



Regione Molise

IV DIPARTIMENTO

Servizio Difesa del Suolo, Demanio, Opere Idrauliche e Marittime – Idrico Integrato

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA MOLISANA

CODICE RENDIS 14IR562/G1

CUP: D84H17000490001

PROGETTO ESECUTIVO.

Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA	Tavola <i>TAV 3a</i>
	Scala
	Data Settembre 2020 Aggiornamento Dicembre 2021
	Rif.
Responsabile del Procedimento Ing. Fedele CUCULO f.to	
Progettazione: Servizio Difesa Suolo, Demanio, Opere Idrauliche e Marittime – Idrico Integrato	
Progettista geol. Maria Pina Izzo f.to	

	PAG
PREMESSA	1
1.INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA COSTIERA MOLISANA. ANALISI DEI VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI	3
1.1 VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI	11
2.INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	12
3.INQUADRAMENTO DEL LITORALE MOLISANO	13
4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	18
5.TETTONICA	20
5.1 SISMICITÀ STORICA	21
5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	22
6.ASSETTO LITOTECNICO	23
6.1 UNITA LITOTECNICA DI COPERTURA	23
6.2 UNITA LITOTECNICA DI SUBSTRATO	23
7.RISCHIO IDRAULICO	23
8.AMBITI DI INTERVENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE	24
9.POSSIBILI EFFETTI SULLE CONDIZIONI DI EQUILIBRIO DELLA COSTA	31
10.INDAGINI GEOLOGICHE – FONTI UTILIZZATE	32
10.1 STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI	33
10.2 PROVE SPT -ANALISI DEI RISULTATI E INTERPRETAZIONE	36
10.3 PROVE DI LABORATORIO- ANALISI DEI RISULTATI	37
10.4 INDAGINI GEOFISICHE – ANALISI DEI RISULTATI	38
11.MODELLO GEOLOGICO	39
12.MODELLO GEOTECNICO E GEOFISICO	39
13.MODELLO SISMICO	40
13.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	41
14. CONCLUSIONI	44
ALLEGATI	

PREMESSA

La presente relazione geologica è a corredo del progetto esecutivo riguardante gli interventi di difesa della costa – Codice Rendis 14 I R562/G1- progetto finalizzato alla difesa, al riassetto ed alla rifunzionalizzazione di alcuni tratti della costa molisana che, nel corso degli ultimi anni, sono stati interessati da consistenti fenomeni di erosione e arretramento, distinti in base alle seguenti tipologie:

- Erosione della spiaggia;
- Inondazione e/o allagamento;
- Progressivo approfondimento dei fondali in prossimità della battigia, a seguito della formazione delle correnti di rip (correnti di risacca) con conseguente diminuzione dell'azione smorzante del fondo marino nei confronti dell'energia prodotta dal moto ondoso;
- Instabilità e franamento delle testate delle opere di difesa della costa a seguito dell'approfondimento dei fondali in corrispondenza dei varchi tra le suddette;
- Impoverimento della frazione sabbiosa degli arenili.

Il progetto in esame prevede il ripristino e la rifioritura delle opere rigide esistenti e la realizzazione di nuove opere di difesa, emerse e sommerse (scogliere, pennelli e barriere) al fine di ottenere un risultato percepibile in termini di interruzione del fenomeno di arretramento con conseguenti azioni di ripascimento naturale nelle *zone di calma*.

Il risultato atteso dalla realizzazione di questo progetto, elaborato sulla base delle condizioni ambientali esistenti e delle esperienze passate maturate dai progettisti nel campo dell'ingegneria marina, è rappresentato dal rallentamento del processo di arretramento dei tratti di costa interessati dall' esecuzione delle opere progettuali, sulla base di una nuova configurazione e di un nuovo equilibrio dei processi di morfodinamica costiera. Gli interventi inseriti nella presente progettazione assumono il carattere di soluzioni a medio e lungo termine a fronte di situazioni di emergenza, inquadrare in una progettazione generale delle opere di difesa della costa molisana.

Con la suddetta relazione si vuole fornire un inquadramento geologico-morfologico della costa molisana in generale e delle aree oggetto di intervento che interessano tratti di costa dei comuni di Montenero di Bisaccia, Termoli e Campomarino (CB).

Nel presente studio è stato effettuato un rilevamento geologico e geomorfologico di superficie e, per quanto riguarda le indagini e la caratterizzazione geotecnica e geofisica dei

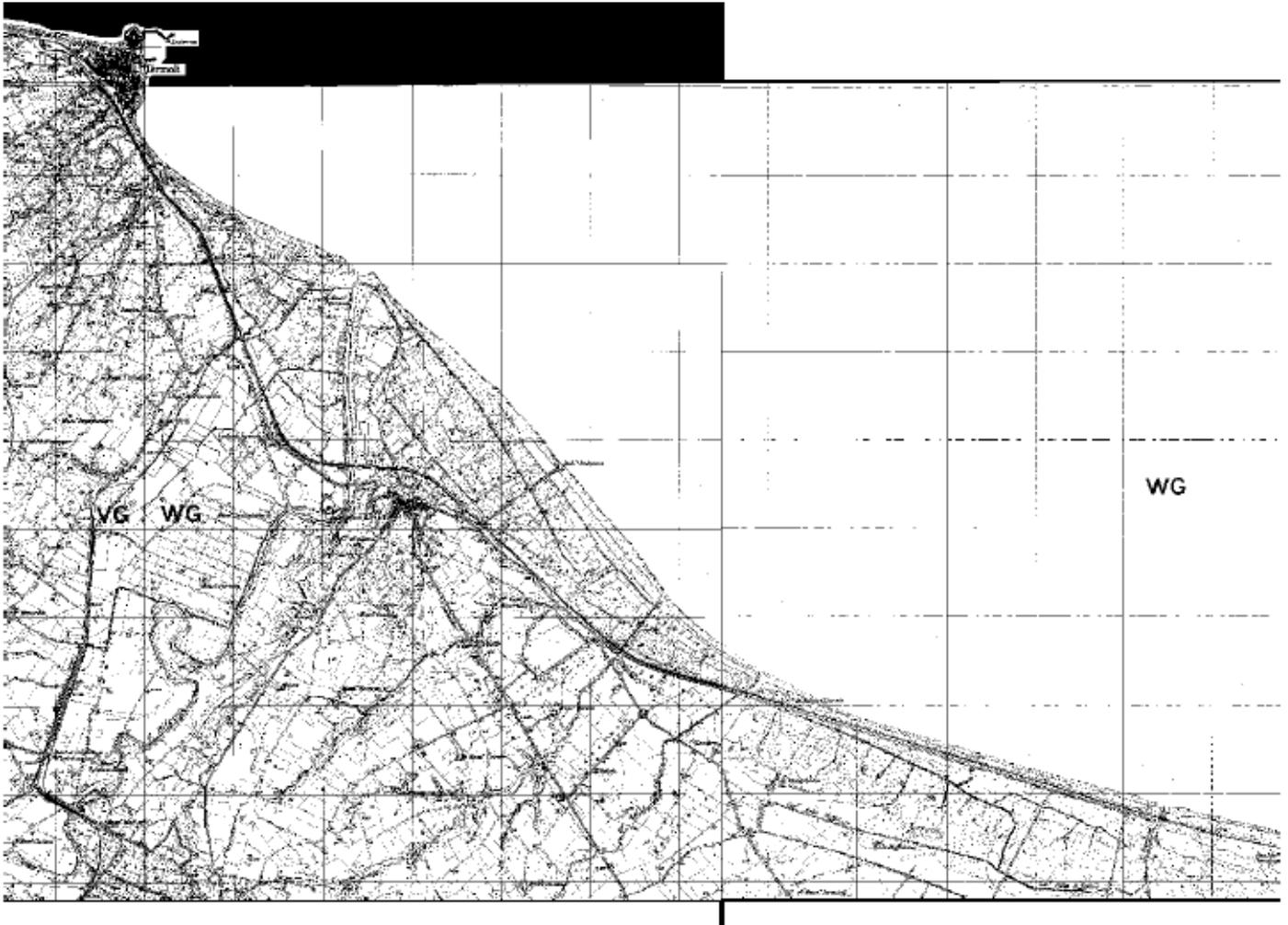
terreni, oltre alla presa visione ed uno studio di quanto presente in bibliografia vi e' stata una consultazione e utilizzazione dei dati contenuti negli elaborati progettuali relativi ad interventi realizzati nelle aree contermini e nell'area del porto turistico di Campomarino (gent. concess. Dott. V. Marra).

