Tafone, Fiora e Arrone.

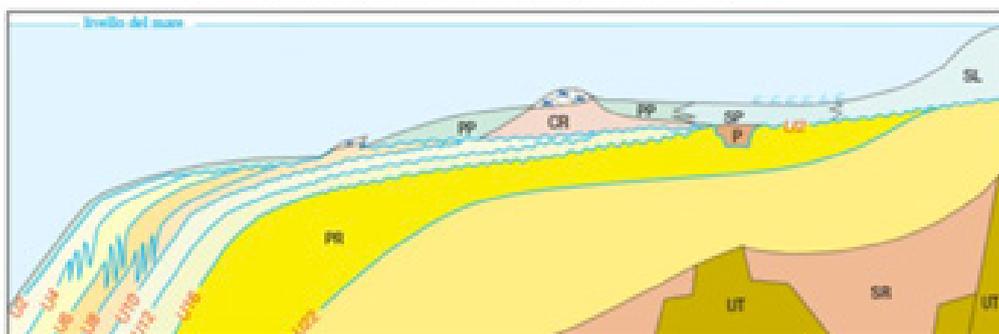
Le conoscenze sulla piattaforma continentale del Lazio settentrionale si sono sviluppate a partire dai primi anni '70, quando l'AGIP ha svolto prospezioni per esplorazione petrolifera che hanno interessato tutto il margine tirrenico e ha eseguito una perforazione nel 1976 al largo di Torre Valdaliga, su un fondale di circa 110 m (pozzo Matilde 1, profondo più di 3600 m), che ad oggi rappresenta l'unico dato profondo di sottosuolo della piattaforma continentale del Lazio settentrionale. Ulteriori studi sono stati condotti tra gli anni '70 e '90; in particolare, negli anni '90 l'Università La Sapienza di Roma e il CNR hanno eseguito studi sismostratigrafici di estremo dettaglio su tutta la piattaforma continentale laziale, che hanno consentito di definire l'evoluzione dei fondali negli ultimi 20.000 anni, di ricostruire l'assetto strutturale e sismostratigrafico e di individuare depositi potenzialmente sfruttabili per interventi di risascimento (Chiocci & La Monica, 1996; 1999; Tortora, 1996; Chiocci, 2000).

Nel settore in esame la piattaforma continentale, ovvero la parte sommersa dei continenti che si estende con una pendenza molto bassa dalla linea di costa fino a circa 180/200 m di profondità, si inquadra nella transizione tra Tirreno centro-meridionale e Tirreno settentrionale. Infatti, le piattaforme campane e

del Lazio centro-meridionale presentano una maggiore pendenza, un ciglio ben definito e una scarpata continentale frammentata da bacini delimitati da dorsali o da seamount; la piattaforma toscana presenta invece una maggiore estensione e una minore acclività, con un ciglio mal definito e una scarpata continentale interrotta da bacini ampi e poco profondi, digradanti l'uno nell'altro.

A nord di Capo Linaro, le prospezioni di sismica ad alta penetrazione hanno rilevato, al di sotto di una potente serie clinostratificata plio-pleistocenica, una strutturazione del basamento in scaglie tettoniche vergenti verso N-NE, costituite da terreni flyschoidi in facies liguride. Queste unità geologiche precedenti l'ultimo ciclo eustatico e costituenti la piattaforma continentale, dalle più giovani presenti in piattaforma esterna alle più antiche presenti in piattaforma interna, sono troncate al tetto da una netta inconformità erosiva a morfologia estremamente regolare (Figura 1). Questa è stata interpretata, per conformità a quanto osservabile in tutte le piattaforme continentali (è ricostruibile a scala globale), con l'ultima fase di caduta, basso stazionamento e risalita del livello del mare, causate dall'ultima grande glaciazione (periodo würm, acme circa 20-18.000 anni fa). Con la massima espansione dei ghiacciai wurmiani il livello del mare ha raggiunto una quota di circa -120 m rispetto all'attuale, lasciando completamente scoperta la piattaforma continentale e creando una superficie di erosione.

### SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI A MARE



- SL: sabbie litorali attuali (Olocene)
- SP: sedimenti paludosi (Olocene)
- PP: peli di piattaforma (Olocene)
- CR: cordoni litorali relitti (Olocene)
- P: riempimento di paleovalle (Olocene)
- UT: unità tettonizzate (?-Oligocene)
- SR: unità di silt (Messiniano - Pliocene inf.)
- UT: unità tettonizzate (?-Oligocene)
- limi di sequenza con caratteri eroivi
- limi di sequenza caratterizzati da canalizzazioni subaigue
- UT: limi di sequenza deposizionale

Fig. 1 - Schema dei rapporti stratigrafici a mare (tratto dal foglio 353 Montalto di Castro della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, <https://www.isprambiente.gov.it>)

## Variazione livello marino

L'altezza del livello del mare non è costante nel tempo, ma varia su scala globale in funzione dell'aumentare o del diminuire del volume di acqua disponibile negli oceani: questa variabilità dipende essenzialmente dalle oscillazioni climatiche indotte dalle periodiche variazioni dei parametri orbitali del pianeta. A una diminuzione della temperatura media sulla Terra corrisponde una contrazione del volume delle acque oceaniche e un aumento di quello dei ghiacci "perenni" (le cosiddette fasi glaciali); nei periodi con temperature medie più alte (le fasi interglaciali) parte della calotta glaciale fonde originando un conseguente aumento dei volumi d'acqua disponibili.

Siamo a conoscenza delle variazioni del clima e del livello del mare in epoche geologiche grazie alle tracce rinvenute ad esempio sulle conchiglie. Le oscillazioni climatiche avvenute nel corso del Quaternario (ultimi 2 milioni di anni circa della storia della Terra) sono "registrate" con buona risoluzione nel guscio dei foraminiferi planctonici accumulati nei fondali oceanici (informazioni dedotte dall'andamento dei rapporti isotopici dell'ossigeno che compone il guscio), ben correlabili, almeno per gli ultimi 400.000 anni, con i cicli astronomici proposti da Milankovitch già agli inizi del novecento. Sedimenti di spiaggia, solchi di battigia e incrostazioni su speleotemi in grotte sommerse hanno permesso di ricostruire con una certa accuratezza la curva di oscillazione del livello marino a partire dall'ultimo interglaciale

(stadio 5e, corrispondente a circa 125.000 anni fa). A quel tempo, il livello medio del mare era a circa +7 metri rispetto all'attuale. Poi è sceso rapidamente durante le successive fasi fredde, fino a portarsi a -120 metri durante l'ultimo picco freddo, intorno a 20.000 anni fa. Il riscaldamento climatico iniziato circa 15.000 anni fa ha determinato una veloce risalita del mare, particolarmente brusca all'inizio dell'Olocene (10.000 anni da oggi), fino a portarsi a livelli prossimi agli attuali intorno a 6.500 anni fa. A tale risalita è tra l'altro da attribuirsi lo sviluppo del mito del diluvio, così diffuso tra i popoli agli albori della civiltà (per esempio, Bibbia e saga di Gilgamesh). Dall'epoca greco-romana a oggi, la risalita residua (80 - 100 cm) è proseguita con tassi sempre più decrescenti, fino alla sostanziale stasi odierna. Senza entrare qui nell'acceso dibattito sull'attendibilità scientifica delle previsioni a breve-medio termine inerenti all'evoluzione climatica a scala globale, va sottolineato che in tale evoluzione l'influenza antropica interagisce con potenti fattori naturali, come evidenziato dalle oscillazioni climatiche sopra citate. Le previsioni sulla risalita del livello del mare nel corso dei prossimi decenni sono condizionate dalle obiettive difficoltà di interpretare adeguatamente un sistema così complesso.

Tratto da: <https://www.isprambiente.gov.it>

La superficie di erosione würmiana (inconformità U2) è il limite basale della Sequenza Deposizionale Post-glaciale (SDP) e presenta

una morfologia estremamente piatta e regolare con profonde incisioni in corrispondenza degli antichi alvei fluviali, attivi durante le fasi di emersione della piattaforma continentale nei periodi glaciali. Si tratta in re-

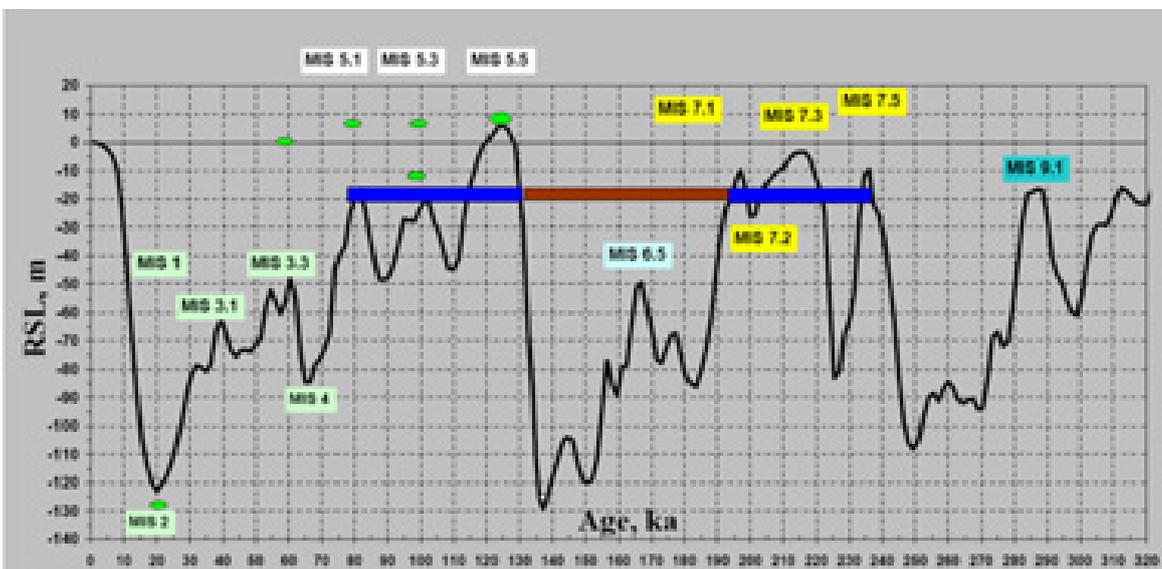


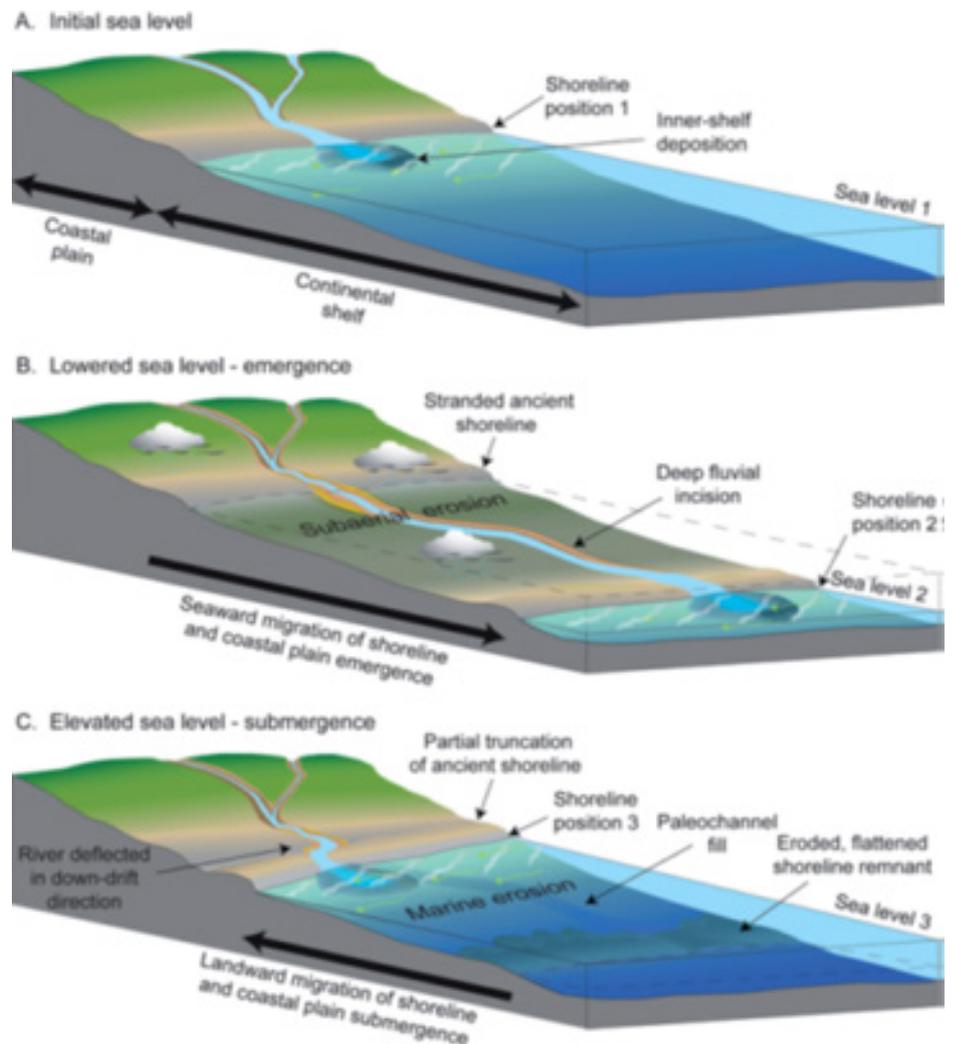
Fig. 2 - Global sea level curve with observational data in stable areas (green ballon) and Argentarola marine (blue) continental (Brown) layers. Da Antonioli (2012)

altà di una superficie poligenica (Figura 3) in quanto: 1) si è formata durante le fasi di deterioramento climatico che hanno portato all'ultima glaciazione (120-20.000 anni fa), per il passaggio della linea di riva in regressione forzata dalla caduta eustatica; 2) è rimasta emersa e quindi esposta all'azione degli agenti esogeni subaerei per tutta la durata della glaciazione würmiana ed infine 3) è stata erosa nuovamente al passaggio della linea di riva trasgressiva nel corso della rimonta eustatica versiliana. Tutti e tre i processi sono avvenuti in tempi diversi nei diversi settori della piattaforma.

Sulla piattaforma continentale del settore in esame, la Sequenza Deposizionale Post-glaciale (SDP) è essenzialmente costituita dall'insieme dei depositi trasgressivi e di alto stazionamento. I depositi di regressione forzata e di basso stazionamento relativi all'ultimo ciclo eustatico si sviluppano invece sulla scarpata continentale e nelle aree bacinali.

Le unità deposizionali trasgressive costituiscono l'insieme dei depositi messi in posto durante la rimonta eustatica versiliana, avvenuta tra 18.000 e 6.000 anni fa, e prevalentemente costituiti da depositi litorali e, subordinatamente, da depositi lagunari/palustri all'interno dei paleoalvei. In realtà sulle piattaforme tirreniche i depositi trasgressivi sono in genere estremamente ridotti o assenti, tranne che in situazioni particolari. Infatti, la trasgressione versiliana ha avuto un carattere essenzialmente non deposizionale, con costante rimobilizzazione dei prismi litorali verso il continente.

Uno dei caratteri salienti della zona compresa tra l'Argentario e Capo Linaro è la presenza di un gran numero di forme erosive canalizzate (con andamenti e sezioni variabili) sepolte all'interno della piattaforma continentale in-



**Fig. 3 - A. Tempo 1: Piattaforma continentale (Continental shelf), terra emersa (Coastal plain) e posizione della linea di riva (Shoreline position); B. Tempo 2: spostamento verso mare della linea di riva che produce l'emersione della piattaforma; C. Tempo 3: spostamento verso terra della linea di riva. (da Pennetta et al., 2013)**

terna e intermedia. Tali forme sono interpretabili come alvei fluviali attivi durante i periodi di basso stazionamento eustatico (paleoalvei), quando il livello del mare era circa 100-120 m più basso di quello attuale e la piattaforma era per gran parte emersa e soggetta all'azione degli agenti meteorici (Figura 3). Il riempimento dei paleoalvei appare essere essenzialmente di natura trasgressiva, con depositi formati a seguito dell'impaludamento della parte terminale delle aste fluviali causata dalla risalita eustatica nell'intervallo compreso tra 12.000 e 8.000 anni fa.