In particolare sono stati consultati i seguenti studi, pubblicazioni e cartografie di seguito elencati:

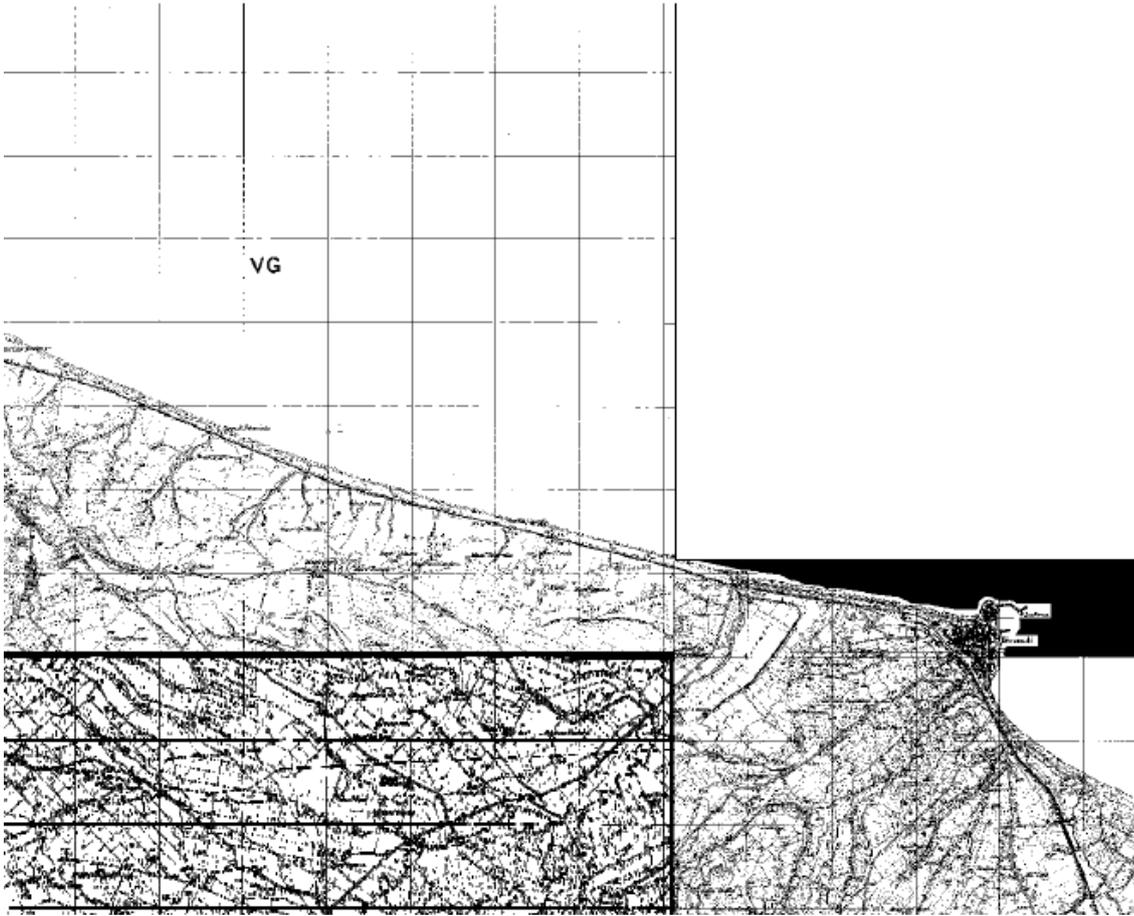
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del bacino del Fiume Biferno e minori e Trigno* dell'ex Autorità di Bacino Interregionale Fortore, Saccione, Trigno e Regionale Molise, adottato dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'AdB Distrettuale con Deliberazione N. 3 del 23/05/2017, approvato con DPCM 19/06/2019 (G.U. - SG n.194 del 20/08/2019)– Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale –
- *Studi di Microzonazione Sismica* con l'allegata cartografia geologica e geomorfologica dei comuni di
 - ✓ Montenero di Bisaccia approvato con Decreto n. 116 del 10.07.2008 dal Presidente della Regione Molise – Commissario Delegato;
 - ✓ Termoli: approvato con Decreto n. 116 del 10.07.2009 dal Presidente della Regione Molise – Commissario Delegato;
 - ✓ Campomarino: approvato con Decreto n. 81 del 01.04.2008 dal Presidente della Regione Molise – Commissario Delegato.
- *Carta Tecnica Regionale della Regione Molise* in scala 1:10.000;
- *Carta Geologica d'Italia* in scala 1:100.000, Foglio n.155 "S.Severo"
- *Geoportale Nazionale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare* –
- *Indagini geologiche e geognostiche preesistenti espletate presso il porto turistico di Campomarino* – dott. V. Marra;
- *Progetto "La dinamica della costa molisana" convenzione tra la Regione Molise e l'Università degli Studi del Molise – Di.S.T.A.T – anno 2008.*
- *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 02/02/2018 n. 42, s.o.);*
-

1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA COSTIERA MOLISANA. ANALISI DEI VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

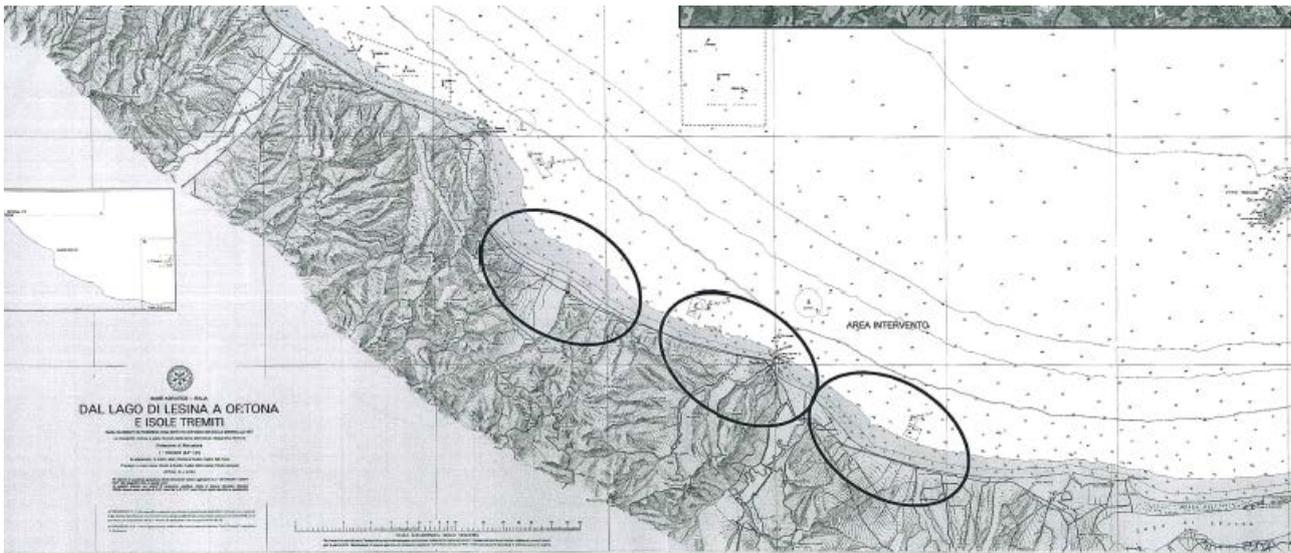
Con riferimento alla Carta Topografica dell'Istituto Geografico Militare Italiano, l'area costiera molisana ricade nella tavoletta IV quadranti NW e NE in scala 1:25.000, appartenente al Foglio n.155 del Quadro d'Unione d'Italia in scala 1:100.000.



Stralcio della carta I.G.M.I.- foglio 155 IV NO -scala 1:25.000



Stralcio della carta I.G.M.I.- foglio 155 IV NE – scala 1:25000



Un'analisi della fascia costiera molisana ha permesso di individuare le zone critiche sulle quali intervenire essendo state oggetto di modificazioni di non poco conto.

Montenero di Bisaccia

La zona interessata a Montenero di Bisaccia ricade nell'elemento n. 372102 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, edita dalla Regione Molise, di cui in *Figura 3* se ne riporta il relativo stralcio, mentre in *Figura 4* si riporta la foto aerea dell'area interessata.

In particolare l'aspetto orografico dell'area specifica d'interesse e' quello di un paesaggio sub collinare, prossimo alla costa, senza particolari forme di rilievi dominanti. Esso comprende sia le sabbie e i ciottoli di elaborazione marina, che danno luogo alla stessa fascia di spiaggia, sia le sabbie giallognole o grigiastre di trasporto eolico, con resti di molluschi continentali, costituenti il cordone di dune litorali.

La zona ora bonificata, è in genere costituita da litologie limo-argillose grigiastre e bluastre, sabbie più o meno grossolane con all'interno piccoli ciottoli sparsi.

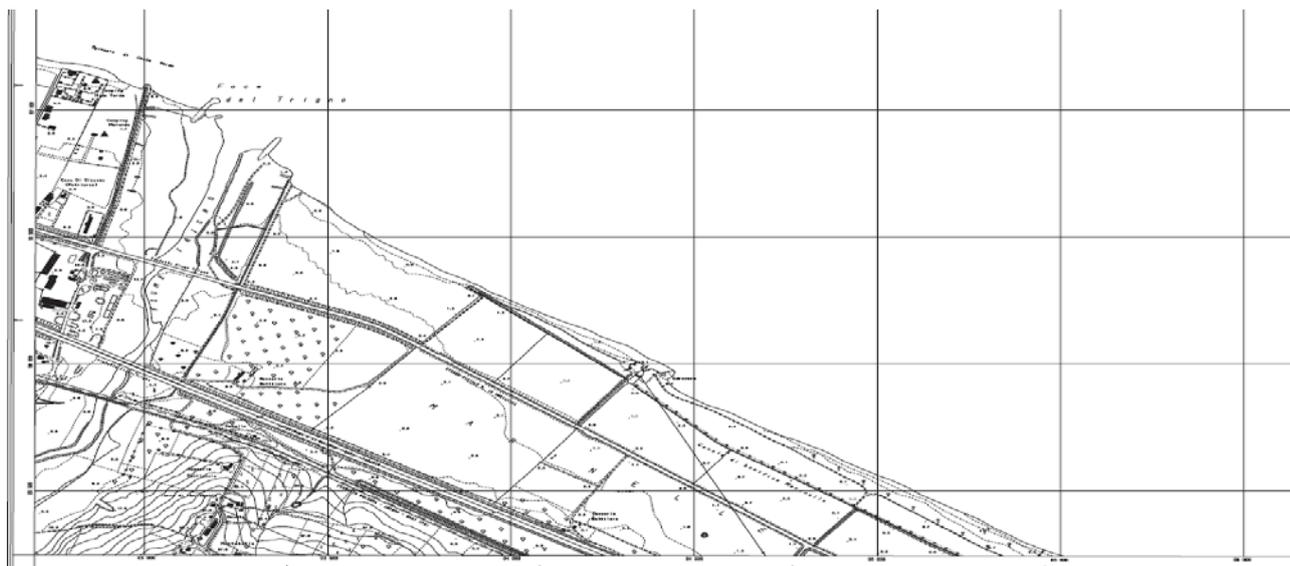


Fig. 3 Stralcio della Carta Tecnica Regionale– Costa Montenero di Bisaccia-

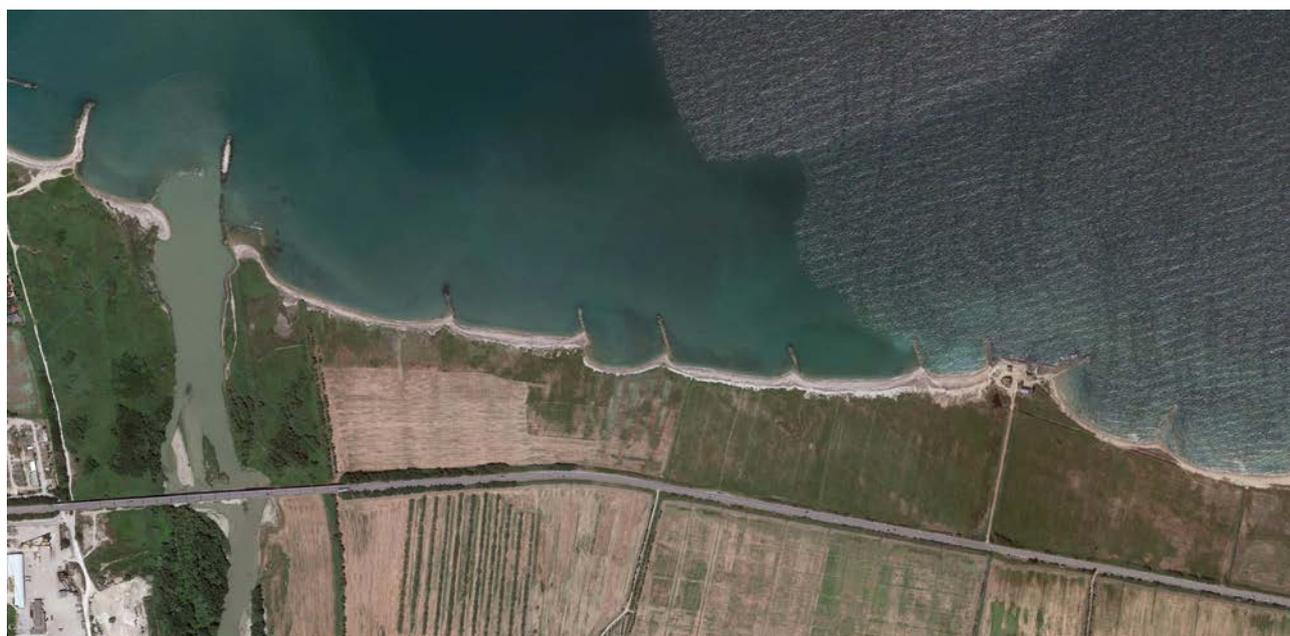


Fig. 4 Foto aerea - Costa Marina di Montenero di Bisaccia

Termoli

La zona a nord-ovest di Termoli ricade nell'elemento n. 372162 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, edita dalla Regione Molise, di cui in Figura 5 se ne riporta il relativo stralcio, mentre in Figura 6 si riporta la foto aerea dell'area interessata.

In particolare l'aspetto orografico dell'area specifica d'interesse è quello di un paesaggio sub collinare, prossimo alla costa, senza particolari forme di rilievi dominanti. Prevale un

aspetto a tavolato degradante verso la costa, dove termina bruscamente sulla spiaggia perché interrotto da una falesia.

Il reticolo idrografico è definito dalla permeabilità dei terreni affioranti. Ciò è più evidente alle quote più elevate, dove prevalgono i litotipi con sabbie e ghiaie o sabbie argillose, a granulometria medio-grossa e con permeabilità medio-alta. Modesto è il contributo sorgentizio.