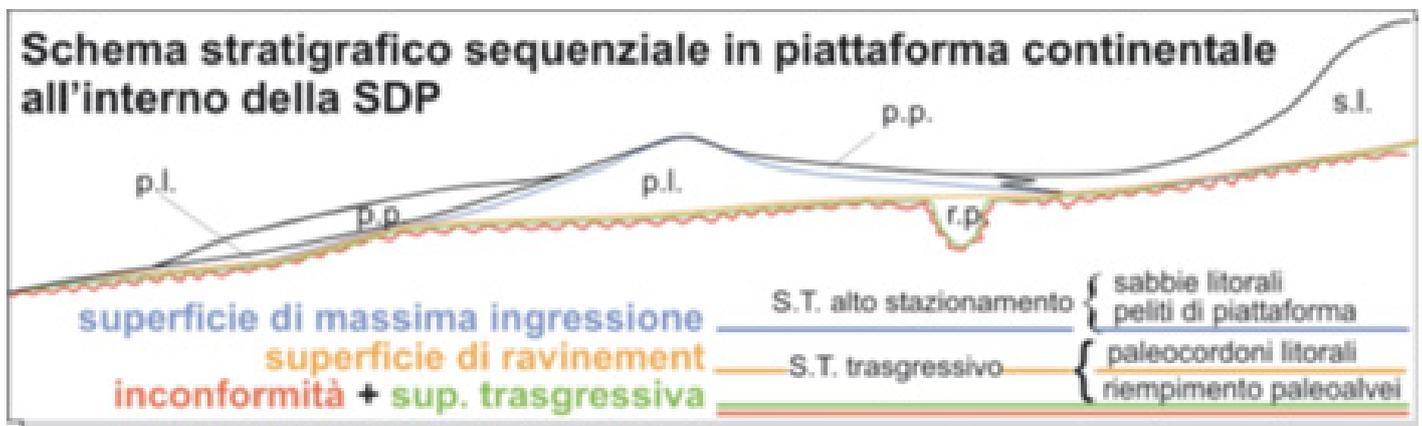
A seguito della stabilizzazione del livello del mare, avvenuta gradualmente tra 8.000 e 6.000 anni fa, si sono messi in posto i depositi di alto stazionamento; a partire da questo momento, per il variare del regime eustatico e climatico, divengono attivi i diversi sistemi de-

posizionali, attualmente presenti sulla piattaforma.

Lungo costa quindi è iniziata una progradazione con accrescimento dei depositi verso il largo che ha dato luogo alle attuali pianure costiere oloceniche e ai cunei litorali. In piattaforma è invece iniziata (o proseguita nelle parti più profonde) la deposizione delle peliti la cui dispersione avviene ancora oggi a partire dalle fonti di immissione (foci fluviali) ad opera della corrente geostrofica.

Da costa verso largo si può quindi osservare il sistema delle sabbie litorali che comprende i sedimenti sottoposti all'azione dei frangenti in maniera permanente o saltuaria, e che è articolato in tre sottosistemi: dunare, di spiaggia emersa e di spiaggia sottomarina. Proseguendo verso largo, nelle aree interessate dalla presenza di praterie di fanerogame marine, come la *Posidonia oceanica*, si possono osservare fondi, o canali intramatte, costituiti da sabbie detritico-organogene. Nelle zone più esterne della piattaforma è infine presente una spessa copertura pelitica (fino a 8 m) di deposizione

attuale, che nella piattaforma interna ed intermedia tende ad assottigliarsi, con spessori massimi di 4-5m e la pelite si presenta per lo più amalgamata con i sedimenti relitti, a formare il sistema deposizionale dei sedimenti palinsesti. La frazione pelitica è prevalentemente limosa nelle aree più interne della piattaforma, dove la sedimentazione è influenzata dagli apporti fluviali, e in prossimità dei corpi relitti presenti nell'immediato sottofondo, dove l'attività di organismi bentonici è in grado di rimiscolare il sedimento di fondo, mentre nelle aree più esterne la componente prevalente è argillosa. Infine, in alcuni settori, sono presenti depositi litorali trasgressivi, a volte affioranti sul fondo del mare, dove sono in genere incrostanti da coralligeno, a volte sepolti sotto spessori variabili di peliti di piattaforma o di sedimenti palinsesti (Figura 4). I cordoni litorali relitti, ubicati a batimetria abbastanza costante, si sviluppano parallelamente all'attuale costa per diverse decine di km e in questo settore si rinvengono tra i 30 e i 40 m e tra i 60 e i 70 m di profondità.



**Fig.4 - Rapporti tra le superfici all'interno della sequenza deposizionale post glaciale. p.p: peliti di piattaforma; p.l.: paleocordoni litorali; r.p.: riempimento di paleoalvei; s.l.: sabbie litorali. Tratto da Carta geologica d'Italia, Foglio 354 Tarquinia.**

### **Sabbie relitte e ripascimenti nel Lazio settentrionale: il caso del deposito localizzato al largo di Montalto di Castro (VT)**

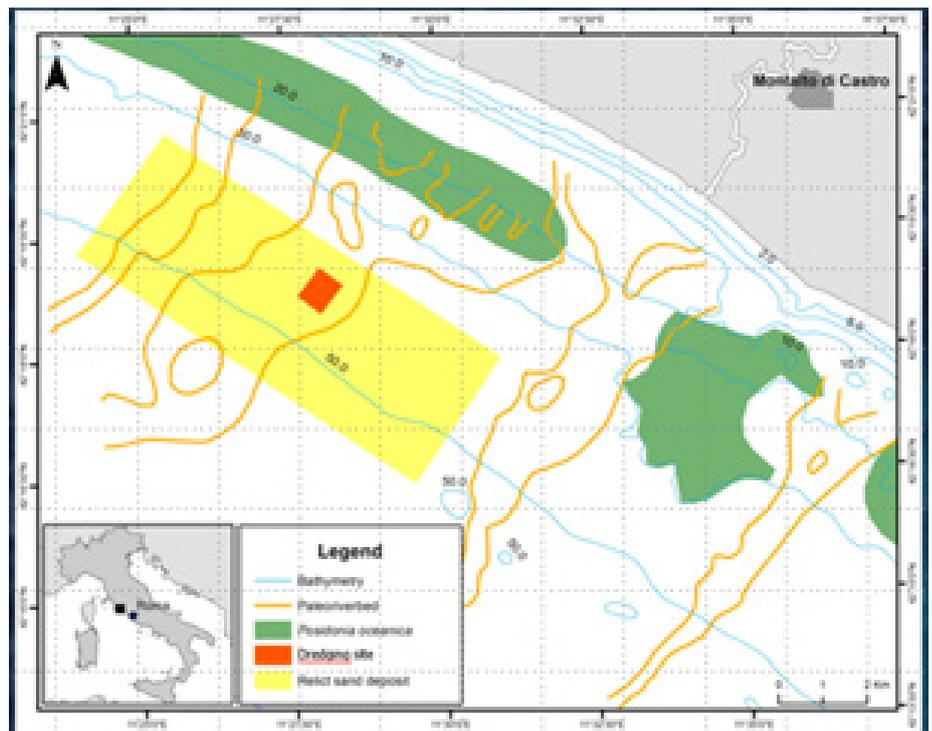
L'area di piattaforma continentale prospiciente le coste del Lazio settentrionale è caratterizzata da un'importante complessità geologica, con presenza di paleoalvei e strutture rocciose, sedimenti sabbioso-relitti sub-affioranti o ricoperti dalle peliti di piattaforma. In particolare, nell'area di interesse è presente il paleoalveo del Torrente Tafone, caratterizzato da forma sinusoidale e andamento morfologi-

co regolare, con isobate subparallele alla linea di costa (Figura 1). Proprio in questo settore, circa 3,5 MN al largo, tra i 35 e i 55 m di profondità, è presente un deposito di sabbie relitte che nel passato, tra il 2004 e il 2005, è stato interessato da più interventi di dragaggio, finalizzati al recupero di sedimenti sabbiosi per il ripascimento delle spiagge di Tarquinia (VT) e di Ostia (RM).

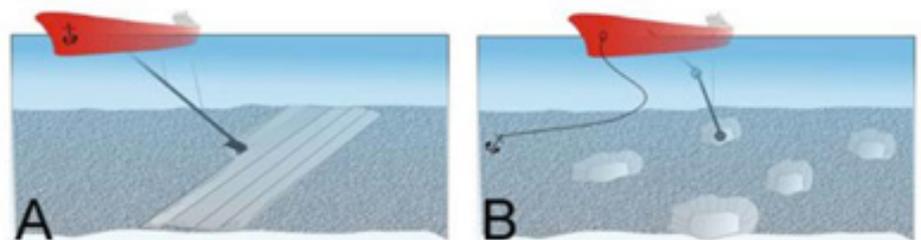
Il primo dragaggio è stato effettuato nel 2004, utilizzando una draga stazionaria (Figura 1), e ha prodotto sul fondo un insieme caotico di depressioni di forma subcircolare, di larghezza e profondità variabili (da 1 a 9 m). L'assetto caotico registrato sul fondo è stato probabilmente dovuto a un'esecuzione dei lavori di dragaggio "non ottimale". Infatti la draga, che in fase di dragaggio avrebbe dovuto ormeggiarsi con più ancore (almeno 3), al fine di posizionare correttamente di volta in volta la testa dragante sul fondo, è stata ormeggiata con la sola ancora di prua, con la conseguente difficoltà di posizionare e mantenere la testa dragante nelle posizioni predefinite. Successivamente nel 2005, in un sito contiguo, sono stati eseguiti due dragaggi mediante draga semovente (Figura 2), che invece hanno comportato un approfondimento abbastanza regolare del fondo, dell'ordine di 4-5m, con solchi allungati in direzione NO-SE.

Si può osservare chiaramente come l'impiego dei due diversi tipi di draga abbia dato luogo a una notevole diversità morfologica: l'area dragata con il sistema stazionario presenta un fondo caotico con continue e repentine variazioni di quota, mentre il fondo dragato con la draga semovente presenta minori asperità del fondo (Figura 3).

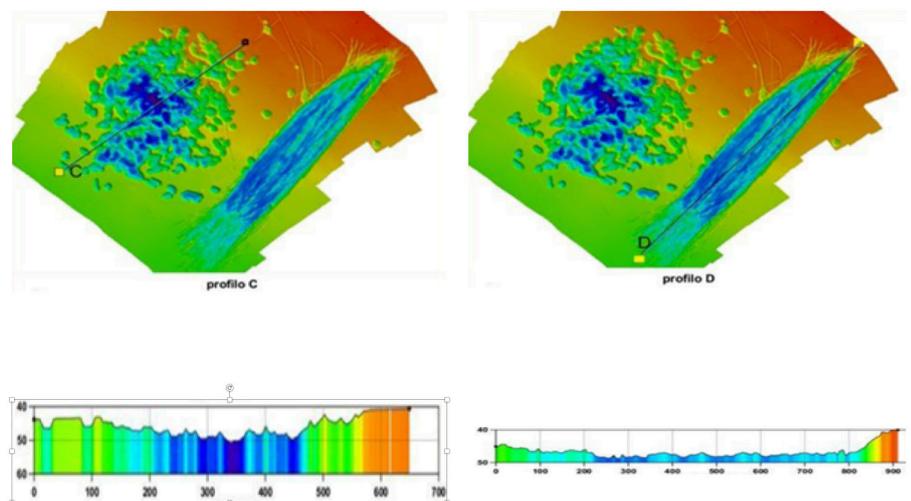
Nell'area dragata al largo di Montalto di Castro (VT), così come negli altri siti dragati nel mar Tirreno centrale, le alterazioni indotte sulla morfologia e sulla batimetria del fondo risultano ancora im-



**Fig.1 - Rapporti tra le superfici all'interno della sequenza deposizionale post glaciale. p.p: peliti di piattaforma; p.l.: paleocordoni litorali; r.p.: riempimento di paleoalvei; s.l.: sabbie litorali. Tratto da Carta geologica d'Italia, Foglio 354 Tarquinia.**

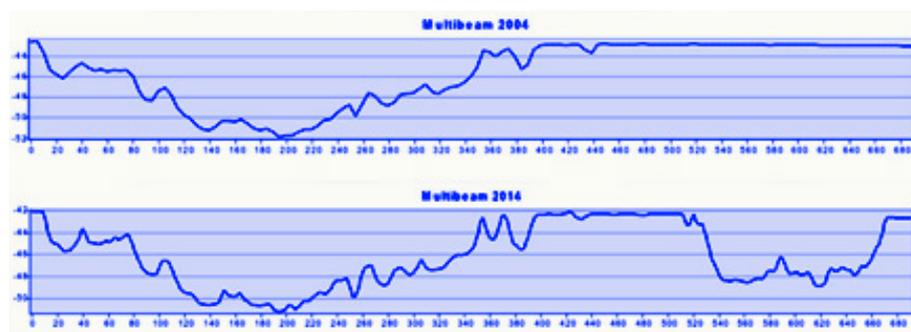


**Fig.2 - Effetti sul fondo delle diverse tecniche di dragaggio: (A) draga stazionaria; (B) draga semovente.**



**Fig.3 - Confronto tra le diverse morfologie generate dal dragaggio con draga stazionaria del 2004 (profilo C) e quello con draga semovente del 2005 (profilo D). Altezze e lunghezze sono espresse in m, ma non sono in scala (da ISPRA, 2015)**

mutate a 10 anni dal dragaggio (ISPRA, 2015) (Figura 4); la scarsa evoluzione morfologica dei fondali dragati è da ricondurre alle grandi profondità in cui tali depositi sono generalmente localizzati (a profondità maggiori di quelle alle quali è possibile risentire gli effetti del moto ondoso). In generale, il dragaggio di sabbie relitte, condotto al largo di Montalto di Castro (VT), si inquadra nell'ambito degli interventi messi in atto per contrastare i fenomeni correlati all'arretramento della linea di riva, che costituiscono oggi un grave problema non solo per la perdita della "risorsa spiaggia", ma anche per la perdita di paesaggio naturale, con possibili ripercussioni su habitat e specie sensibili. Si stima che attualmente i fenomeni erosivi colpiscano il 15% delle coste europee, mentre in Italia si valuta che circa un quarto delle coste basse sia in erosione. Storicamente per recuperare e/o proteggere i litorali in erosione, le tecniche utilizzate prevedevano la realizzazione di opere rigide (pennelli e barriere), con più limitati interventi di ripascimento[1] utilizzando sabbie di diversa provenienza, principalmente cave terrestri e, più recentemente, marine (foci fluviali, porti, sabbie relitte). Uno dei grandi vantaggi dell'utilizzo delle sabbie relitte ai fini di ripascimento consiste nel poter disporre di grandi quantitativi di sabbia "a basso costo", anche se, affinché un deposito di sabbie relitte abbia un reale interesse minerario, oltre alla buona qualità del sedimento (che deve essere privo di contaminazione), devono essere soddisfatte le seguenti condizioni (Nicoletti et al., 2006): idonea granulometria della sabbia; deposito affiorante o con limitata copertura pelitica (<3-4 m); localizzazione in aree con profondità inferiore ai 100 m; cubature significative, dell'ordine di grandezza del milione di m<sup>3</sup>; assenza di formazioni incrostanti in superficie. E' inoltre fondamentale verificare la presenza nelle vicinanze del deposito di habitat sensibili e/o protetti che potrebbero subire



**Fig.4 - Confronto tra i rilievi multibeam condotti nel 2004 (risoluzione di 5m) e nel 2015 (risoluzione di 1m), da ISPRA (2015)**

gli effetti dello sfruttamento del deposito sabbioso.

E' ormai noto che il dragaggio delle sabbie relitte, anche se ben condotto, può indurre effetti non trascurabili sull'ambiente. Tra questi si annoverano la creazione di buche e depressioni sul fondo, la variazione delle caratteristiche del sedimento presente sul fondo, l'aumento temporaneo della torbidità lungo la colonna d'acqua (con diminuzione della penetrazione della luce), nonché possibili effetti sulle comunità bentoniche[2], e sui popolamenti ittici demersali, anch'essi strettamente associati al fondo. ISPRA a tal riguardo, ha condotto numerosi studi ambientali nella quasi totalità degli interventi di dragaggio effettuati nel territorio nazionale (al largo di Montalto di Castro, di Anzio, di Torvaianica, di Ravenna e di Civitanova Marche). La grande mole di dati raccolti ha permesso di mettere a punto un protocollo di monitoraggio ambientale specificatamente dedicato alle attività di dragaggio ai fini di ripascimento (Nicoletti et al., 2006; 2009), successivamente aggiornato per l'area di dragaggio (Nicoletti et al., 2018).