Fig. 5 Stralcio della Carta Tecnica Regionale - Costa a Nord-Ovest di Termoli

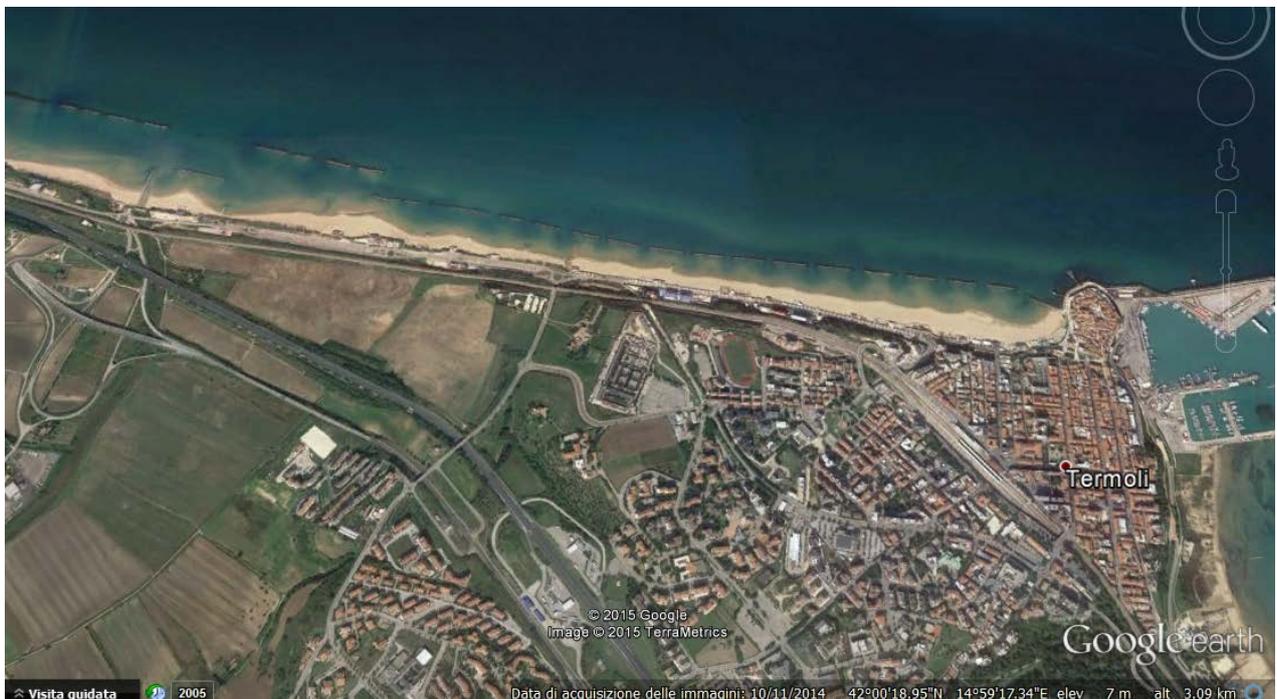


Fig. 6 Foto aerea - Costa a Nord-Ovest di Termoli

La zona interessata a sud di Termoli individuata ricade nell'elemento n. 382014 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, edita dalla Regione Molise, di cui in Figura 7 se ne riporta il relativo stralcio, mentre in Figura 8 si riporta la foto aerea dell'area interessata.

In particolare l'aspetto orografico dell'area specifica d'interesse è quello di una ex palude bonificata che presenta sedimenti recenti di spiaggia di laguna. Lo sviluppo idrografico, collegato alla permeabilità delle litologie presenti in affioramento, risulta pressoché nullo, pertanto ha necessitato di canali di bonifica per il deflusso delle acque al mare.



Fig. 7 Stralcio della Carta Tecnica Regionale – Costa a Sud di Termoli

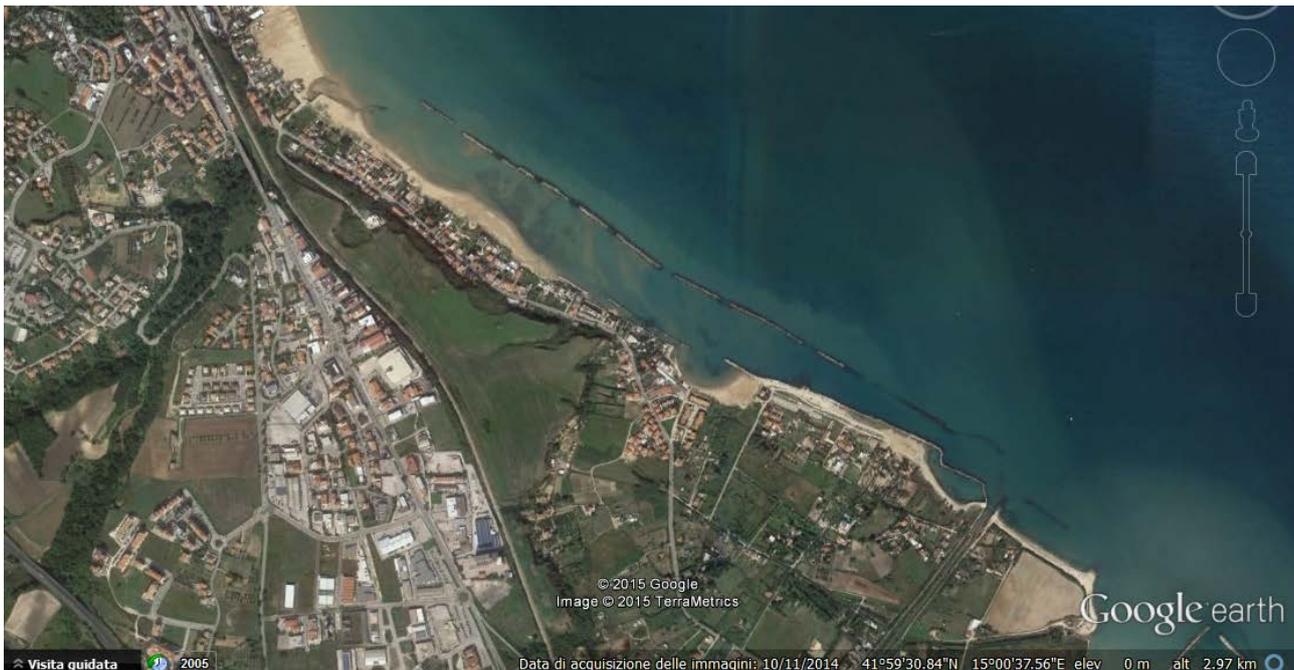


Fig. 8 Foto aerea – Costa a Sud di Termoli

Campomarino

La zona interessata lungo la costa di Campomarino, a nord del Porto Turistico, ricade nell'elemento n. 382012 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, edita dalla Regione Molise, di cui in Figura 9 se ne riporta il relativo stralcio, mentre in Figura 10 si riporta la foto aerea dell'area interessata.

In particolare l'aspetto orografico dell'area specifica d'interesse è quello tipico della morfologia d'insieme dei paesi costieri del Molise, in cui l'elemento dominante è un terrazzo di origine marina, degradante verso N-E, con fianchi asimmetrici e profili marcati lungo il bordo occidentale, che è correlato con una vecchia ansa fluviale, che testimonia la passata attività del Fiume Biferno, ora occupata da depositi alluvionali terrazzati. Il reticolo idrografico superficiale presenta una bassa densità di drenaggio, legata alle discrete caratteristiche di permeabilità dei terreni affioranti.