Dal 1997 al 2014, nei mari italiani, sono stati dragati ai fini di ripascimento, un totale di circa 19,8 milioni di m<sup>3</sup> di sedimento (MATTM-Regioni, 2018).

[1] Il ripascimento consiste nella ricostruzione della spiaggia erosa mediante l'impiego di materiale sabbioso idoneo. Il sedimento viene portato sulla spiaggia dove viene sversato in corrispondenza della battigia, per poi venire preso in carico dal moto ondoso che provvederà a modellare il nuovo profilo di equilibrio della spiaggia.

[2] Le comunità bentoniche sono associazioni di animali e vegetali che vivono a contatto con il fondo, o che a esso sono strettamente legate, da relazioni trofiche ed ecologiche

---

---

## Vegetazione del Monumento Naturale La Frasca

Pietro Bianco & Roberto Crosti – Botanica  
ISPRA

---

---

Come buona parte del territorio costiero italiano il tratto indagato e la sua componente vegetale sono fortemente condizionati dalla presenza umana che ne ha modificato l'assetto originario. Attualmente le pressioni più rilevanti: utilizzo a fini ricreativi delle aree prative e forestali, realizzazione strade con relativo transito di automezzi, utilizzo pastorale delle superfici prative.

Sopravvivono tuttavia significativi esempi di comunità vegetali naturali e prossimo-naturali tipiche del Lazio costiero settentrionale. Il mosaico vegetazionale attuale è caratterizzato dall'alternanza tra comunità prative, spesso (potenzialmente) ad elevata diversità floristica, habitat secondario condizionato dagli usi e pressioni passati e presenti, comunità di macchia e gariga mediterranea, e nuclei di vegetazione alofla degli ambienti rocciosi costieri.

Queste ultime rappresentano in particolare un aspetto peculiare dell'area in esame.

Sono presenti anche popolamenti artificiali di conifere. Sono state individuate alcune cenosi riferite (Salerno, 2020) ad habitat individuati ed elencati nella Direttiva 92/43 (Direttiva del Consiglio d'Europa del 21 maggio 1992 detta, appunto "Habitat" e relativa alla "Conservazione degli habitat naturali e semi-naturali e della flora e della fauna selvatiche").

L'area del Monumento Naturale si estende per quasi 30 ettari di cui 10,5 ettari occupati dalla pineta, circa 5,12 ettari da aree cespugliate (11,4%) e 14,35 ettari da aree a prevalenza di vegetazione erbacea e da viabilità (Bosa, 2020). Il decreto istitutivo del Monumento Naturale del 29 settembre 2017 si trova al seguente link: [https://www.parchilazio.it/documenti/schede/bur\\_2017\\_82la\\_frasca.pdf](https://www.parchilazio.it/documenti/schede/bur_2017_82la_frasca.pdf)

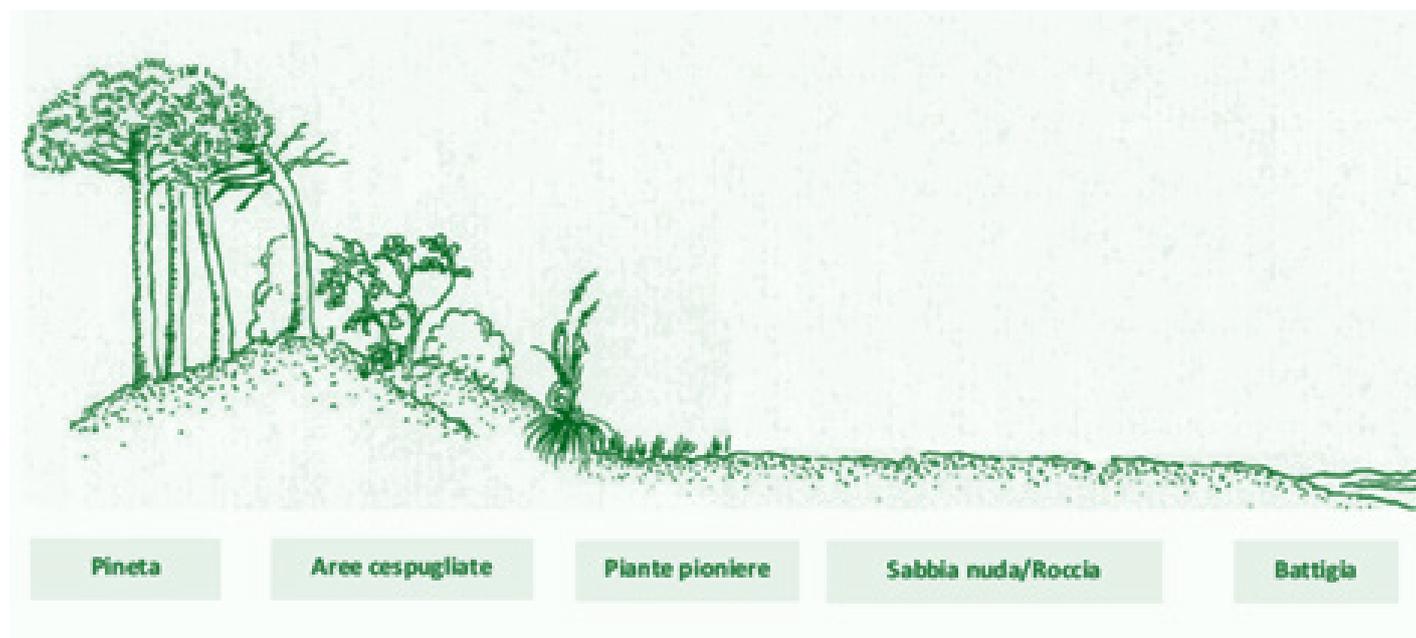


Fig. 1 - Transetto ideale della vegetazione del Monumento Naturale la Frasca ISPRA (2015)

### Comunità prative

Gli aspetti di maggior rilievo naturalistico sono riferibili all'habitat d'interesse comunitario (prioritario) "6220\*: Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*". Si tratta di praterie xerofile e discontinue a dominanza di specie annuali, su substrati di varia natura spesso pascolati, periodicamen-

te incendiati o soggetti ad erosione. Si tratta di una vegetazione secondaria riconducibile all'attività antropica e al degrado del suolo che impediscono l'evoluzione verso formazione vegetali maggiormente complesse dal punto di vista strutturale.

A questo habitat possono essere riferite tipologie molto diversificate per ecologia, struttura,

fisionomia e composizione floristica, alcune di grande pregio naturalistico, ma anche aspetti ad ampia diffusione e conseguenti a usi del suolo intensivi e ad elevato impatto (Biondi et al., 2009).

Le formazioni a maggiormente caratteristiche e ad elevata biodiversità sono presenti principalmente in corrispondenza delle radure della macchia o in siti poco disturbati. Dai campionamenti effettuati risulta che tali praterie tero-

fitiche mediterranee.

Sono caratterizzate oltre che da specie annuali quali *Briza maxima*, *Triticum vagans* (= *Aegilops geniculata*), *Trifolium angustifolium*, *T. scabrum*, *Hypochoeris achyrophorus*, *Nigella damascena* e dall'orchidea *Serapias vomeracea*. Su suoli più acidi si arricchiscono di *Trifolium subterraneum*, *T. cherleri* e *Hymenocarpus circinnatus*.



*Briza maxima* (sonaglini maggiori)



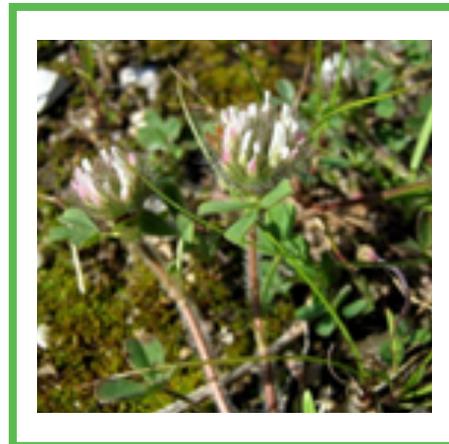
Prateria a dominanza di *Triticum vagans* (Cerere comune, Syn. *Aegilops geniculata*)



*Hypochoeris achyrophorus* (Costolina annuale)



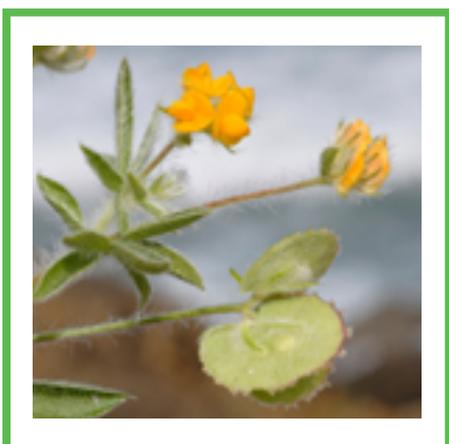
*Trifolium scabrum* (Trifoglio scabro)



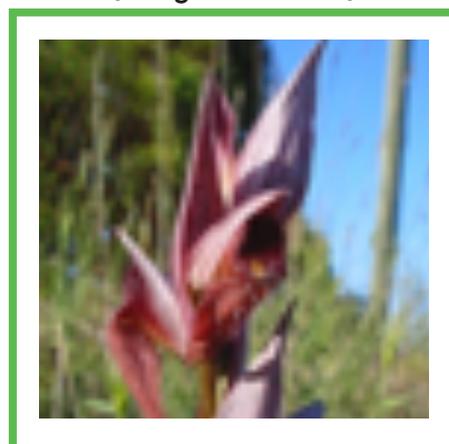
*Trifolium Cherleri* (Trifoglio di Cherler)



*Trifolium angustifolium* (Trifoglio a foglie strette)



*Hymenocarpus circinnatus* (Cornicina)



*Serapias vomeracea* (Serapide maggiore)



*Nigella damascena* (Fanciullaccia)

Calpestio, passaggio e permanenza di mezzi a motore determinano una diminuzione un "selezione" delle specie e una rarefazione della superficie vegetata, fino al suolo nudo, con ingressione di specie selezionate grazie al disturbo come ad esempio le Piantaggini (*Plantago* sp.pl.)

Lo stanziamento di bestiame con conseguente calpestio, transito, concentrazione di deiezioni determina invece forme di degrado caratterizzate dall'abbondanza di specie nitrofile, cioè di suoli particolarmente ricchi di nutrienti quali *Hordeum murinum*, *Silene alba*, *Calendula arvensis*.

Nelle aree più degradate sono previsti interventi mirati alla ricostituzione arbustiva per rafforzare l'effetto cuscinetto a protezione dei venti marini e salsedine, la ricostituzione arborea ad integrazione della pineta in atto, ed una serie di accorgimenti a tutela e sviluppo delle cenosi in atto.

### Macchia mediterranea

È presente con lembi variabilmente strutturati e, dominati da elementi tipici quali *Phyllirea latifolia*, *Pistacea lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, accompagnate da specie lianose, quali *Clematis flammula*, *Lonicera etrusca* ed erbacee come *Asparagus acutifolius* e orlate da una interessante cintura di nanofanerofite quali *Cistus incanus* e *Cistus monspeliensis*.

Nelle aree più interne e al margine della pineta si associano esemplari arborei e alto arbustivi di olmo (*Ulmus minor*) e leccio (*Quercus ilex*) e rara rinnovazione di pino domestico.

Si tratta di un habitat che può essere riferito all'habitat Natura 2000 2260: Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia.



**Formazione di macchia mediterranea con dietro la pineta.**



**Aspetto degradato della variante calpestata, legata alla permanenza e al transito di mezzi e/o al calpestio delle comunità prative riferibili all'habitat 6220\*.**



**Aspetto degradato della variante "nitrofila delle comunità prative riferibili all'habitat 6220\*.**

Le essenze arbustive interposte tra il mare e la pineta sono di notevole importanza per la sopravvivenza di questa, deviando e limitando l'ingressione dei venti marini carichi di salsedine particolarmente dannosi nei confronti della pineta retrostante.

Nel Piano di Gestione è prevista generalmente la libera crescita di questi ambienti e l'individuazione di area precluse al pascolamento del bestiame, per agevolare l'affermarsi della rinnovazione autoctona da mantenere fino al momento in cui la rinnovazione abbia raggiunto un'altezza delle chiome tale da non essere raggiungibile dal morso animale.

### **Vegetazione alofila e delle coste rocciose**

La rada e discontinua vegetazione delle scogliere e coste rocciose del Mediterraneo è composta da piante che hanno la capacità di vivere nelle fessure delle rocce e sopportare il contatto diretto con acqua e aerosol marini e caratterizzate dalla presenza di specie endemiche del genere *Limonium*.

Piccoli frammenti di questo habitat sono rinvenibili tra la strada e il mare con popolamenti spesso semplificati a causa del disturbo antropico e caratterizzati *Limonium virgatum*,

*Limbarda crithmoides* (Syn. *Inula crithmoides*), *Crithmum maritimum* e *Helichrysum litoreum*, *Thymelaea hirsuta*, *Atriplex halimus*, *Sueda maritima*, *Salsola soda*, *Sarcocornia perennis*, *Cressa cretica* tutte specie riconducibili agli Habitat 1210 e 1420. Sempre degli stessi Habitat sono state segnalate nell'area anche *Frankeniana pulverulenta*, *Convolvulus lineatus*.

Sono presenti anche alcuni popolamenti di *Vitex agnus-castus* (Agnocasto), piccolo alberello degli ambienti umidi costieri mediterranei, piuttosto raro nel litorale laziale.



*Limonium virgatum* (Statice)



*Crithmum maritimum* (Finocchio marino)



*Limbarda crithmoides* (Enula marina)



*Helichrysum litoreum* (Elicriso dei litorali)

### **Rimboschimenti a conifere**

I popolamenti a conifere, di proprietà e gestione ARSIAL, sono legati ad impianti artificiali costituiti prevalentemente da pino domestico (*Pinus pinea*) e pochi esemplari di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller) realizzati nel 1952-53 dall'Ente Maremma con funzione di fascia frangivento atta a fornire protezione dai venti marini alle aree agricole retrostanti (Camarata, 2016; Bosa, 2020). Si tratta di ambienti recenti, poco naturalizzati e non su dune propriamente dette, per cui non si è ritenuto opportuno riferire

queste formazioni nel caso de "La Frasca" negli habitat di interesse comunitario 2270 "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*" (Prioritario) oppure 9540 Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici.

Il sottobosco è piuttosto carente, soprattutto nelle chiarie e lungo i margini delle fasce piantate si nota lo sviluppo di arbusti ed erbacee con essenze tipiche della macchia mediterranea. Oltre che dall'elevata copertura di Pini il sottobosco risulta localmente influenzato dalla presenza di pascolo ovino.

Negli aspetti meno disturbati sono presenti ingressioni della macchia mediterranea che ha sostituito e che tenderebbe a ricrescere nel sottobosco per riduzione del disturbo quali leccio (*Quercus ilex*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), alloro (*Laurus nobilis*), fillirea (*Phillyrea latifolia* e *P. angustifolia*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), mirto (*Myrtus communis*), ginestra (*Spartium junceum*). Sono stati segnalati fenomeni di deperimento connessi alla presenza di attacchi causati da insetti xilofagi e di fitopatologie di origine fungina. In particolare, sono stati individuati attacchi di insetti scolitidi del genere *Tomicus*, in particolare di *T. destruens*. Nel piano di Gestione sono previsti interventi di diradamento sia per eliminare gli esemplari morti e malati che per favorire la rinaturalizzazione del sottobosco aumentando il valore ecologico dell'area. Dopo il compimento degli interventi di diradamento è prevista la realizzazione di aeree in cui venga omessa la frequentazione antropica e/o pascoliva. Sono stati proposti interventi di "ricostituzione arborea" solo nella fascia strettamente adiacente ai campi ricostituendo un filare degli eucalipti piantati in tutto l'agro romano/laziale (*Eucalyptus camaldulensis* o *E. globulus*) e una fascia di pineta a *Pinus pinea*.



**Aspetto privo di sottobosco nella pineta de "La Frasca"**



***Tomicus destruens***

### **Altre tipologie vegetazionali**

Sono presenti, in relazione alla presenza di substrati argillosi, superfici occupate da praterie a prevalenza di *Phalaris caerulescens* (Scagliola) con *Cynara cardunculus subsp. cardunculus* (Carciofo selvatico). Sulla coronaria (Sulla), *Malope malacoides* (Malobe) e *Beta vulgaris* (Bieta). L'interesse di queste praterie è nella presenza contemporanea di due Crop Wild Relatives, cioè di parenti stretti delle piante coltivate tutelate del Trattato Internazionale sulle Risorse Fitogenetiche per l'alimentazione e l'agricoltura. Il Carciofo selvatico è strettamente imparentato con *Cynara cardunculus subsp. scolymus*, il carciofo comunemente coltivato, i suoi gambi possono essere consumati e sono un'ottimo cibo nutraceutico. Mentre la bieta selvatica (*Beta vulgaris subsp. cicla*), commestibile come quella coltivata, con la Barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. saccharifera*) e con la Bietola (*Beta vulgaris varietà cicla*).



***Malope malacoides*  
(Malobe)**



***Phalaris caerulescens*  
(Scagliola)**



***Cynara cardunculus***



***Beta vulgaris subsp. maritima***

---

## Il valore ornitologico del Monumento Naturale La Frasca

Stefano Sarrocco - Ambito: Ornitologia

Regione Lazio

---

Uno dei principali motivi di interesse naturalistico dell'area del Monumento Naturale La Frasca è costituito dalla presenza, in diversi momenti fenologici dell'anno (svernamento, migrazione, nidificazione), di comunità ornitiche e di singole specie di uccelli di forte valore conservazionistico che frequentano l'area sia a causa della sua localizzazione lungo un'importante rotta di migrazione sia per la presenza di habitat di specie idonei. Nel tratto di costa bassa e rocciosa che si sviluppa per circa 4 km sono state rilevate 45 specie, di cui 17 di interesse conservazionistico; tra queste il Chiurlo piccolo e il Marangone dal ciuffo: il primo è un migratore mentre il secondo è presente in gran parte dell'anno nel tratto costiero, ma senza nidificare. Il gruppo delle specie della macchia mediterranea è meno numeroso, ma ben caratterizzato, con alcune specie nidificanti, tra

cui l'Occhiocotto e l'Usignolo. La pineta ospita il numero maggiore di specie, oltre 30, tra cui è opportuno ricordare per l'interesse e i vividi colori del piumaggio la Ghiandaia marina, che nidifica nelle vicinanze del MN. Le altre specie che compongono questa comunità sono specie forestali, alcune come la Ghiandaia e il Colombaccio, sono quasi esclusive di questo habitat e diffuse a livello regionale. L'unico ambiente d'acqua dolce è il fosso della Cerrata, posto della parte centrale del MN, che svolge un ruolo ecologico di una certa rilevanza in considerazione della sua ristretta superficie, ospita anatre di superficie (Alzavola e Germano reale) e alcuni passeriformi tipici della fascia a cannuccia di palude che contorna il corso d'acqua, quali l'Usignolo di fiume e il Migliarino di palude.



**Moriglione dal Ciuffo**



**Chiurlo**



**Occhiocotto**



**Ghiandaia marina**

### Per saperne di più

Relazione del 2021 sugli aspetti ornitologici, realizzata dall'ARSIAL e curata da Guido Prola, <https://www.arsial.it/la-frasca-ecco-lindagine-ornitologica-di-uno-dei-siti-piu-interessanti-ditalia/>

Studio di Valenti e Muratore pubblicato nel 2015, [https://www.researchgate.net/publication/330350034\\_L'avifauna\\_del\\_monumento\\_naturale\\_La\\_Frasca\\_check-list\\_e\\_ciclo\\_annuale](https://www.researchgate.net/publication/330350034_L'avifauna_del_monumento_naturale_La_Frasca_check-list_e_ciclo_annuale)

---

---

## Habitat Marini

Marina Pulcini - Scienze Naturali  
ISPRA

---

---

Come riportato dal decreto di istituzione del 2016, l'area è stata dichiarata come una zona cuscinetto del vicino SIC (Sito di Interesse Comunitario) marino "Fondali tra Punta S. Agostino e Punta Mattonara" in quanto nell'area si trovano praterie di *Posidonia oceanica*, la *Pinna nobilis* e il *Corallium rubrum*, oltre che essere frequentata dalla *Caretta caretta*, la tartaruga marina.

### **Posidonia oceanica**

Le praterie di posidonie sono habitat prioritario di interesse comunitario elencato nell'Allegato I della Direttiva 98/43/CEE.

La *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica del Mar Mediterraneo appartenente al genere delle Posidoniaceae. È possibile che venga anche chiamata poseidonia, un lapsus comprensibile dato che l'etimologia di questa parola rimanda al greco Poseidone, ovvero il famoso dio del mare. Importante chiarire subito che la *Posidonia* non è un'alga ma una pianta acquatica: la differenza sta nel fatto che queste ultime sono dotate di radici, fusto, foglie, fiori e frutti, al contrario delle alghe che sono composte da tessuti più semplici e primitivi.

Come le foreste sulla terraferma, fiorisce in autunno e in primavera produce frutti galleggianti volgarmente chiamati "olive di mare". Solitamente la *Posidonia oceanica* si può trovare sui fondali sabbiosi, fino a 40 metri di profondità, anche se le sue foglie possono staccarsi e arrivare fino in superficie, tanto che non è raro notarle mentre si nuota. Sui fondali marini, questa pianta è in grado di formare praterie molto estese grazie alle sue foglie di colore verde, che però possono staccarsi e spostarsi a causa delle mareggiate verso la spiaggia, dove formano cumuli chiamati banquettes che possono raggiungere anche diversi metri di altezza. Questi ammassi, tuttavia, sono formate da foglie in decomposizione che, poiché bagnate, assumono un colore scuro, tendente al marrone, che porta molto spesso turisti e bagnanti a scambiare i resti di questa pianta per alghe e rifiuti da rimuovere, un errore da non

fare vista l'importanza di questa pianta per l'ecosistema marino.

La *Posidonia oceanica* spiaggiata, quella che forma quelle banquettes, ha una grande utilità, dato che contribuisce a proteggere le spiagge dall'erosione che normalmente sarebbe provocata dal vento e dalle maree

Se la *Posidonia oceanica* viene anche definita il polmone verde del Mediterraneo, le ragioni in realtà sono molte, a partire dal fatto che le praterie rappresentano veri e propri ecosistemi all'interno dei quali vivono, si nutrono e trovano protezione moltissime specie vegetali e animali, che arrivano anche a deporre le uova ritenendo queste colonie un luogo sicuro.

La fauna associata alle praterie di *posidonia* è costituita da animali sessili, che vivono cioè presso al substrato costituito dalle foglie e dai rizomi, e da animali vagili, capaci di muoversi all'interno della prateria. Vi sono poi degli organismi, costituenti la cosiddetta infauna, che vivono all'interno delle matte (contorno agglomerato di parti di *posidonia* morta ancorato ancora al substrato) e che sono principalmente detritivori.

La pianta può raggiungere una lunghezza di 140-150 cm, la parte inferiore della *Posidonia oceanica* è lignificato e può raggiungere una lunghezza di 15 cm. Le radici sono rizomi in grado di aderire solo a substrati morbidi (sabbiosi, al contrario delle alghe che stratificano e crescono su substrati rocciosi).

Le foglie sono lunghe, fasciate e di un color verde brillante; in autunno le foglie diventano marroni e fotosinteticamente inattive. Durante l'inverno, verso il centro del cespo, si producono nuove foglie verdi che riprendono attività fotosintetica.

Essendo quindi una pianta, la *Posidonia* produce ossigeno in grandi quantità, una funzione importantissima se si considera che questa pianta è distribuita in circa il 3% di tutto il Mar Mediterraneo, un'area che corrisponde più o meno a 38.000 chilometri quadrati. Grazie alla sua presenza, questa specie vegetale aiuta inoltre a consolidare il fondale, evitando che la corrente trasporti una quantità eccessiva di

sedimenti, facendo aumentare la trasparenza dei mari in cui si trova, motivo per cui dovresti essere contento di vederla.

L'attività dell'uomo minaccia la conservazione della Posidonia anche in diversi altri modi: l'inquinamento danneggia le praterie sottomarine attraverso il rilascio di contaminanti chimici, il traffico nautico per il quale vengono gettate in modo dissennato le ancore che sradicano le piante e "arano" il substrato, creando ferite che impiegano moltissimi anni a rimarginarsi e influiscono sull'intero ecosistema. Danni simili sono poi causati dalla pesca a strascico, in realtà vietata sopra le praterie di Posidonia ma a volte ugualmente praticata in modo illecito.

Le foglie sono state usate, in passato, come isolante edilizio nella realizzazione dei tetti. Altri utilizzi la vedono impiegata nella preparazione di lettiere per il bestiame e per imballare materiali fragili (è per questo motivo che era soprannominata l'alga dei vetrai). Prima di trovare sostituti sintetici più efficienti, le sue proprietà e i suoi benefici la rendevano utile anche in farmacologia: le foglie erano usate per preparare antinfiammatori e prodotti per curare le irritazioni. Presenta proprietà antiossidanti e antifungine.

Nella zona c'è la possibilità di rintracciare anche la *Pinna nobilis* che rappresenta il più grande mollusco bivalve del Mediterraneo citato nell'Allegato IV della Direttiva 98/43/CEE. Comunemente nota come nacchera, pinna comune, cozza penna o stura, può raggiungere un metro di lunghezza. La sua raccolta è vietata. In ogni caso, pur essendo edule, trattandosi di un mollusco filtratore, è estremamente rischioso mangiarlo in quanto accumula, assorbendoli dal mare, grandi quantità di inquinanti e patogeni. Per questo motivo è stato utilizzato come indicatore dell'inquinamento marino.

Endemica del Mediterraneo, la *Pinna* è spesso situata in mezzo alle praterie di Posidonia oceanica, da pochi metri fino a 40 di profondità.

Per nutrirsi e respirare pompa l'acqua nella cavità del mantello mediante un sifone inalante e poi la emette attraverso uno esalante. Le valve hanno il margine posteriore arrotondato e presentano una ventina di coste radiali con scaglie a forma di canali. Il colore è bruno con scaglie più chiare; l'interno è bruno e lucente con la parte anteriore madreperlacea. Possono vivere più di 20 anni e raggiungere un metro

di lunghezza, ma la dimensione media della conchiglia di un esemplare adulto è intorno ai 65 cm. Ha uno sviluppo abbastanza rapido nei primi anni di vita, in media di 10 cm per anno; raggiunta la maturità sessuale, intorno ai 40 cm, l'accrescimento rallenta e si assesta su circa 10 cm ogni 3 anni.

A partire dal 2016 questa specie è stata colpita da una grave emergenza: eventi di mortalità massiva, registrati inizialmente nelle coste spagnole e poi in tutto il Mediterraneo, hanno decimato le popolazioni e messo a rischio la sopravvivenza stessa della specie. Ciò ha indotto l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) a dichiarare la *Pinna nobilis* "criticamente minacciata". La patologia che ha colpito la specie è stata associata alla presenza di microrganismi patogeni, in particolare il protozoo *Haplosporidium pinnae*, diffuso attraverso le correnti marine.

### **Coralligeno**

La biocenosi di fondo duro tipica del piano circalitorale è senza dubbio quella del Coralligeno. Il Coralligeno può essere definito come un substrato duro di origine biogenica, prodotto principalmente dall'accumulo di incrostazioni calcaree algali che crescono in condizioni di scarsa luminosità. Il coralligeno è un sistema dinamico che si accresce modificando l'ambiente circostante, acquistando un carattere di unicità che lo contraddistingue dalle altre biocenosi. Questo sistema dinamico è regolato da alcuni fattori ambientali, tra i quali luce e temperatura (fattori abiotici), e competizione inter- o intraspecifica (fattore biotico) (Giaccone et al., 1994; Ardizzone et al., 2018). Questa biostruttura è considerata il secondo "hot spot" di biodiversità in Mediterraneo, preceduto solo dalle praterie di Posidonia oceanica (Ballesteros, 2006). La complessità strutturale delle biocostruzioni, la presenza di protuberanze, interstizi e cavità e i differenti fattori che operano su di esse, determinano una grande ricchezza di microhabitat e di conseguenza un numero elevatissimo di organismi che trovano un substrato su cui insediarsi, trovare rifugio dai predatori, e nel quale alimentarsi e riprodursi. Questa biocenosi si osserva non solo su substrato roccioso originario, formando il cosiddetto "coralligeno di falesia" ma anche su fondi duri secondari creati grazie al fenome-

no del concrezionamento biologico, ad opera soprattutto di alghe calcaree, sviluppando il cosiddetto "coralligeno di piattaforma". Caratteristiche necessarie per l'insediamento delle comunità del coralligeno sono la condizione di scarsa luminosità, il debole idrodinamismo e le temperature comprese tra 14-16°C. La comunità si caratterizza per la dominanza di rodoficee calcaree tra gli organismi vegetali, sebbene, in acque dove la luce è meno attenuata, prosperano anche alghe non calcaree come la cloroficea *Halimeda tuna* o le rodoficee del genere *Peyssonnelia*. Una definizione di coralligeno calzante è quella di "popolamento in grado di costruire un substrato duro di origine biologica mediante l'accumulo di strutture calcaree costituite in gran parte dalle alghe incrostanti che vivono in condizioni di illuminazione ridotta (Cinelli e Tunesi, 2009; Ardizzone et al., 2018). Nel Mediterraneo questa biocenosi si può trovare sino a circa 120 m di profondità (Giaccone, 2007). Gli organismi animali partecipano a questa biocostruzione sia come costruttori (briozoi, serpulidi, madreporari ecc.) sia come demolitori (poriferi clionidi, bivalvi e sipunculidi perforanti), ma soprattutto in molti casi dominano in maniera marcata la fisionomia dello strato elevato del coralligeno con la presenza di gorgonie (Bianchi et al., 2004) per cui la biomassa animale diventa più importante di quella vegetale. I principali rischi per questa biocenosi sono l'aumento del tasso di sedimentazione e alcune attività antropiche. Il coralligeno, infatti, è sensibile agli squilibri sedimentari: l'infangamento e l'eccessiva torbidità delle acque possono alterare i delicati equilibri che sono alla base del meccanismo di accrescimento della biocostruzione. Anche le attività di pesca con reti da posta e strascico praticate sui fondi rocciosi.

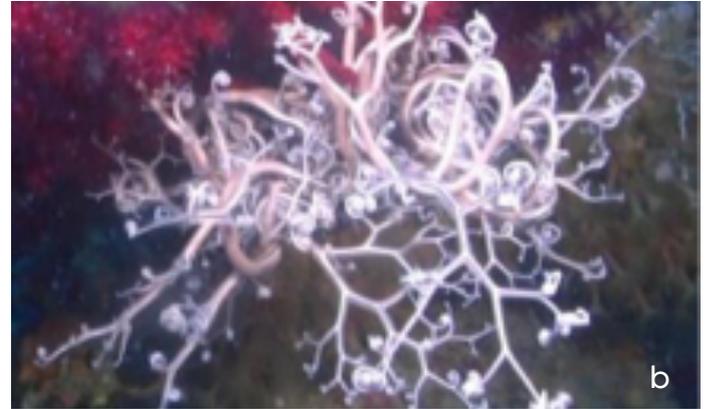
Nell'area costiera di Civitavecchia, particolarmente antropizzata, sono presenti diversi hotspot di Coralligeno caratterizzati da biocostruzioni di notevole entità che presentano una fauna associata ricca e diversificata. Il coralligeno nell'area di indagine è presente prevalentemente come affioramenti, alti al massimo un paio di metri, che si elevano dal fondo mobile alle profondità maggiori. Raramente si configura come coralligeno di parete. I taxa dominanti sono risultati le corallinacee incrostanti, la *Peyssonnelia* spp. e il feltro algale. Tra

gli animali risultano maggiormente importanti le spugne, mentre sono poco abbondanti i briozoi e gli idrozoi. Localmente sono abbondanti la madrepora *Leptopsammia pruvoti* e *Parazoanthus axinellae*. Tra i gorgoniacei sono risultati presenti *Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis* e *Paramuricea clavata* (Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta, 2015).