Fig. 9 Stralcio della Carta Tecnica Regionale – Costa di Campomarino

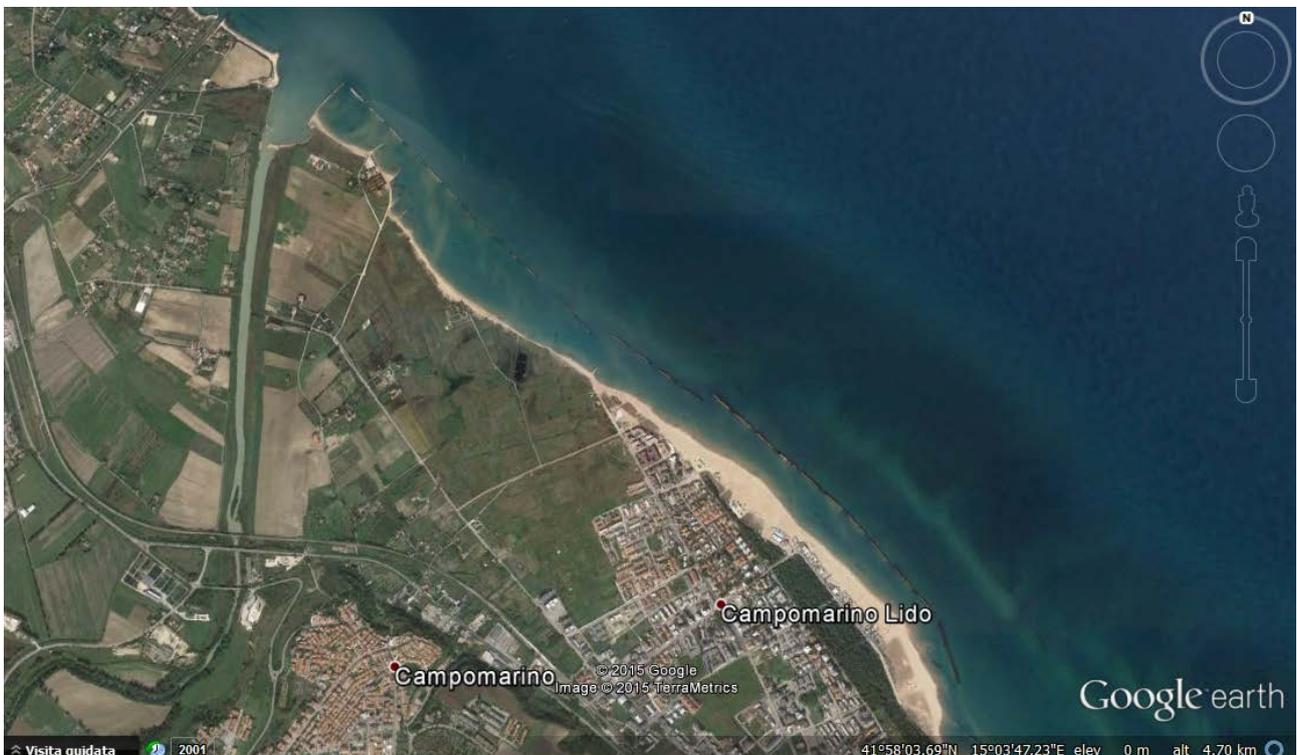


Fig. 10 Foto aerea – Costa di Campomarino

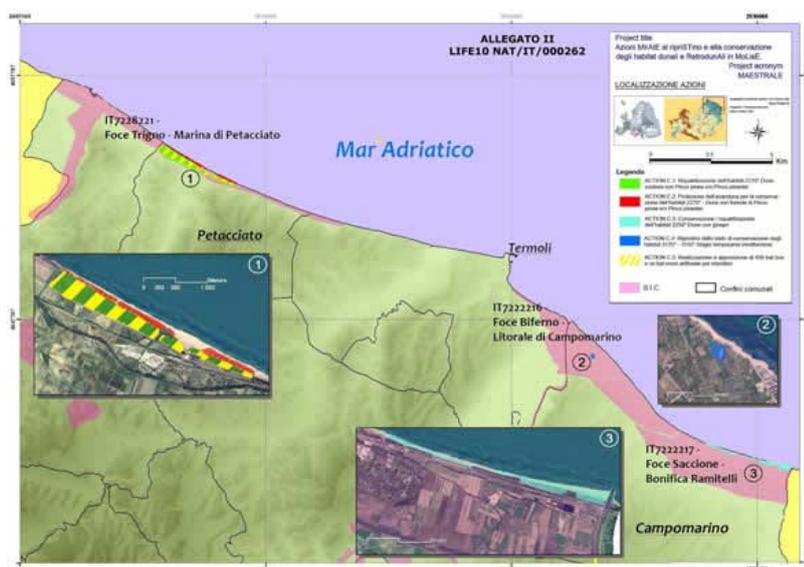
1.1 Vincoli ambientali e paesaggistici

La rete Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

E' costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

Ubicati lungo la costa molisana sono presenti tre siti SIC - **IT7228221 Foce Trigno - Marina di Petacciato**, **IT7222216 Foce Biferno - Litorale di Campomarino**, **IT7222217 Foce Saccione - Bonifica Ramitelli**, che comprendono esclusivamente aree con coste basse sabbiose in cui si alternano piccole pianure alluvionali costiere e cordoni dunali olocenici dove sviluppa, lungo il gradiente dal mare verso l'entroterra, la tipica sequenza catenale di formazioni vegetali psammofile.

Le aree oggetto di intervento non ricadono in alcun sito di Rete Natura 2000, individuati dalla Regione Molise.



I vincoli paesaggistici sono disciplinati dal D.Lgs. 22 gennaio 2004 n.42, “*Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio*” e successive modificazioni ed integrazioni. Le disposizioni del Codice che regolamentano i vincoli paesaggistici sono l’art. 136 e l’art. 142. L’art. 136 individua gli immobili e le aree di notevole interesse pubblico da assoggettare a vincolo paesaggistico con apposito provvedimento amministrativo. L’art. 142 individua le aree tutelate per legge ed aventi interesse paesaggistico di per sé, quali tra l’altro, i territori costieri compresi in una fascia di 300 metri dalla linea di battigia, anche per terreni elevati sul mare.

Pertanto, gli interventi da realizzare dovranno essere sottoposti alla preventiva autorizzazione paesaggistica così come da normativa vigente.

INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

La variabilità litologica e morfologica influenza anche gli aspetti idrografici e idrogeologici. L’idrografia della regione Molise è piuttosto scarsa e spesso tutti i corsi d’acqua hanno regime torrentizio con piene invernali e marcate magre estive. I fiumi principali sono il Volturno, il Trigno, il Biferno, il Saccione e il Fortore, ma soltanto il Biferno scorre interamente nel territorio molisano. Nasce dalle falde del Matese e sfocia nel mare Adriatico presso Termoli con una foce a cuspide deltizia molto pronunciata. Il fiume Trigno segna il confine con la Regione Abruzzo, nasce dal Monte Capraro e raccoglie le acque di numerosi affluenti. Il fiume Fortore, segna, invece, il confine con la regione Puglia, dà origine all’invaso di Occhito, che in parte è già in territorio pugliese.

In tutta la regione Molise si possono distinguere tre complessi idrogeologici principali:

-complessi calcarei: sono sede di notevoli acquiferi sotterranei e ad essi sono associate le sorgenti più importanti;

-complessi calcareo-marnosi: hanno una circolazione idrica limitata che produce effetti di interesse strettamente locale;

-complessi marnoso-argillosi: sono completamente impermeabili e, posti a contatto con il complessi calcarei, permettono la formazione di sorgenti e la nascita di fiumi.

Idrograficamente l'area in **esame fa parte di una zona pianeggiante.**

Per quanto riguarda la classificazione dei terreni dal punto di vista idrogeologico, si distingue una sola unità rappresentata da depositi alluvionali recenti ed attuali a cui si attribuisce una **permeabilità alta**.

INQUADRAMENTO DEL LITORALE MOLISANO

La costa molisana si estende da nord-ovest verso sud-ovest per circa 36 km, dalla foce del Canale Formale del Molino (poco più a Nord del fiume Trigno), che delimita il confine con l'Abruzzo, fino alla foce del Torrente Saccione, che delimita il confine con la Puglia.

La sua estensione è di 36 km ed è per la maggior parte bassa e sabbiosa presentando tratti con differente orientamento e con problematiche diverse, sia in relazione all'entità del fenomeno erosivo in corso che alla richiesta d'uso turistico.

Presenta complessivamente diversi comprensori di foce di diversa estensione, tra i quali i più estesi sono il Saccione, il Biferno, il Sinarca e il Trigno, con associate aree alluvionali, che un tempo ospitavano estese paludi (Taffetani e Biondi 1991) e che ora sono soggette ad agricoltura estensiva e a sviluppo turistico (Foce Trigno) e industriale (Fiume Biferno).

Il litorale molisano ricade in due unità fisiografiche distinte e separate tra loro dal promontorio di Termoli. Il tratto settentrionale si estende per 19 Km, dalla foce del F. Trigno al promontorio di Termoli ed è compreso nell'unità fisiografica individuata dal Golfo di Vasto. Il tratto meridionale, ricade per altri 19 Km, tra Termoli e il limite amministrativo meridionale della Regione, rappresentato dal T. Saccione nell'unità che si estende fino alle radici settentrionali del Gargano



Immagine aerea dell'area in esame e la suddivisione delle sub-unità fisiografiche

La dinamica costiera è conseguenza prevalente del clima meteo-marino. I processi morfodinamici regolano il bilancio sedimentario, determinando l'avanzamento o l'arretramento della linea di costa.

La costa molisana viene classificata (Zunica, 1987) come costa alta a terrazzo, a superfici cioè, più o meno tabulari dislocati a differente altezza, ciascuna risultato di successivi fatti abrasivi del substrato roccioso o di depositi di sedimenti gradati in senso orizzontale e verticale.

La zona costiera è caratterizzata, dal punto di vista geologico, dalla presenza di sabbie e ghiaie delle spiagge e dune attuali. E' costituita prevalentemente da terreni argillosi e sabbiosi pliocenici costituiti dalle formazioni delle Argille di Montesecco, dalle sabbie di Serracapriola e dai conglomerati di Campomarino (Bergomi & Valletta, 1968; Boni et al., 1969).