Particolarmente importante è il coralligeno presente sulla "Murata" di Sant'Agostino, situata a Nord de La Frasca, un affioramento roccioso che costituisce un vasto promontorio sommerso (550 x 300 m). La struttura presenta tre pareti principali con pendenza accentuate e un cappello orizzontale superiore. La parete esposta a Nord (25 – 35 m) e la parete esposta a Sud (26 – 50 m) sono le aree che presentano un maggiore sviluppo orizzontale e verticale e sono caratterizzate dalle biocostruzioni e dalle colonie di maggior pregio e bellezza. La parete esposta a Sud è caratterizzata da una comunità ascrivibile alla Biocenosi del Coralligeno. Il cappello superiore, caratterizzato dalla presenza di correnti costanti, si estende orizzontalmente ed è dominato da imponenti colonie di *Paramuricea clavata* (FOTOa) (specie strutturante di questa formazione coralligena) che si presentano numerose e ben sviluppate (oltre 1 m); la densità e il numero delle colonie subisce un incremento costante spostandosi verso la parete Sud. La presenza di fitte colonie di *P. clavata* crea una miriade di microhabitat sciafli ideali per l'insediamento di specie macrozoobentoniche come il nudibranco *Felimare tricolor* e l'echinoderma *Astrospartus mediterraneus* (FOTO b). Sono risultati abbondanti gli antozoi *Leptopsammia pruvoti* e il *Parazoanthus axinellae*, i poriferi *Petrosia ficiformis*, *Oscarella lobularis*, *Chondrosia reniformis*, *Axinella verrucosa* e i briozoi *Smittina cervicornis* e *Reteporella* sp. La comunità algale è composta principalmente da alghe rosse incrostanti appartenenti al genere *Peyssonnelia*, *Mesophyllum* e *Litophyllum*. La parete Nord è invece caratterizzata da una drastica diminuzione della componente vegetale (*Peyssonnelia* e *Mesophyllum*) ed una totale scomparsa delle colonie di *P. clavata*. A causa delle caratteristiche biologiche, dinamiche, morfologiche e strutturali (minore esposizione alle correnti) la parete Nord può essere associate alla Bio-

cenosi delle Grotte Semioscure (GSO, la cui specie caratteristica esclusiva risulta essere il *Corallium rubrum*, presente in quest'area con colonie di dimensioni modeste (massimo 30 cm di altezza). L'unico gorgoniaceo osservato

su questo versante è la *Leptogorgia sarmen-tosa* che forma colonie isolate ma di notevole dimensione soprattutto nella parte alta della parete (Mancini et al., 2018).



*Paramuricea clavata* (a) e *Astrospartus mediterraneus* (b), Murata di Sant'Agostino.

### Pozze di marea e di scogliera

Le pozze di scogliera sono un peculiare ambiente del piano sopralitorale: raccolte d'acqua salsa non connesse col mare e riempite da mareggiate e piogge. Le variazioni di salinità e temperatura sono estreme e, in estate, le pozze possono prosciugarsi completamente. Ne deriva che il popolamento presente è rarefatto e altamente specializzato. La fauna comprende forme ad affinità terrestre, come alcuni coleotteri idrenidi del genere *Ochthebius*, e specie ad affinità marina come copepodi arpattoicoidi del genere *Tigriopus*. Oltre alle specie che comunemente popolano le pozze, si riscontra la presenza di numerosi organismi che vi trovano riparo durante i periodi di bassa marea al fine di proteggersi dall'emersione (Metaxas e Scheibling, 1993). Malgrado l'elevata variabilità delle loro condizioni ecologiche, in esse assumono una notevole importanza per le fasi riproduttive e/o di accrescimento degli stadi giovanili di diverse specie (Rangeley e Kramer, 1995), costituendo vere e proprie "isole" all'interno di un paesaggio roccioso inospitale. Le pozze di scogliera sono ambienti effimeri e gli organismi che le abitano devono essere in grado, quando il loro habitat scompare, di spostarsi in altri ambienti (es. insetti), o di entrare in uno stato di quiescenza, incistandosi (es. copepodi) o di avere la possibilità di mantenere l'umidità rifugiandosi sotto rocce o alghe. Quando le piogge o le mareggiate ricostituiscono l'habitat scomparso, la vita ritorna a proliferare (Bianchi

et al., 2004).

Le pozze di marea sono, invece, piccole raccolte d'acqua tra gli scogli mediolitorali, ma, a differenza dalle pozze del sopralitorale, sono permanenti. Possono subire variazioni di temperatura e salinità durante la bassa marea, in conseguenza della pioggia o, al contrario, a forte insolazione. Pur vivendo nel mediolitorale, gli organismi che le abitano non sono soggetti all'alternanza di periodi di emersione ed immersione. La flora e la fauna hanno affinità con quelle dell'infra-litorale, ma tollerano forti variazioni ambientali. Vi si trovano diversi piccoli molluschi (ad esempio il gasteropode *Columbella rustica*, gamberetti del genere *Palaemon* e piccoli pesci, soprattutto blennidi (bavose). Le pozze di marea possono essere ricoperte da feltri algali o, quando gli scambi col mare sono molto intensi, da alghe erette (ad esempio *Ulva*) (Bianchi et al., 2004).

Nell'area de La Frasca, le pozze di scogliera si estendono su un tratto di costa di circa 4 km (FOTO 1); numerose pozze di marea/scogliera sono dislocate in una fascia di substrato roccioso di marne argillose che si estende dalla linea di riva fino alla strada che percorre l'intero tratto di costa. Le pozze situate a pochi metri dal bagnasciuga sono alimentate direttamente dalla marea e dall'azione del moto ondoso mentre, spostandoci nelle zone più distanti dal mare, si osserva la presenza di pozze di scogliera alimentate dagli spruzzi del mare (circa 20%) e dalle precipitazioni (80%). Dal punto di

vista biologico queste pozze sono colonizzate da poche specie vegetali, rappresentate principalmente dalle alghe verdi (come *Ulva* spp.) e da un mix eterogeneo di invertebrati marini e terrestri. Le specie marine più rappresentative sono il decapode *Pachygrapsus marmoratus*, gli anfipodi della famiglia *Corophiidae* e numerose specie di anisopodi (Carletti, 2019). I gasteropodi sono rappresentati soprattutto da specie che godono di alta resistenza all'essiccamento, come ad esempio il littorinide *Melarhapha neritoides* e il trochide *Gibbula rackets* (ora *Sterromphala rackets*) (Bosch e Moreno, 1986; Bertocci et al., 2012). Il tanaide fossorio *Tanais dulongii* è risultato abbondante nei substrati fangosi localizzati alla base delle pozze e sulle pareti di queste ultime dove, questi piccoli crostacei, creano i tubi di sedimentazione in cui si riparano. Il decapode *Palaemon varians*, gamberetto tipico della zona intertidale,

questo piccolo crostaceo gode della capacità di "saltare" da una pozza ad un'altra ma predilige le pozze di marea alimentate direttamente dall'acqua marina. Infine, la fauna terrestre è composta principalmente da crostacei da larve di *Chironomidae*, larve di *Dolichopodidae* e collemboli. La variazione stagionale dei parametri fisico-chimici e morfologici delle pozze influenza profondamente le abbondanze dei popolamenti bentonici: in primavera sono state registrati i valori più elevati di abbondanza e la fauna è composta principalmente da anfipodi, isopodi e gasteropodi; in autunno la comunità appare simile a quella primaverile mentre in inverno si osserva un incremento dei tanaidacei, gasteropodi e invertebrati terrestri; questi organismi sono probabilmente favoriti dalla loro resistenza alle variazioni di salinità che decrementa nei mesi più freddi (Carletti, 2019).



**Pozze di marea e di scogliera (località La Frasca, Civitavecchia).**

---

---

## La Posidonia Oceanica

Daniela Paganelli- Scienze Naturali

ISPRA

---

---

### **Il trapianto di Posidonia oceanica come strumento di compensazione nelle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale**

Storicamente le prime esperienze di piantumazione di fanerogame marine avevano lo scopo di migliorare lo stato di salute di praterie il cui stato di conservazione era stato compromesso dal generale peggioramento delle condizioni ambientali. L'uso dei trapianti, inteso come "trapianto di talee", con trasferimento di materiale vegetale da una prateria donatrice a una ricevente (Calumpong e Fonseca, 2001), è stato esteso, negli ultimi anni e con sempre maggior frequenza, alla compensazione degli impatti associati alla realizzazione di opere costiere, anche se non bisogna dimenticare che "... non esiste una compensazione reale a un danno e la distruzione di una prateria di P. oceanica è un fenomeno irreversibile, ..." Boudouresque et al. (2006).

L'area di studio è stata interessata, in quanto ivi presente la prateria donatrice, dal più grande trapianto di P. oceanica del Mediterraneo, eseguito con lo scopo di compensare i danni causati dalla realizzazione di alcune infrastrutture portuali, collegate alla centrale di Torrevaldaliga, e richiesto come prescrizione nell'ambito delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) attivate per tali opere. Nello specifico per questo trapianto era stata individuata come prateria donatrice quella presente nell'area della "Mattonara", nei pressi di Civitavecchia, interessata dalle attività portuali, mentre come prateria ricevente era stata indicata una prateria di S. Marinella. Questo trapianto è stato anche oggetto di monitoraggi dedicati nell'ambito progetto Life SEPOSSO (Supporting Environmental governance for the POSidonia oceanica Sustainable transplanting Operations), di cui ISPRA è Beneficiario Coordinatore, progetto nato con l'obiettivo di migliorare la Governance italiana dei trapianti di Posidonia oceanica eseguiti per compensare i danni causati da opere e infrastrutture costiere. Le informazioni di seguito riportate relative al trapianto derivano dai

report prodotti nell'ambito del progetto (AA.VV. Life Seposso 2019a; 2019b; 2020).

Il contesto di riferimento. Nell'ambito del progetto di conversione a carbone della centrale termoelettrica dell'ENEL di Torrevaldaliga, era stata prevista la realizzazione della Darsena Energetica Grandi Masse e di alcune banchine ENEL attrezzate per lo scarico del carbone la cui realizzazione comportava il dragaggio dei fondali antistanti la centrale e la conseguente rimozione di una vasta porzione, pari a circa un ettaro (80.000 m<sup>2</sup>), della prateria di Posidonia oceanica nell'area della Mattonara (SIC IT6000005 "Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara").

In generale, le attività di ampliamento del porto, non solo quelle connesse direttamente alle attività della centrale, hanno nel tempo comportato l'attivazione di diverse procedure di VIA, con la conseguente formulazione di specifici decreti che tra i diversi aspetti ambientali, hanno più volte focalizzato l'attenzione sugli impatti attesi sulla prateria e sulle relative misure di compensazione:

Decreto VIA 2002 Variante al PRG portuale di Civitavecchia - Darsena Energetico - Grandi Masse (Autorità Portuale di Civitavecchia). Una delle prescrizioni ambientali richiede a titolo di parziale compensazione del danno il restauro di almeno 10.000 m<sup>2</sup> di prateria e dà indicazioni sia sulla prateria donatrice (La Mattonara), sia su quella ricevente (Santa Marinella); richiede anche il monitoraggio del trapianto (5 anni).

Decreto VIA 2003 Centrale ENEL Torrevaldaliga (ENEL). La prescrizione precedente è confermata (decreto VIA 680/2003) e integrata con ulteriori richieste in termini di gestione e controllo delle attività.

VIA SPECIALE 2003 (parere 28/2003 CTVIA) Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia -1°Lotto Funzionale (Autorità Portuale di Civitavecchia). La Commissione Tecnica VIA dà parere favorevole con prescrizioni, richiedendo di incrementare l'area di reimpianto della prateria di un ulteriore ettaro rispetto a quanto previsto nel Decreto VIA 6923/2002.

Tra il 2004 e il 2005 viene effettuato il trapianto di un ettaro di prateria; la prateria donatrice è quella de La Mattonara, mentre la ricevente è quella di S. Marinella.

Decreto VIA 2010 Variante al PRG portuale di Civitavecchia-Darsena Energetico- Grandi Masse (Autorità Portuale di Civitavecchia). Il decreto richiede che vengano rispettate tutte le prescrizioni precedenti; ne consegue che oltre al trapianto già effettuato, dovrà essere messo a punto un ulteriore trapianto di un ettaro di prateria.

Nel 2012 viene effettuato il 2° trapianto. In questo caso le talee provenivano dalle aree prospicienti le opere del 1° lotto funzionale. La superficie interessata dal reimpianto fu stabilita in circa 1 ha, all'interno di una prateria di S. Marinella all'interno del SIC IT6000007 "Fondali antistanti Santa Marinella", ma eventi meteo-marini avversi, occorsi alla fine del 2012, provocarono danni irreparabili alle operazioni effettuate, accertati e riportati in un Verbale di accertamento danni nel 2015. Tale intervento di trapianto non è più rintracciabile.

Il trapianto del 2004. Nel Maggio 2004 fu presentato il primo progetto del trapianto. Ad Agosto 2004 - Aprile 2005, prima del dragaggio, venne effettuato il trapianto di una porzione di prateria di *Posidonia oceanica*, al largo di S. Marinella, all'interno del SIC "Fondali antistanti Santa Marinella", a circa 20 km dal sito di espianto (Fig. 1).

La superficie interessata fu di 1 ha e furono utilizzate talee provenienti dalla zona della Mattonara, come indicato nella prescrizione del 2002, anche se la prescrizione del CT VIA 2003 prevedeva già un incremento tale da portare la superficie trapiantata a un totale di 2ha.

All'interno della prateria donatrice furono effettuate prospezioni subacquee allo scopo di identificare le migliori aree in cui effettuare l'espianto; il sito ricevente fu oggetto di indagini preliminari per identificare i siti più idonei al reimpianto, ma non furono condotti trapianti pilota. Furono identificate 13 radure sabbiose poste tra i 7 ed i 13 metri di profondità, protette dalla prateria circostante e prive di evidenti fenomeni erosivi e di mobilità del sedimento. Nella fase di trapianto furono posizionati complessivamente, nelle diverse radure individuate (10.000 m<sup>2</sup> in totale), circa 40.000 moduli di



**Fig. 1** Aree interessate dal trapianto con la delimitazione delle attuali Zone Speciali di Conservazione (ZSC)

cemento destinati al reimpianto delle talee. La messa a dimora delle talee (ca. 306.000) fu effettuata a mano in immersione subacquea con una densità di 32 talee m<sup>-2</sup>. Per ancorare le talee al substrato furono utilizzate cornici in cemento di 50x50 cm armate con rete di ferro a maglia poligonale, e in grado di trattenere le talee (figura 2). La messa a dimora delle talee fu effettuata inserendo i rizomi nelle maglie della rete poligonale, in modo che il rizoma stesso o le radici fossero a contatto con il sedimento. Al termine di questa fase, durata circa 8 mesi, di cui circa 3 dedicati al trapianto vero e proprio, fu avviato il monitoraggio su 40 stazioni.



**Fig. 2** - Trapianto delle talee (a sx) e area di trapianto subito dopo le operazioni (a dx)

Il monitoraggio. Per il trapianto di Santa Marinella si dispone oggi di una lunga serie di dati: quelli del monitoraggio ufficiale (2005–2009) richiesto dai decreti VIA; quelli del monitoraggio volontario effettuato da ENEL (2015–2019) e quelli del monitoraggio del progetto SEPOSSO (2018–2019).

I dati disponibili indicano che la perdita completa di alcune aree di trapianto rappresenta circa il 25% dell'intera superficie trapiantata, perdita dovuta prevalentemente alle forti mareggiate che hanno divelto i moduli di trapianto. Del rimanente 75% sono state registrate perdite parziali di moduli all'interno di alcune aree. Nel 2019 e dopo 13 anni dal trapianto è stata stimata una perdita complessiva di moduli di trapianto pari al 60% del totale dei moduli installati. Tuttavia il numero dei fasci nei moduli, pur tenendo conto di tutte le perdite di fasci avvenute nel tempo per danni meccanici e agenti meteo marini (principalmente mareggiate, pesca praticata illegalmente, ancoraggi), è aumentato mediamente di 4 volte rispetto al numero dei fasci trapiantati in origine (dato ENEL). Nelle 13 stazioni di trapianto monitorate dal Progetto SEPOSSO, che sono un campione rappresentativo delle aree superstiti dell'intero sito, i risultati ottenuti confermano i trend acquisiti sull'intero sito dal monitoraggio ENEL. Il trend del numero medio di fasci per modulo di trapianto ha mostrato un calo nei primi anni successivi al trapianto (2008–2009), seguito da un lieve incremento nel numero dei fasci, che diventa rilevante nel lungo termine e comunque a partire dai 5 anni successivi al trapianto. L'andamento del numero medio di fasci per modulo nella prima fase post trapianto per l'intero sito di S. Marinella è sempre risultato superiore all'obiettivo minimo di qualità (fissato al 50% di fasci rinvenuti rispetto a quelli trapiantati), come definito nel Decreto VIA e che la condizione di ottemperanza della prescrizione.