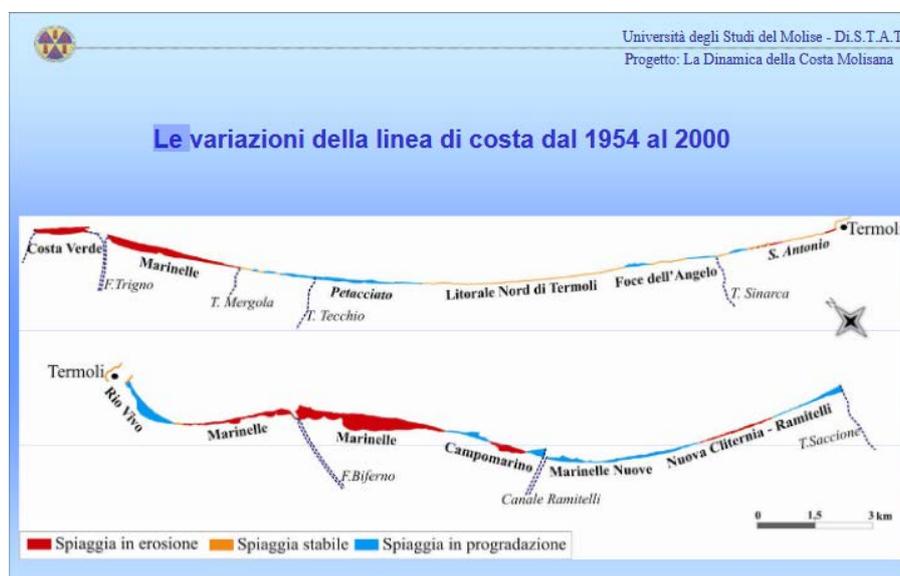
Ad ovest della falesia di Termoli si può distinguere una fascia caratterizzata da ghiaie, sabbie e argille dei fondovalle attuali dell'Olocene ed altre aree di diverso ordine del Pleistocene. Si tratta di una zona alluvionale influenzata dalla dinamica fluviale marina. A est della falesia, si distingue una grossa fascia caratterizzata da depositi di ghiaia e conglomerati prevalentemente di ambiente marino del Pleistocene, talvolta intercalati da "croste calcaree " più o meno profonde. Nell'area più a sud, si succedono zone con diverse caratteristiche geomorfologiche tra le quali: aree di pianura alluvionale attuale con morfologia piatta di tipo limoso-argillosa, pianure alluvionali recenti con morfologia piatta su ghiaie più o meno cementate, sabbie ed argille sabbiose; aree terrazzate di diverso ordine da pianeggianti a poco pendenti; aree pianeggianti e subpianeggianti caratterizzate da sedimenti derivanti dalla dinamica fluviale e da processi di versante sulle alluvioni limoso-argillose e su coperture fluviali di ghiaie più o meno cementate, sabbie e argille sabbiose.

Dal punto di vista sedimentologico le coste molisane sono caratterizzate da uno stile di sedimentazione ben noto nella maggior parte degli ambiti costieri sia dell'Alto che soprattutto del Medio Adriatico, in base al quale i sedimenti si dispongono a bande subparallele alla linea di riva. La sedimentazione quindi risulta ampiamente condizionata dal moto ondoso e soprattutto da un intenso regime di correnti litorali.

La sedimentologia del litorale molisano presenta una prevalenza di sabbie mentre nelle zone più erose si nota l'incremento della porzione ghiaiosa a causa della erosione della costa alta e di alcuni tentativi di ripascimento artificiale effettuati nel tempo.

L'erosione che ha interessato la costa molisana dal 1954 al 2003 ha causato una perdita complessiva di circa 1.090.000 m² di area costiera relativa soprattutto alla spiaggia, ma anche alle aree dunali, retrodunali e deltizie (Aucelli, Iannantuono, Roskopf "Università degli studi del Molise – Progetto "La dinamica della costa molisana"); i tratti che hanno subito le maggiori perdite sono quelli che includono le foci fluviali; in particolare per l'intero periodo 1954-2003 sono stati ricostruiti arretramenti massimi di -250 m per la foce del Trigno e -350 per la foce del Biferno.

Le osservazioni relative alle tendenze evolutive in atto, nel periodo 1992-2003, per quanto riguarda il litorale molisano, mettono pertanto in evidenza che il **52,5%** della costa molisana **è in erosione**, il 29,7% può considerarsi in progradazione e solo il 7,8% è in condizioni di stabilità; inoltre in questi ultimi 18 anni gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici hanno determinato un avanzamento dei fenomeni erosivi già in atto.



"Le variazioni della linea di costa dal 1954 al 2000" 8trattp dal progetto "la Dinamica della costa molisana)

A seguito di quanto precedentemente esposto è possibile trarre, per i segmenti di costa in esame, le conclusioni di seguito esposte:

- il litorale che si sviluppa a sud - est del promontorio di Termoli è caratterizzato da una forte dinamica costiera associata ad un flusso di sedimenti diretto prevalentemente da nord – ovest verso sud – est, generato da un moto ondoso, proveniente

prevalentemente dal settore nord;

- la riduzione degli apporti solidi provenienti dai corsi d'acqua, unitamente alla realizzazione dell'ampliamento del porto di Termoli, ha modificato l'equilibrio della sub-unità fisiografica che si estende a sud - est di Termoli, provocando un arretramento della linea di riva che ha interessato, in modo significativo, prima la foce del fiume Biferno, causandone il progressivo smantellamento, e, successivamente, i tratti di costa posti più sottoflutto;
- il progressivo prolungamento delle opere foranee del porto di Termoli, non accompagnato ad interventi organici di protezione costiera, ha provocato la "cattura" di parte del materiale proveniente dallo smantellamento della foce, che si è andata a depositare subito a sud del porto stesso, garantendo una situazione di relativa stabilità alla costa posta subito a sud.

Per contrastare i fenomeni erosivi, nel corso degli ultimi decenni, sono stati realizzati diversi interventi di difesa costiera che hanno interessato le aree dei comuni di Campomarino, Termoli e Montenero di Bisaccia; detti interventi hanno avuto i loro effetti benefici nel ridurre la costante e continua erosione, anche se hanno finalizzati alla protezione di zone ben distinte.

Gli interventi che sono stati realizzati sono costituiti, prevalentemente, da opere di difesa distaccate, trascinabili e parallele alla riva, intervallate da varchi non protetti.

Tale tipologia di intervento, simile, d'altronde, a quella praticata lungo gran parte delle coste adriatiche negli anni '70 e '80 dall'allora Genio Civile per le Opere Marittime, spesso non ha esibito risposte soddisfacenti rispetto agli obiettivi di progetto, provocando, nel lungo termine:

- l'approfondimento dei fondali nei varchi dovuti alla formazione di correnti di risacca (correnti di rip);
- l'instabilità ed il franamento delle testate delle opere dovuti all'approfondimento dei fondali nei varchi;
- la formazione di vie di fuga della sabbia verso il largo dovute alle stesse correnti di rip;
- l'aumento dell'azione erosiva della spiaggia protetta.

A titolo di esempio, nella figura seguente, sono indicate le batimetrie rilevate per la

redazione del presente progetto nel varco compreso tra le barriere n. 28 e n. 29, situate a Termoli sud.



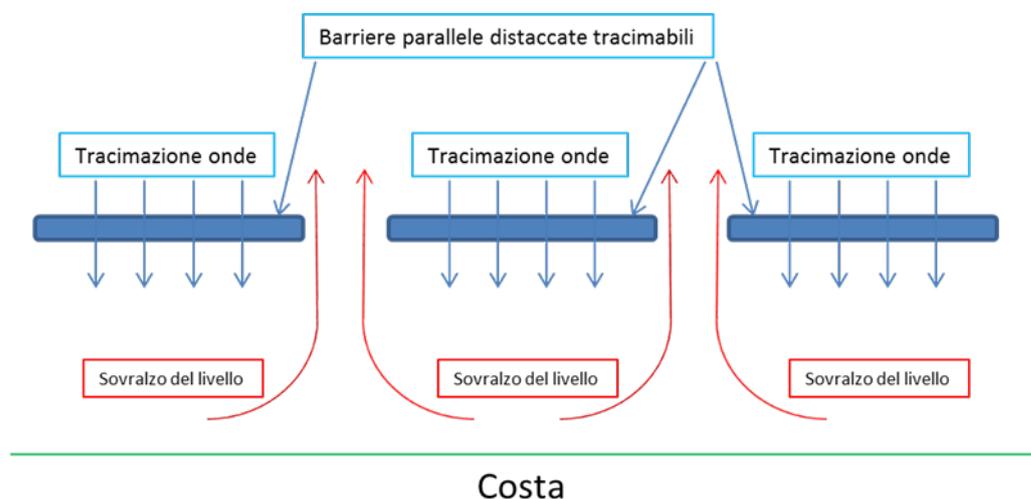
Esempio di approfondimento dei fondali nel varco compreso tra le barriere n. 28 e n. 29 di Termoli sud.

Il rilievo mostra l'approfondimento dei fondali nel varco, dove, originariamente, erano presenti profondità comprese tra -2.0 m e -2.5 m sul l.m.m., che, all'attualità, sono divenute pari a circa -5.0 ÷ -5.5 m.