Nel 2019 le aree di trapianto esaminate dal Progetto SEPOSSO sono state monitorate anche con la stessa metodologia con cui si monitorano le praterie naturali (conte casuali all'interno di superfici standard, un quadrato 40 x 40 cm, senza far riferimento ai moduli originari di trapianto), in quanto dopo molti anni diventa difficile monitorare la crescita dei fasci attraverso la loro conta all'interno dei moduli di

trapianto. I risultati relativi alla densità fogliare nelle 13 stazioni di trapianto monitorate e al loro confronto con la prateria naturale, hanno mostrato valori di densità assimilabili a quelli della prateria naturale, che a livello di sito sono classificabili come "prateria densa" sensu Giraud (1977).

Per quanto riguarda l'analisi fenologica (studio delle foglie) è emerso inoltre che le foglie trapiantate sono più strette e più corte di quelle della prateria naturale. Questa caratteristica sembra indicare che la pianta trapiantata investe maggiori risorse nella crescita del rizoma (soprattutto per quella plagiotropa) piuttosto che nel tessuto fogliare come invece accade nelle piante della prateria naturale, coerentemente con la necessità di espandersi nelle prime e di aumentare l'attività fotosintetica nelle seconde.

Il caso EU PILOT 6007/14/ENVI. Con nota DPE000625 del 22/01/2015 la Commissione Europea affermava la violazione della Direttiva Habitat per alcuni dei progetti che avevano interessato il porto di Civitavecchia, indicando che i progetti sottoposti a VIA non sembravano soddisfare i requisiti della Valutazione d'Incidenza (VINCA). Per tali motivi la Commissione richiedeva una nuova VINCA riferita alla situazione originaria del sito e nuove misure compensative, ritenendo insufficiente la compensazione effettuata (il trapianto di 2 ha di Posidonia).

La Commissione chiedeva anche la designazione di un'area di circa 222 ha di habitat prioritario 1120\* (Praterie di Posidonia), da aggiungere alla Rete Natura 2000 italiana, richiesta che verrà espletata dall'Italia con la ripermutazione del SIC preesistente. Il 9 aprile 2017 la UE chiude la procedura di infrazione.

---

---

## Storia e Tradizioni de "La Frasca"

Fabiana Console - Storica  
ISPRA

---

---

### Il valore storico ed archeologico dell'area .

Nell'antichità la navigazione si svolgeva quasi esclusivamente in prossimità delle coste e solo di giorno, cercando di restare sempre in vista della terraferma, seguendo un percorso che sfruttava come approdi le coste sabbiose. Le fonti itinerarie romane (Itinerarium Antonini e Tabula Peutingeriana) indicavano cinque scali sulla costa tra Civitavecchia e la foce del Fiora, da sud a nord: Algae (Torre Valdaliga), Rapinium (foce del Mignone o nei pressi), Martanum (foce antica del Marta), Gravisca e Quintiana (foce dell'Arrone). Nonostante l'affermazione di Plinio il Giovane (Epist. VI, 31, 15, 17), che aveva definito questo tratto di costa "importuoso", possiamo supporre che le imbarcazioni dei pescatori etruschi e romani non avessero eccessivi problemi ad attraccare presso le foci dei tre fiumi, le strette insenature e nelle lagune costiere, di questo tratto di costa laziale. La costa infatti si era rivelata una riserva di pesca di eccezionale valore, era rocciosa e ricca di anfratti (cellae, da cui il toponimo antico di Civitavecchia ossia Centumcellae), quindi adatta alla realizzazione di piccole banchine e magazzini. Alla fine del XVI secolo, nella carta dell'Ortelius (fig. 1), le località indicate sulla costa sono Alga, Rapionum, Maltanum Graviscae navale e Quintiana. Nel Portolano di Costaguti del 1798 tre sono gli approdi nel tratto di costa della attuale Frasca: Fosso di Valdalico, Porto di Bertagno e Torre Sant'Agostino.

La località o contrada denominata La Frasca è stato infatti un importante sito costiero fin dall'epoca preistorica raggiungendo l'apice in età romana godendo per un lungo periodo di una intensa attività commerciale marittima. Il toponimo - di età moderna- sembrerebbe derivare dall'uso di rami (frasche) collocati verticalmente in mezzo al mare per segnalare la "retta via" per giungere senza difficoltà agli approdi delle imbarcazioni. In caso di scarsa visibilità le cime dei rami venivano incendiati così da illuminare il percorso a pescatori e natanti in difficoltà. In una cartografia francese



Fig. 1 - Abraham Ortelius (1595-1609) Theatrum orbis terrarum: Tusciae antiquae typus (Gallica)



Fig. 2 - Cartografia francese del XVII sec.

del XVII sec. la Frasca è indicata infatti con una locuzione che sollecitava a prestare attenzione " Ces cotes sont fort basses" (fig. 2). In uno Stralcio della carta dell'ing. Veneroni, Plan de la Ville et de port de Civita Vecchia [senza data ma autore 1642-1708 - Gallica.fr] Un'altra ipotesi di genesi del toponimo potrebbe derivare dall'uso di "fascine di frasche di leccio" (T. Tozzetti, 1874) intrecciate e legate ad un galleggiante per la pesca del gambero oppu-

re dall'abitudine dei pescatori del Regno delle Due Sicilie, che si spingevano fino in questa zona per la pesca del corallo, utilizzando una attrezzatura chiamata ingegno che permetteva di pescare la "frasca [del corallo] intera" (Annali delle Due Sicilie, 1838 ; Balzano, 1856). Si hanno statistiche di imbarcazioni di pescatori di corallo inviate da Napoli in numero cospicuo fino al 1837. L'indicazione della pesca del corallo nella costa antistante tra Graviscae e Algae si rintraccia anche nelle fonti classiche di Plinio, nelle parole dell'Alberti (1557) e si ritrova in una cartografia del XVI secolo (Bellarmato fig. 3).



**Fig. 3 – Stralcio della carta *Thusciae descriptio* di Hieronimo Bellarmato (1493-1555)**

In questo lembo di costa di circa 6 km ci sono testimonianze scritte della presenza di un abitato legato ad un approdo, il porto di Columna, oggi rintracciabile nei pressi dell'area antistante il Camping. Negli *Acta Sanctorum* (1688), raccolta di documenti relativi alla vita dei Santi, si narrano le vicende del Beato Sensio che, alla morte dell'amico e discepolo Mamiliano, si sarebbe stabilito nell'entroterra toscano tra il fiume Mignone e il porto di Columna: "in parvulo porto, qui appellatur Columnae, in finibus Centumcelle" dove era eretta una colonna "ad directionem nautarum". Sempre secondo gli *Acta Sanctorum* fu Sensio, saputo della difficoltà della popolazione a reperire fonti idriche, a far sgorgare numerose sorgenti di acqua fresca. L'approdo di Columna, costruito precedentemente all'arrivo di San Sensio, era costituito da un porto canale, cioè interno e protetto e quindi molto frequentato proprio per la sua sicurezza. Il nome Columna è legato alla presenza di possenti colonne di granito che indicavano l'ingresso nel porto. Oggi sono ancora visibili le tre colonne a mare a poca distanza dalla spiaggia e grossi blocchi di arenaria, probabilmente parte di un molo a mare per la difesa del porto il cui canale, sebbene sia insabbiato, è ancora visibile.

Tali ruderi (I-V sec a.C) vengono identificati ma con alcuni dubbi in letteratura con la *positio* di Rapinium, riportata nell'*Itinerarium Maritimum* di Antonino del III secolo, i reperti recuperati, nell'antistante fondale, spaziano dalle ceramiche attiche del VI sec. a.C. fino alle medioevali. Nel 2014 il primo scavo sistematico ha identificato un complesso (*Villa otium*) costituito di ventidue ambienti, dotato di *calidarium*, *frigidarium* e due *tepidaria* con una cisterna di-

staccata che garantiva l'approvvigionamento idrico costante (fig. 4). Gli ambienti erano riscaldati mediante il sistema del *praefurnium* (un grande forno in cui si produceva aria calda ad alta temperatura) delle *suspensurae* (pilastri a sezione quadrata di mattoni alti circa mezzo metro che sorreggono il pavimento) e dei tubuli a parete. Notevole la scoperta di dieci mosaici in *opus tessellatum* di tipo geometrico, di cui quattro policromi, uno in particolare riporta l'emblema delle colombe sul calice e un gambero. Il complesso presenta schemi planimetrici tipici delle *basilicae thermarum*. Potrebbe essere stata una delle pertinenze del porto, forse una *mansio*, per accogliere i passeggeri sbarcati e collegata, tramite un diverticolo, all'*Aurelia Vetus* (credits <https://www.youtube.com/watch?v=N4HO8V2VP2E> Francesca Pontani Archeotime; Stracci, 2020).



**Fig. 4 – La Villa otium prospiciente la costa de La Frasca**

La vita della struttura continuò almeno per tutto il III secolo, mentre dal V al VII secolo gli ambienti risultano crollati e usati per le sepolture, tale abbandono è dovuto certamente al periodo bizantino e alle devastazioni longobarde. A tale periodo risalirebbe il mutato nome di Rapinium con Columna anche se il toponimo, in una forma alterata, si può ancora rintracciare in un documento vescovile del 1320, in una delle chiese afferenti alla Diocesi di Centumcellae ossia San Cicius de Rapigna (Campanari, 1856).



**Fig. 5 - Carta corografica ed archeologica dell'Italia Ossia antico, Lazio, Campania, Sannio, con parti meridionale della Sabina ed Etruria, eseguita sotto la direzione di Enrico Kiepert nel 1881.**

Sempre dall'itinerario Marittimo di Antonino (forse Antonino Caracalla, 211-217 d.C.) veniamo a conoscenza che a tre miglia dalla città di Centumcelle nella sezione III "ab Algis Rapinio, positio" era ubicata una località indicata come Algae" (fig. 5) per la copia straordinaria che ha quel lido di quell'erba" (Sopra l'origine de' Tirreni, 1741). Salvatore Bastianelli, storico locale e conoscitore del territorio civitavecchiese avrebbe localizzato la stazione di Algae, proprio presso la necropoli etrusca della Mattonara.

La sua ipotesi è sostenuta dalla presenza di un porto naturale ubicato in questa zona e dal rinvenimento di edifici e di tombe. Oltre a questo, anche i resti di una peschiera, ancora oggi visibile, una splendida villa romana, le acque fredde sorgenti di acqua dolce oggi all'interno del mare che probabilmente venivano utilizzato per l'approvvigionamento idrico dell'abitato. Questi ritrovamenti rendono di straordinaria importanza questa zona. Il nome latino in realtà potrebbe derivare proprio dall'etrusco

Alxa (con mutazione x/g) oppure "la medesima spiaggia veniva indicata come Suph" indicandone l'origine orientale con Jam Suph (l'attuale Mar Rosso) detto Mare algarum perché "apud herbos ex mari" (Menocchio, 1701). Il toponimo Valle invece potrebbe indicare le "secche" chiamate valli in termine marinaresco come sostenuto da Rutilio "le piccole barchette temono il terreno sospetto o instabile com'è nelle secche ... [della] piccola bocca del Mignone che tra ondate e cavalloni rende il fondo del mare instabile e basso". Dall'elegante torre secentesca di avvistamento voluta da Papa Paolo V Camillo Borghese (1610-1612) a completamento del sistema difensivo costiero iniziato dal suo predecessore Pio V il toponimo completa la sua forma in Tor Valdaliga.

Lo scalo dell'attuale golfo di Torre Valdaliga è già menzionato nel 1600 nel Portolano "Nautica Mediterranea" di Crescenzo che ci informa che «a miglia dieci si trova la fiumara del Mignone, a miglia tre, si trovano certi scogli chiamati Val de Arga, dove si può stare con quattro galee a tutti i tempi», nel portolano di Zaccaria Rispolo (1625-1675) «... vi sono certi Secchi che si chiamano Valdargia et dentro si può stare con quattro galere con tutti li tempi dritto alla terra» e nel portolano di Giacomo Galletti «... certi scogli chiamati Val d'Alega, dove dicono esservi buona stanza per le barche». Innocenzo Mattei nella carta del 1674 (Nova ed esatta tavola topografica del territorio di Roma) inserì il toponimo Vallo D'Aliga nell'entroterra a sud est di Allumiere. Ameti (1696) riporta la stessa nomenclatura ma aggiunge il toponimo a mare usando l'accezione di "scogli" 1696 (fig.6).



**Fig. 6, Nova ed esatta tavola topografica del territorio di Roma di Innocenzo Mattei stralcio della carta del 1674**

Nel Libro della Navigazione di Pietro Paolo Bringon del 1768 Tor Valdaliga «Si trova a 5 miglia da Corneto e...per levante vi sono alcuni scogli, chiamati Val d'Arghi, in dentro de' quali vi è un piccol ridosso e per bisogno possono ridossarsi due o tre galere».

Proseguendo in direzione di Tarquinia, il "porto di Bertagno/Bertaldo(a) è situato dal portolano di Costaguti (1798) nell'insenatura della Frasca che precede la Torre di Sant'Agostino, "dove può passare una feluca" (Combesure, 2013) ma è interessante notare che la stessa area (ubicata vicino alla scomparsa Tor de Bartalda del 1567, vedi lo stesso Ameti 1696 fig. 7) è indicata addirittura come un approdo da vascelli in una carta della spiaggia romana del 1624. Conferma di questo è dato anche dalla presenza, nel basso Medioevo, di funzionari dell'Annona romana che si recavano nelle zone di produzione del grano (nel tratto di costa tra

Terracina e Montalto di Castro) per curarne la spedizione della merce verso Roma (Martino & Medaglia, 2014).

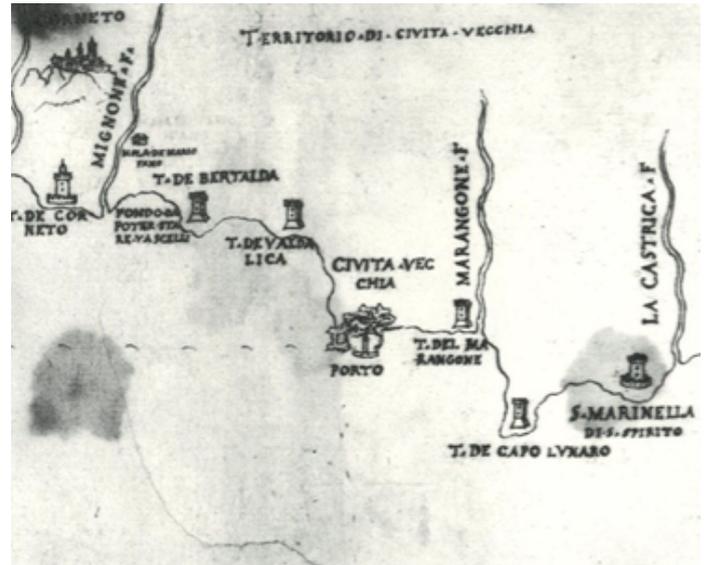


Fig. 7, Stralcio di mappa da "Libro della Navigazione" di Pietro Paolo Bringon del 1768

## Gli insediamenti antropici: la centrale termoelettrica di Torrevaldaliga

Simona Calà e Federico Araneo  
ISPRA

### Inquadramento sito della centrale

L'area della centrale è ubicata in una stretta fascia pianeggiante che si estende parallelamente al mare a circa 6 km Nord-Ovest dell'abitato di Civitavecchia ed è percorsa, ad Est dalla ferrovia Roma-Pisa, che divide il sito in due parti. Oltre il rilevato ferroviario è situata la sottostazione elettrica, mentre l'impianto di produzione vero e proprio, fino ai trasformatori di macchina, occupa l'area prospiciente la costa tirrenica.

Complessivamente l'area occupata dall'impianto è di circa 700.000 m<sup>2</sup> pari a 0,7 km<sup>2</sup>.

A NNW il sito confina con un impianto di piscicoltura che utilizza le acque calde di scarico della centrale.

Verso Nord-Ovest, la fascia costiera continua con andamento pianeggiante raggiungendo Punta S. Agostino e la foce del Fiume Mignone. A Sud, in successione, si trovano: la Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Sud, l'area portuale e l'abitato di Civitavecchia.

### Perché le centrali termoelettriche si trovano di fronte al mare?

Le centrali termoelettriche necessitano di

grandi quantitativi di acqua soprattutto per il raffreddamento.

Nel caso della centrale Torrevaldaliga Nord questi sono più di 7 milioni di m<sup>3</sup> al giorno pari a circa un terzo della portata media del Tevere. Tali quantitativi non sarebbero reperibili da altre acque superficiali senza considerevoli impatti all'ambiente.

Inoltre, molte materie prime, tra cui il combustibile, vengono approvvigionate via mare spesso con percorsi molto lunghi, in questo caso oceanici.

### Storia dell'impianto: quadro autorizzativo e progetto di trasformazione a carbone

La centrale Enel di Torrevaldaliga Nord è nata negli anni '50 come centrale termoelettrica ad olio combustibile da 4 gruppi con una capacità totale di 2640 MW.

Il 2003 è stato l'anno di avvio dei lavori di riconversione da olio denso a carbone: nel 2009 la centrale, autorizza-

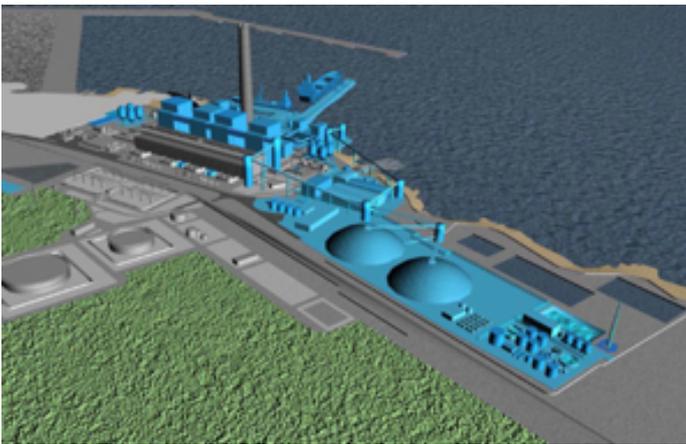


Fig. 1, esempio di olio combustibile denso utilizzato precedentemente

ta con Decreto Autorizzativo n. 55/02/2003, è entrata in esercizio con l'avvio delle prime due sezioni a carbone ed è andata a pieno regime nel 2010.

### Ciclo produttivo attuale a carbone

Attualmente, la centrale di Torrevaldaliga Nord è una centrale termoelettrica a carbone con una capacità totale di 1980 MW installati.



**Fig. 2, modello 3D dell'impianto riconvertito a carbone (Fonte: Sintesi non tecnica sull'assetto di funzionamento a carbone di Enel, giugno 2009)**

### Che grandezza è 1980 MW?

Il Watt o i suoi multipli sono la misura dell'energia trasferita o prodotta nell'unità di tempo. Per fare un confronto, un ciclista professionista in uno sforzo di picco produce circa 500 W. Cioè ci vorrebbero 4 milioni di ciclisti professionisti per produrre la potenza della centrale. La misura di quanta energia elettrica produce effettivamente la centrale si esprime in MWh o suoi multipli.

La centrale di Torrevaldaliga Nord produce circa 15 TWh (milioni di MWh) all'anno che corrispondono a circa l'8% di tutta l'energia prodotta in Italia da centrali termoelettriche e circa il 5% di tutta l'energia fornita in Italia nel 2019.

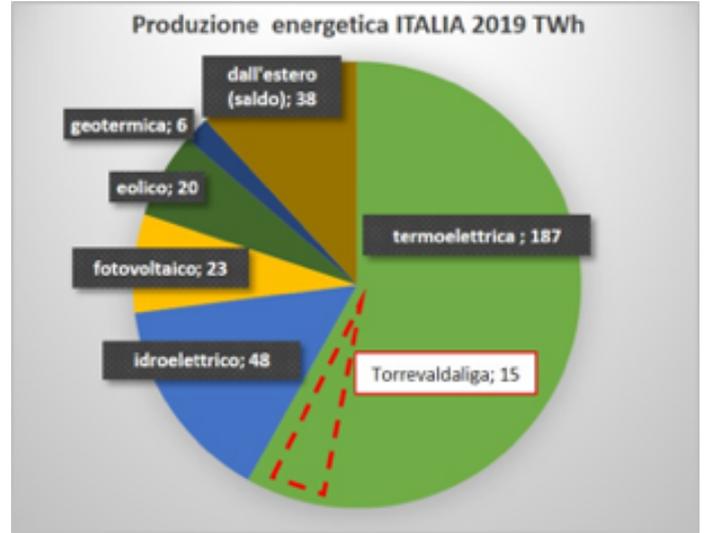
Per ottenere la stessa quantità di energia occorrerebbero circa 70 km<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici corrispondenti all'area di un quadrato di lato pari a circa 8.300 metri.

### Come funziona

La centrale è formata da 3 sezioni della capacità di 660 MW ciascuna, i cui macchinari principali sono costituiti dalla caldaia, dalla turbina a va-

pore e dal condensatore con i sistemi ausiliari collegati (alimentazione aria, circuito combustibili, etc.).

La produzione di energia elettrica negli im-

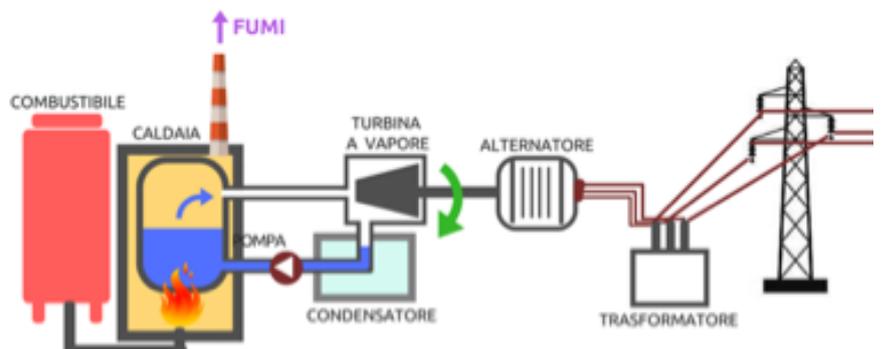


**Fig. 3: produzione energetica in Italia nel 2019. Fonte: relazione 2020 Terna SpA**

pianti termici a vapore avviene a seguito della combustione in caldaia del combustibile (polverino di carbone in questo impianto) e della generazione di vapore: l'energia termica prodotta dalla combustione in caldaia viene trasformata prima in energia meccanica attraverso la turbina a vapore, poi in energia elettrica attraverso l'alternatore; quindi, l'energia elettrica viene immessa nella rete nazionale di trasporto ad alta tensione attraverso trasformatori elevatori di tensione.

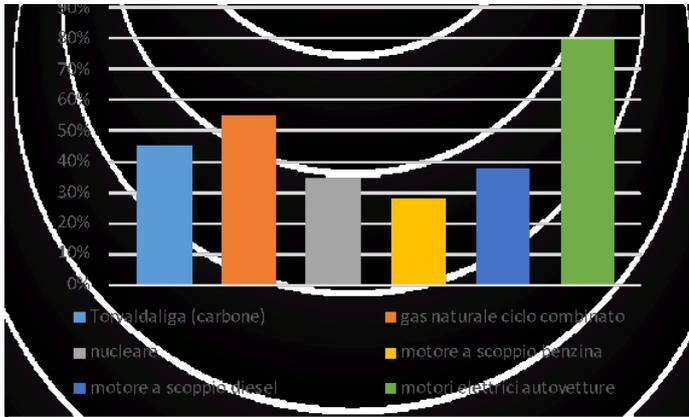
Ricapitolando, il processo di produzione dell'energia elettrica è basato sulle seguenti trasformazioni:

Energia chimica (combustibile) → generatore di vapore (caldaia) → energia termica (vapore) → turbina a vapore → energia meccanica → alternatore → energia elettrica trasformatore → rete ad alta tensione.



**Fig. 4, schema di produzione dell'energia elettrica da impianto termico. Fonte: <https://tecnologiaduepuntozero.altervista.org/>**

Il rendimento del processo di combustione e produzione di energia elettrica della centrale di Torrevaldaliga Nord è di circa il 45%. Cioè rispetto alla quantità di energia spesa quanta è quella realmente utile.



**Figura 5: confronto del rendimento energetico della centrale a carbone TVN con quello di altre centrali e dei motori di autovetture**

Attualmente, la centrale

- funziona per 7.500 ore l'anno;
- brucia 4,5 milioni di tonnellate/anno di carbone e 150.000.000 Sm<sup>3</sup> di gas naturale (per le fasi di avviamento);
- produce 450.000 t/a di ceneri, 250.000 t/a di gesso e 5.000 t/a di fanghi di trattamento, quali scarti di processo.

### Approvvigionamento, movimentazione e stoccaggio carbone

Le nuove sezioni della Centrale di Torrevaldaliga Nord sono alimentate a carbone di qualità, con un contenuto di zolfo inferiore all'1%, proveniente da diversi bacini carboniferi mondiali, quali Polonia, Sud Africa, Stati Uniti, Venezuela, Colombia, Indonesia e Australia.

Il carbone arriva su navi carboniere oceaniche



**Fig. 6 nave carboniera mentre attracca alla banchina della centrale**

con stive coperte dotate di sistemi di sicurezza ed in accordo con le normative e i codici internazionali della navigazione.

Nello specchio di mare antistante l'impianto è

stata realizzata e attrezzata la banchina principale per l'accosto di navi dedicate al rifornimento del carbone e del calcare; una banchina secondaria è stata realizzata per l'accosto di navi dedicate al trasporto del gesso e delle ceneri.

Il carbone viene prelevato dalle stive della nave mediante 2 scaricatori, che scorrono su appositi binari per tutta la lunghezza della banchina e, attraverso una propria tramoggia, trasferiscono il carbone su nastri trasportatori chiusi, completamente automatizzati e con controllo a distanza, che collegano la banchina alla centrale.

Lo stoccaggio avviene in due carbonili circolari a cupola detti dome (pianta circolare di circa



**Fig. 7 dettaglio sui nastri trasportatori**

140 m di diametro e altezza di circa 40 m) da circa 138.000 t, che assicurano alla centrale un'autonomia di circa 20 giorni nelle condizioni di massimo carico: sono strutture completamente chiuse e dotate di macchine per la movimentazione del carbone con controllo remotizzato, senza necessità di impiego di risorse umane al loro interno.



**Fig. 8, vista dei due dome**



**Figura 9: carbonile a cupola (dome) visto dall'interno**

In un anno viene utilizzato un quantitativo di carbone pari a 4.500.000 tonnellate, corrispondente al quantitativo stoccato in 32 dome completamente pieni.

Le cupole hanno una struttura portante in alluminio e copertura con pannelli di alluminio.

Fra il cordolo e l'inizio della copertura sono state realizzate le aperture, per assicurare un adeguato ricambio di aria. È inoltre prevista una apertura continua alla base della cupola di altezza di circa 2 m, tale da garantire una superficie di immissione aria pari a circa 900 m<sup>2</sup>.

Nel percorso tra la banchina e i carbonili il nastro incontra 6 torri T1-T6, in cui alloggiato:

- gli ausiliari dei nastri (motori e quadri di alimentazione);
- i sistemi di ventilazione che mantengono il circuito di movimentazione in leggera depressione rispetto all'ambiente esterno, eliminando ogni possibilità di dispersione di materiale polveroso;
- nella sola torre T2, le apparecchiature

per la pesatura continua e il campionamento e le apparecchiature per la rivelazione e la separazione di eventuali corpi ferrosi.

La centrale a carbone produce una serie di impatti sull'ambiente, il principale dei quali è quello generato sull'atmosfera.

La produzione di energia elettrica genera i fumi di combustione che, prima di essere espulsi in atmosfera attraverso una ciminiera multiflusso di 250 metri di altezza, composta da tre canne metalliche (una per ogni sezione, aventi ciascuna diametro interno di 5,7 m all'uscita), sono sottoposti a una serie di trattamenti costituiti principalmente da:

denitrificatori catalitici per l'abbattimento degli ossidi di azoto;

filtri a manica per l'abbattimento delle polveri;

desolforatori del biossido di zolfo.  
Il camino di una centrale a carbone è così alto per la necessità di contenere la ricaduta al suolo degli inquinanti, disperdendoli negli strati più alti dell'atmosfera e su una porzione più ampia di territorio.

### Impatti sulla matrice aria

Macroinquinanti monitorati in continuo (SME)	Effetti su ambiente/salute	Sistema di abbattimento	Prodotti di reazione sistema di abbattimento	Quantità in massa emessa (t/anno)*	Quantità in massa da centrale gas naturale <sup>1</sup>
NO <sub>x</sub>  Combustibile +aria (N <sub>2</sub> ) ad alte temperature necessarie per la produzione di energia e per evitare la formazione di altri inquinanti	NO <sub>2</sub> è responsabile dello smog fotochimico; tossico per l'uomo	Bruciatori DeNO <sub>x</sub> in caldaia e denitrificatori catalitici dei fumi (SCR)	Il reagente NH <sub>3</sub> che non ha reagito nel denitrificatore (reazione chimica fra NO <sub>x</sub> e NH <sub>3</sub> per formare N <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O): circa 1,5 t/anno NH <sub>3</sub>	2715	148-298
CO reazione incompleta (poco ossigeno, bassa temperatura)	Effetti trascurabili sull'ambiente; problemi al sistema respiratorio umano e morte per asfissia a elevate concentrazioni	Ottimizzazione del processo di combustione		1868	112-1229
SO <sub>2</sub>	Responsabile dell'acidificazione delle precipitazioni (piogge acide) e dei corpi idrici, con effetti tossici sui vegetali e impatto sulla vita acquatica; corrosivo per l'uomo	Utilizzo di carbone BTZ e desolforatori (DeSO <sub>x</sub> )	Gesso (solfato di calcio bi-idrato) prodotto nella torre assorbimento per reazione tra SO <sub>2</sub> e calcare	2086	14-42
Polveri o particolato (PM)	Il particolato provoca una diminuzione della visibilità atmosferica e della luminosità; le polveri più sottili (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub> ) sono le più pericolose per la salute umana per il loro grado di penetrazione nell'apparato respiratorio	Filtri a manica	Le ceneri leggere, che sono trattenute dai filtri a manica, sono raccolte nelle tramogge sottostanti e trasferite con sistemi pneumatici ai silo giornalieri	120	103-234

Effetti trascurabili sull'ambiente;  
 problemi al sistema respiratorio umano e morte per asfissia a elevate concentrazioni

Ottimizzazione del processo di combustione  
 1868 SO<sub>2</sub>

Responsabile dell'acidificazione delle precipitazioni (piogge acide) e dei corpi idrici, con effetti tossici sui vegetali e impatto sulla vita acquatica;

corrosivo per l'uomo

Utilizzo di carbone BTZ e desolfuratori (DeSO<sub>x</sub>) Gesso (solfato di calcio bi-idrato) prodotto nella torre assorbimento per reazione tra SO<sub>2</sub> e calcare 2086

Polveri o particolato (PM) Il particolato provoca una diminuzione della visibilità atmosferica e della luminosità;

le polveri più sottili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) sono le più pericolose per la salute umana per il loro grado di penetrazione nell'apparato respiratorio Filtri a manica Le ceneri leggere, che sono trattate dai filtri a manica, sono raccolte nelle tramogge sottostanti e trasferite con sistemi

pneumatici ai sili giornalieri 120

\* Anno di riferimento 2016

Possiamo mettere in relazione la quantità di sostanze emesse dalla centrale termoelettrica in un anno con altri fattori di inquinamento dell'aria tra cui il traffico marittimo e quello veicolare. Nel primo caso il paragone è fatto a parità di energia prodotta, nel secondo della concentrazione emessa per unità di tempo considerando per i veicoli le normative Euro 3, Euro 4 e Euro6 e la quantità giornaliera di km percorsi dal parco veicoli italiano pari a circa 10.000.000 km/giorno (fonte: www.sicurauto.it). Emissioni del trasporto marittimo\*\* a parità di energia prodotta: lo stesso quantitativo di emissioni sarebbe prodotto in 20 giorni Emissioni del trasporto marittimo\*\* a parità di energia prodotta: lo stesso quantitativo di emissioni sarebbe prodotto in 8 giorni dal traffico veicolare italiano

<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>Polveri</b>
2.715 tonnellate di NO <sub>x</sub> in un anno	2086 tonnellate annue	120 tonnellate annue
Emissioni del <i>trasporto marittimo</i> ** a parità di energia prodotta: lo stesso quantitativo di emissioni sarebbe prodotto in <b>20 giorni</b>	Emissioni del <i>trasporto marittimo</i> ** a parità di energia prodotta: lo stesso quantitativo di emissioni sarebbe prodotto in <b>8 giorni</b>	
<b>Traffico veicolare italiano</b> L'emissione di NO <sub>x</sub> dalla centrale di <u>Torrevaldaliga</u> di <i>1 anno</i> sarebbe relativa alla circolazione delle autovetture Euro 3: circa <i>1 anno e mezzo</i> Euro 4: circa <i>3 anni</i> Euro 6: per circa <i>9 anni</i>		<b>Traffico veicolare italiano</b> L'emissione di PM dalla centrale <u>Torrevaldaliga</u> di <i>1 anno</i> sarebbe relativa alla circolazione delle autovetture Euro 3: circa <i>8 mesi</i> Euro 4: circa <i>1 anno e 4 mesi</i> Euro 6: circa <i>6 anni</i>

\*\* Limiti indicati nell'Annex VI (2016) dell'International Convention on the Prevention of Pollution from Ships", conosciuta come "MARPOL" redatta dall'IMO (agenzia per il trasporto marittimo dell'ONU)

A causa delle caratteristiche del carbone, dalla sua combustione si possono formare dei microinquinanti in quantità esigue, per i quali è prevista la caratterizzazione attraverso monitoraggio discontinui periodici: si tratta dei composti inorganici del cloro e del fluoro espressi come HCl e HF, dell'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), dei metalli, degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

### **Impatti sulla matrice acqua**

Le acque di raffreddamento della centrale sono costituite da acqua di mare prelevata e restituita in continuo con un incremento di temperatura: si tratta dello scarico preponderante, circa 25 m<sup>3</sup>/s per ciascuna unità in servizio.