Tale approfondimento dei fondali è causato dalle correnti di rip, che si instaurano, tra i varchi, come schematizzato nella figura seguente.

In particolare, le onde che tracimano le opere distaccate a causa della loro modesta quota di coronamento, provocano un aumento dei livelli nella zona posta a tergo della barriera.

Questo aumento di livello determina la formazione delle correnti di rip.



- Schema descrittivo della formazione delle correnti di rip tra i varchi delle barriere nel caso di attacco ortogonale alla riva del moto ondoso

Un ulteriore fenomeno che occorre evidenziare, è quello legato alla formazione di correnti longitudinali a tergo delle barriere distaccate che si formano nel caso di attacchi obliqui del moto ondoso.

Queste correnti, che determinano in alcuni casi, la perdita di sedimenti, possono essere evitate prevedendo pennelli che si intestino sulle barriere stesse.

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Il territorio retrostante interessato dai rilievi effettuati presenta terreni di genesi continentale e terreni di genesi marina.

Si è ritenuto opportuno estendere il rilevamento geologico di superficie anche in aree adiacenti in quanto tutto ciò permette di avere una visione completa e globale della morfologia e della geologia del territorio su cui si andrà ad intervenire.

Si distinguono formazioni geologico-sedimentarie le cui età vanno dal Pliocene Medio all'Olocene-Attuale.

L'area costiera molisana si inserisce nell'ambito dei depositi plio-pleistocenici dell'Avanfossa adriatica caratterizzati da formazioni riferibili al ciclo regressivo plio-pleistocenico, ricoperte in modo discontinuo da terreni alluvionali.

Le caratteristiche geologiche sono state definite correlando i rilievi di campo con gli studi bibliografici disponibili ed hanno coinvolto anche le aree circostanti per avere un quadro d'insieme delle condizioni geologiche e strutturali.

Si distinguono formazioni geologico-sedimentarie le cui età vanno dal Pliocene Medio all'Olocene-Attuale.

Partendo dai termini più antichi sino ai più recenti, nell'area affiorano:

Argille di Montesecco” Limi argillosi e argille conosciute principalmente dai sondaggi per le ricerche di idrocarburi costituenti nell'area il substrato al letto delle Sabbie di Serracapriola

Sabbie di Serracapriola: costituite essenzialmente da sabbie giallastre mal stratificate con intercalazioni di argille di colore verde chiaro e lenti di conglomerati poligenici ed elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi. A luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie ben cementate. Lo spessore della formazione è mediamente di 30 metri. Datata Pleistocene.

Conglomerati di Campomarino: conglomerati poligenici in abbondante matrice arenacea grossolana con intercalazioni di sabbie e lenti di argille verdastre. Sono presenti su tutto il terrazzamento e si presentano in genere con uno scarso grado di cementazione. Il grado di cementazione diminuisce verso l'alto dove il deposito si presenta alterato dagli agenti esogeni. Datati Pleistocene.

Depositi alluvionali terrazzati: di origine continentale, sono depositi recenti ghiaioso-sabbiosi con intercalazioni sabbiose e sabbioso-argillose, non più interessati dalla dinamica fluviale. Mediamente cementati.

Depositi di spiaggia: sabbie da fini a grossolane di spiaggia e duna, da sciolte a debolmente cementate.

Depositi alluvionali recenti e attuali: depositi sabbioso-ghiaiosi e limosi con clasti da smussati ad arrotondati.

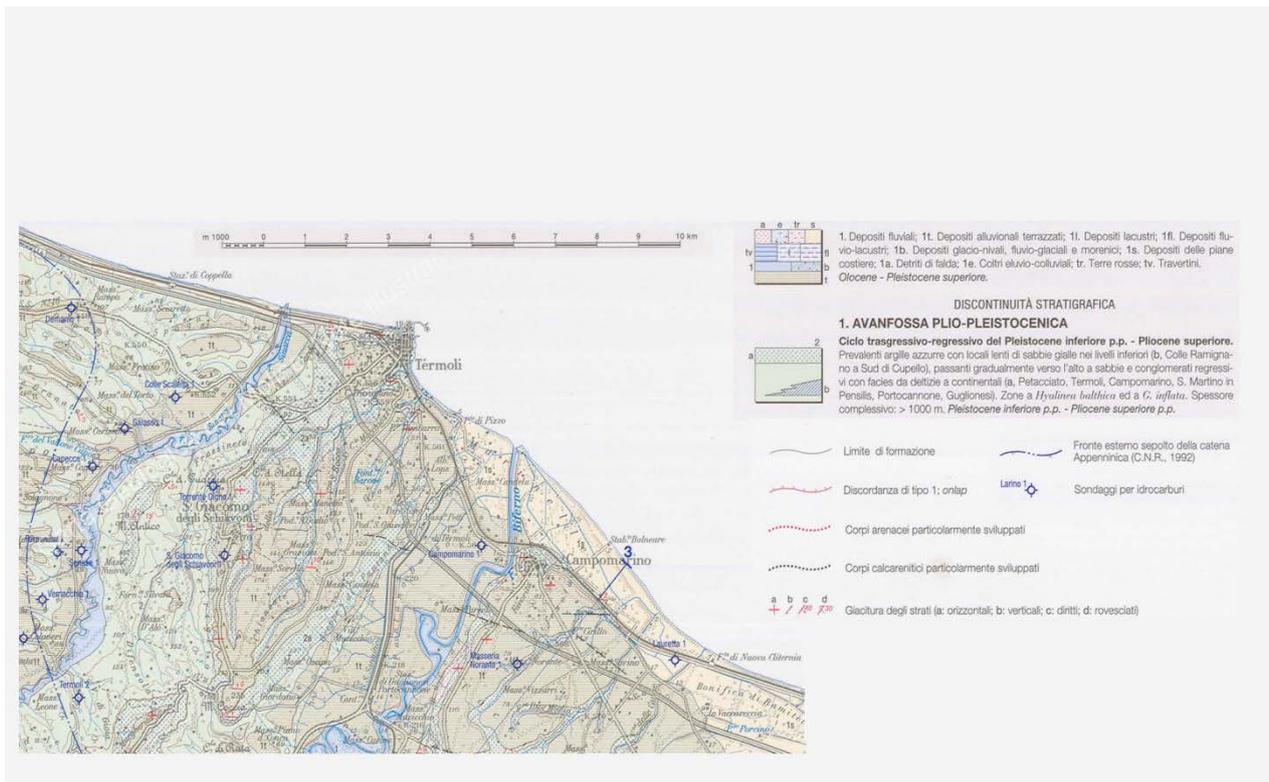
Depositi eluvio-colluviali: terreni derivanti dal disfacimento del locale substrato o dall'accumulo di suolo, di depositi detritici di natura limo-argillosa e sabbioso-ghiaiosa, che hanno subito un trasporto lungo il versante.

Terreni di riporto antropico: terreni di riporto a granulometria eterogenea

Le formazioni studiate si susseguono sempre in successione stratigrafica; i passaggi da una formazione all'altra sono graduali e non si rilevano faglie né strutture tettoniche particolari. Inoltre è da mettere in evidenza come la diversa composizione litologica dei litotipi presenti sul territorio, si riflette spesso sulle forme morfologiche derivanti dalla evoluzione geomorfologica dei versanti.

A forme morfologiche dolci, come versanti con scarse pendenze e pendii poco acclivi, si possono associare terreni teneri, mentre terreni composti da ghiaie e conglomerati cementati formano quasi sempre pianalti, picchi, sporgenze e pendii piuttosto ripidi.

Le caratteristiche geologiche delle aree oggetto del presente studio sono state definite correlando i rilievi di campo e i sondaggi geognostici di letteratura con gli studi bibliografici disponibili dai quali è emerso che, le suddette, ricadono nella formazione **dei depositi costieri**.



Foglio n.

TETTONICA

Le condizioni strutturali delle formazioni affioranti rendono poco visibili i principali elementi che caratterizzano i piani di faglia, anche se, nella zona a Sud di Guglionesi, nei pressi della località Pisciarriello, alcuni autori individuano un piano di faglia di tipo minore formatosi durante l'ultima orogenesi appenninica, che ha abbassato i conglomerati di M. Capraro rispetto a quelli di Guglionesi.