I limiti di legge da rispettare prescrivono una temperatura dell'acqua nel punto di scarico non superiore a 35°C e l'incremento termico su un arco a 1000 m dal punto di scarico non superiore a 3°C.

Le acque reflue industriali prodotte dalla centrale sono depurate nei seguenti impianti di trattamento:

- di disoleazione (ITAO) per le acque oleose provenienti dalle aree di impianto inquinabili da oli;
- chimico-fisico (ITAC) per le acque acide e alcaline provenienti dall'isola produttiva;
- trattamento spurghi DeSO<sub>x</sub> (ITSD) per le acque di spurgo provenienti dai sistemi di desolforazione fumi e successivo trattamento in impianto denominato Sistema di evaporazione e cristallizzazione (SEC) per il loro completo recupero.

Per quanto riguarda il fabbisogno idrico, la centrale utilizza l'acqua di mare sia come acqua di raffreddamento sia per la produzione di acqua industriale dolce (destinata al processo), attraverso un impianto a osmosi inversa, effettuando anche il recupero delle acque reflue depurate.

Prendendo a riferimento l'anno 2016, si riportano i seguenti consumi della risorsa acqua: acqua mare di raffreddamento 2.214.501.593 m<sup>3</sup>/a (consumo giornaliero di 6.067.128 m<sup>3</sup>) di cui 70.491.991 m<sup>3</sup>/a sono forniti all'impianto di piscicoltura come acque calde di scarico

acqua di processo 9.397.743 m<sup>3</sup>/a (consumo giornaliero di 25.747 m<sup>3</sup>)

### **Prospettive future**

Cessazione definitiva dell'utilizzo del carbone per la produzione termoelettrica, da attuare entro il 31 dicembre 2025.

## Bibliografia

- AA.VV. LIFE SEPOSSO (2019) – Final Basic information, legislative context and description of case studies (Action B1.2, LIFE SEPOSSO, <http://lifeseosso.eu/>). 56 pp.
- AA.VV. LIFE SEPOSSO (2019) – Final report on *Posidonia oceanica* transplanting case studies analysis (Action A3, LIFE SEPOSSO, <http://lifeseosso.eu/>). 51 pp.
- AA.VV. LIFE SEPOSSO (2020) – Activity report about monitoring campaigns and their results (Action B2, LIFE SEPOSSO, <http://lifeseosso.eu/>). 128 pp.
- Antonoli F. (2012) Sea level change in western-central mediterranean since 300 kyr: comparing global sea level curves with observed data. Available online <http://amq.aiqua.it> ISSN (print): 2279-7327, ISSN (online): 2279-7335 *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 25 (1), 2012, 15-23
- Ardizzone G., Belluscio A., Criscoli A. (2018) – Atlante Degli Habitat Dei Fondali Marini Del Lazio. Sapienza Università Editrice, 389 pp.
- Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta (2015) – Studio per la Valutazione d'Incidenza di Piani e Progetti finalizzati allo sviluppo dell'HUB portuale di Civitavecchia. 2015, 370 pp.
- Ballesteros E. (2006) – Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 44: 123-195.
- Benjamin J., A. Rovere, A. Fontana, S. Furlani, M. Vacchi, R.H. Inglis, E. Galili, F. Antonioli, D. Sivan, S. Miko, N. Mourtzas, I. Felja, M. Meredith-Williams, B. Goodman-Tchernov, E. Kolaiti, M. Anzidei, R. Gehrels (2017) Late Quaternary sea-level changes and early human societies in the central and eastern Mediterranean Basin: An interdisciplinary review. *Quaternary International* 449 (2017) 29e57
- Bertocci I., Araújo R., Incera M., Arenas F., Pereira R., Abreu H., & Sousa-Pinto I. (2012) – Benthic assemblages of rock pools in northern Portugal: seasonal and between-pool variability. *Scientia Marina*, 76(4), 781-789.
- Bianchi C.N., Boero F., Fraschetti S., Morri C. (2004) – Il popolamento sommerso. In: Quaderni Habitat n.7 – Coste marine rocciose. La vita fra rocce e salsedine: 105-133.
- Biondi E., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L. & Blasi C., 2012. Diagnosis and syntaxonomic interpretation of Annex I Habitats (Dir. 92/43/ EEC) in Italy at the alliance level. *Plant Sociology*, 49(1): 5-37.
- Bosa B.(2020)- Piano di Gestione Forestale e manutenzione delle pinete frangivento di La Frasca – Sant'Agostino. Relazione tecnica. Arsial. [https://www.arsial.it/wp-content/uploads/determine\\_dirigenti/All.-det.-n.-190.pdf](https://www.arsial.it/wp-content/uploads/determine_dirigenti/All.-det.-n.-190.pdf)
- Bosch M., Moreno L. (1986). Spatial distribution of *Littorina neritoides* (L. 1758) (Mollusca, Gastropoda) in the supralittoral zone in the Balearic Islands. *Cahi. de Biologie Marine*, 42, 53-62.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006) – Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub.: 1-202.
- Calumpong H.P., Fonseca M.S. (2001) – Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: *Global Seagrass Research Methods*. Eds: Short F.T. and Coles R.G. Elsevier Science. chapter 22: 425-442.
- Cammarata D.(2016)- Progetto di riqualificazione e miglioramento delle condizioni fitosanitarie e fitostatiche della pineta denominata "La Frasca" di proprietà di Arsial sita nel territorio del comune di Civitavecchia (RM). Arsial.
- Carletti (2019). Fauna Macrozoobentonica associata alle Pozze di Marea e scogliera di Civitavecchia. Tesi di laurea triennale in Oceanografia Biologica, Università degli della Toscana, Anno 2018-2019.
- Centrale). *Geologica Romana*, 19, 181-194.
- Chiocci F.L. (2000) – Depositional response to Quaternary fourth-order sea-level fluctuations on the Latium margin (Tyrrhenian Sea, Italy). *Sedimentary Responses to Forced Regressions*, 172, 271-289.
- Chiocci F.L. e La Monica G.B. (1996) – Analisi sismostratigrafica della piattaforma continentale

In: Sismostratigrafia, Morfologia e sedimentologia dei fondali. "Il mare del Lazio", 40-61, Tipografia Borgia, Roma.

Chiocci F.L. e La Monica G.B. (1999) – Individuazione e caratterizzazione dei depositi sabbiosi presenti sulla Piattaforma Continentale della Regione Lazio e valutazione di un loro utilizzo ai fini del ripascimento dei litorali in erosione. Convenzione: Università degli Studi di Roma "La Sapienza" Dipartimento Scienze della Terra – Regione Lazio Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità. Rapporto finale della prima fase pp. 100.

Cinelli F., Tunesi L. (2009) – Il coralligeno. In: Quaderni Habitat n. 22 – Biocostruzioni marine. Elementi di architettura naturale: 13-27.

Conato V. & Dai Prà G. (1980) – Livelli marini pleistocenici e neotettonica tra Civitavecchia e Tarquinia (Italia)

Correggiari A., Carrà D., Landuzzi V., Penitenti D., Viglione M., Paltrinieri D., Antonelli U. (2003) – Research and identification of sand deposit in the central Adriatic sea. Convegno: "Le sabbie sottomarine dell'Adriatico centrale. Proteggere ed ampliare l'orizzonte delle spiagge" – Sirolo, 4-5 maggio 2003

Cotecchia V., Dai Prà G. & Magri G. (1969) – Oscillazioni tirreniane ed oloceniche del livello mare nel Golfo di Taranto, corredate da datazioni con metodo del Radiocarbonio. Geol. Appl. e Idrogeol., 4, 93-148.

D'Orefice M., Graciotti R., Lo Mastro S., Muraro C., Pantaloni M., Soligo M. & Tuccimei P. (2012) – U/Th Dating of a Cladocora Caespitosa from Capo San Marco Marine Quaternary Deposits (Sardinia, Italy). Alpine and Mediterranean Quaternary, 25, 35-40.

Dai Prà G. & Stearns C.E. (1977) – Sul Tirreniano di Taranto. Datazioni su coralli con il metodo del Th230/U234. Geologica Romana, 16, 231-242.

Durante S. & Settepassi F. (1977) – Malacofauna e livelli marini tirreniani a Grotta Guattari, Monte Circeo (Latina). Quaternaria, 19, 35-69.

Giaccone G. (2007) – Il coralligeno come paesaggio marino sommerso: distribuzione sulle coste italiane. Biologia Marina Mediterranea, 14(2): 126-143.

Giaccone G., Alongi G., Pizzuto F., Cossu A. (1994) – La vegetazione marina bentonica sciafila del Mediterraneo: III. Infralitorale e circalitorale. Proposte di aggiornamento. Bollettino Accademia Gioenia Scienze Naturali Catania, 27: 201-227.

Giraud G. (1977) – Essai de classement des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile. Botanica Marina 20 (8): 487-491.

ICS-IUGS (2020) – Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. <https://stratigraphy.org/ICSchart/QuaternaryChart1.jpg>

ISPRA – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 354 Tarquinia

ISPRA – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 353 Montalto di Castro

ISPRA (2015) – Individuazione di procedure avanzate per l'impiego sostenibile dei depositi sabbiosi sommersi mediante l'impostazione di schemi originali per la predisposizione di specifici studi di impatto ambientale ai fini della procedura di via regionale. Evoluzione morfo-batimetrica dei depositi di sabbie relitte sottoposti a dragaggio lungo la piattaforma continentale laziale. Regione Lazio Progetto POR FESR 2007-2013 "INTERCOAST": 75 pp.

La Porta B., Targusi M., Lattanzi L., La Valle P., Paganelli D., Nicoletti L. (2009) – Relict sand dredging for beach nourishment in the central Tyrrhenian Sea (Italy): effects on benthic assemblages. Marine Ecology 30 (Suppl. 1): 97-104

Mancini E., Varini V., Marcelli M. (2018) – Circoscrizione Portuale di Civitavecchia. Addendum n. 2 (02.08.2011). Caratterizzazione delle biocenosi di fondo duro "La murata di Sant'Agostino". Relazione Tecnica del DEB, Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina (Università la Tuscia) per conto dell'Autorità di Sistema Mar tirreno centro settentrionale, 67 pp.

MATTM-Regioni (2018) – Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici. Versione 2018 – Documento elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera. MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA, 304 pp.

- Mazzocchi (1741) – Dissertazione sopra l'origine de' Tirreni. Cortona, Accademia Etrusca.
- Medaglia S. & Martino C. – "...et cum portu qui dicitur Portus Bertalli": indagini topografiche e subacquee su un approdo millenario situato tra Tarquinia e Civitavecchia. Bollettino della Soc. Tarquinense di arte e storia. Suppl. 40, 83-112.
- Metaxas A., Scheibling R.E. (1993) – Community structure and organization of tidepools. Mar. Ecol. Progr. Ser., 98: 187-198.
- Nardi Combescure S. (2013) – La terra vista dal mare. I porti e gli scali minori tra Santa Severa e Corneto nei portolani medievali e moderni. *Temporis Signa: Archeologia della tarda antichità e del medioevo*, 8, 39-54.
- Nicoletti L., La Valle P., Paganelli D., Lattanzi L., La Porta B., Targusi M., Lisi I., Loia M., Maggi C., Pazzini A., Proietti R., e Gabellini M. (2018) – Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: protocollo di monitoraggio per l'area di dragaggio. ISPRa, Manuali e Linee Guida 172/2018, 34 pp
- Nicoletti L., Paganelli D., Gabellini M. (2006) – Environmental aspects of relict sand dredging for beach nourishment: proposal for a monitoring protocol. *Quaderno ICRAM n. 5*: 155 pp.
- Nicoletti L., Paganelli D., La Valle P., Maggi C., Lattanzi I., La Porta B., Targusi M., Gabellini M. (2009) – An Environmental Monitoring Proposal Related to Relict Sand Dredging for Beach Nourishment in the Mediterranean Sea., *Journal Coastal of Research*, SI 56, 1262-1266.
- Paganelli D., Nonnis O., Pazzini A., Proietti R. (2016) – Il dragaggio del fondo marino per il ripascimento costiero: casi di studio lungo la piattaforma continentale laziale. *Professione Geologo*, 48: 22-27.
- Palieri L. & Sposato A. (1988) – Segnalazione di Fauna a *Strombus bubonius* nell'area compresa tra Tarquinia e Montalto di Castro. *Il Quaternario*, 1, 161-166.
- Paskoff R. & Sanlaville P. (1980) – Les formations quaternaires de l'île de Jerba (Tunisie): essai sur le lignes de rivage. *C.R. somm. Soc. Geol. Fr.*, 4, 217-219.
- Pennetta M., Bifulco A., Savini A. (2013) – Ricerca di depositi di sabbia sottomarina relitta sulla piattaforma continentale del Cilento (SA) utilizzabile per interventi di ripascimento artificiale dei litorali. *Geologia dell'Ambiente*, Suppl. al n. 1/2013
- Rangeley R.W., Kramer D.L. (1995). Tidal effects on habitat selection and aggregation by juvenile pollock *Pollachius virens* in the rocky intertidal zone. *MEPS* 126:19-29 (1995) – doi:10.3354/meps126019.
- Salerno G., (2020)- Lineamenti floristico-vegetazionali e habitat del monumento naturale "La Frasca". [https://www.arsial.it/wp-content/uploads/post/Relazione-Lineamenti\\_Floristico\\_Vegetazionali\\_LaFrasca.pdf](https://www.arsial.it/wp-content/uploads/post/Relazione-Lineamenti_Floristico_Vegetazionali_LaFrasca.pdf)
- Servizio Geologico d'Italia (1969) – Foglio geologico 142 Civitavecchia in scala 1:100.000. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (NA).
- Targioni Tozzetti, Giovanni (1751-1752) – Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana : per osservare le produzioni naturali e gli antichi monumenti di essa. In Firenze, nella Stamperia imperiale. Tomo IX.
- Tortora P. (1996) – Depositional and erosional coastal processes during the last postglacial sea-level rise: an example from the central Tyrrhenian continental shelf (Italy). *Journal of Sedimentary Research*, 66: 2, 391-405.

#### Origine delle fotografie

Wikipedia Common, Salerno, 2020, Actaplantarum.org, Stefano Sarrocco, Roberto Crosti  
Bosa, 2020, Dryades.units.it, Federico Araneo, Paolo Moretti, Marco Pantaloni