Tale piano di faglia risulta essere l'unica discontinuità tettonica esistente nei pressi della fascia costiera. Tuttavia, nella zona studiata, non si riscontrano discontinuità stratigrafiche e non si rilevano elementi geostrutturali riconducibili ad attività tettonica recente o del passato. nè faglie, nè strutture tettoniche particolari, come pieghe tettoniche, ecc.. Infatti la giacitura degli strati è ovunque, pressochè orizzontale ed i passaggi da una formazione all'altra sono di tipo stratigrafico.

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente attive. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è quindi l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica

Sismicità storica

I dati di sintesi dei terremoti che hanno interessato il territorio del comune di Termoli sono stati ricavati dalla consultazione del DBMI15, Database Macrosismico Italiano (Locati et al., 2015) ed utilizzato per la compilazione del CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani). Per ogni evento nella tabella sono indicati l'intensità al sito, l'area epicentrale, il numero di osservazioni macrosismiche del territorio, l'intensità massima e la magnitudo momento ricavata sulla base di correlazioni empiriche o misurata.

I	Data	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7,19
8-9	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6,66
NC	1706 11 03 13	Maiella	99	10-11	6,84
7-8	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8	5,59
5-6	1838 03 05	Costa molisana	2	4-5	3,93
5	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7,12
5	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
3-4	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4,88
3	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4,9
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
NF	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5,46
NF	1904 04 08 08 22	Gargano	27	6	4,75
4	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4,61
NF	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5,18
NF	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4,75
2	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7,1
NF	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4,55
4-5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
NF	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
4	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5,9
3	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4,96
NC	1937 12 15 21 25	Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4,58
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5,22
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4-5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
4-5	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4,43
3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
4	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4,35
NF	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4,26
5	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5,74
5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4,57
NF	2003 01 27 04 03 46.57	Molise	60	5	3,84
NF	2003 03 29 17 42 13.74	Adriatico centrale	68		5,43

3-4	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4,44
3-4	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4,53
3	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3,68
4	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4,3
3	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4,48

Pericolosità sismica di base

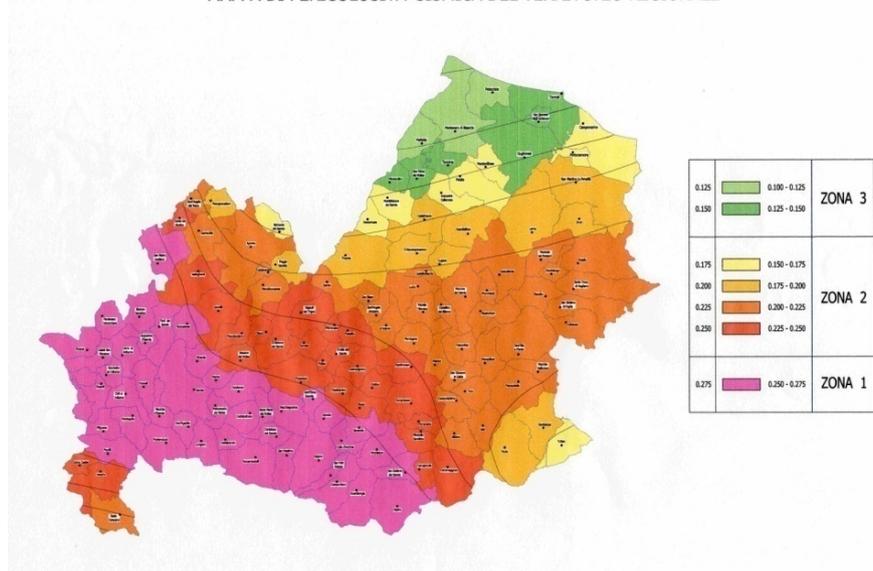
La pericolosità sismica rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area ed in un determinato intervallo di tempo. E' alla base delle valutazioni delle azioni sismiche di progetto e con l'entrata in vigore delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e dell'aggiornamento alle stesse di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e della successiva Circolare esplicativa n.7 del 21 gennaio 2019, viene definita mediante un approccio sito dipendente, cioè tramite la posizione delle sue coordinate geografiche. La normativa fornisce per 9 valori del periodo di ritorno T_r (50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni) i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* nelle condizioni di sito rigido orizzontale (categoria di terreno A), necessari per la definizione delle forme spettrali. I citati parametri hanno il seguente significato:

a_g accelerazione orizzontale massima al suolo;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, per lo spettro su suolo rigido.

MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE



ASSETTO LITOTECNICO

L'assetto litotecnico si caratterizza per la presenza di differenti termini, riconosciuti in affioramento da peculiari caratteristiche tecniche ed idrogeologiche. Di seguito sono descritte le unità litotecniche che raggruppano elementi a comportamento più o meno omogeneo:

UNITA' LITOTECNICA DI COPERTURA

Classe Litotecnica L5a: Rappresentata da materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza ciottolosa.

Classe Litotecnica L5b: Rappresentata da materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza sabbiosa.

Classe Litotecnica L5c: Rappresentata da materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza fine.

UNITA LITOTECNICA DI SUBSTRATO

Classe Litotecnica L3.1: in questa classe sono stati inseriti materiali granulari cementati o molto addensati a basso grado di cementazione

Classe Litotecnica L3.2: in questa classe sono stati inseriti materiali granulari cementati o molto addensati a medio grado di cementazione (Sabbie di Serracapriola).

Classe Litotecnica L3.3: in questa classe sono stati inseriti materiali granulari cementati o molto addensati ad elevato grado di cementazione (Conglomerati di Campomarino).

RISCHIO IDRAULICO

Il **rischio** cui è esposto un bene dovrebbe essere calcolabile mediante procedure oggettive (ciò non significa affatto esatte né definitive) e almeno dal punto di vista lessicale sono state proposte alcune definizioni di base che permettono di distinguere:

Pericolosità (H): traduce il termine hazard o natural hazard ed indica la probabilità che si verifichi entro un assegnato intervallo di tempo ed entro una area assegnata un fenomeno potenzialmente dannoso. Pertanto, il termine rischio idraulico, indicante la probabilità che in

un periodo di n anni si presenti un evento uguale o superiore all'evento stimato con tempo di ritorno T data dalla relazione (KITE, 1988) $nR = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$, assume un significato simile e più limitato di pericolosità. Anche il termine francese *risque* dovrebbe assumere lo stesso significato.

Vulnerabilità (V): indica il grado delle perdite arrecate ad un bene o ad una pluralità di beni (esposti a rischio) a seguito del verificarsi di un fenomeno naturale di assegnata entità. Si esprime con riferimento ad una scala di valori compresa fra 0 (nessun danno) e 1 (perdita totale).

Rischio specifico (R): indica l'entità del danno atteso a seguito di un particolare fenomeno naturale. Si esprime con il prodotto $R_s = H * V_s$.

Elemento o bene a rischio (E): indica la popolazione, le proprietà, le attività economiche, inclusi i servizi pubblici che si trovano esposti al pericolo di un evento naturale in una determinata area.

Rischio totale (Rt): indica il numero atteso di morti, feriti, danni alle proprietà o interruzione di attività economiche a seguito di un evento naturale ed è perciò dato dal prodotto $R_t = R_s * E = E * H * V$.

Considerando che l'area interessata presenta aree a diversa classificazione di pericolosità così suddivisa:

- P3 - Aree di pericolosità elevata
- P2 - Aree di pericolosità media
- P1 - Aree di pericolosità bassa

Inoltre per quanto riguarda il rischio l'area presenta le seguenti classificazioni di rischio:

- R4 - Aree/elementi a rischio molto elevato
- R2 - Aree/elementi a rischio medio

Tali rilievi sono confermati dalla carta del rischio idraulico e dalla carta della pericolosità idraulica redatte dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

AMBITI DI INTERVENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE

Dall'analisi dello stato dei luoghi e delle criticità emerse sia dai sopralluoghi esperiti che dalla visione delle segnalazioni provenienti da parte dei comuni e dalla Capitaneria di Porto è emersa la necessità di pianificare gli interventi da realizzare, seguendo i seguenti parametri prioritari:

- 1) Salvaguardare il patrimonio pubblico e privato esistente;
- 2) Salvaguardare gli ambienti naturalistici e paesaggistici esistenti;

- 3) Limitare il regime dei trasporti solidi trasversali e longitudinali alla linea di costa;
- 4) Favorire interventi adatti al regime dei venti, delle correnti marine e delle maree;
- 5) Ripristinare la stabilità morfologica della linea di costa;
- 6) Migliorare l'ambiente costiero con particolare attenzione alla tutela degli ecosistemi e della biodiversità;

Nel dettaglio sono state rilevate le seguenti situazioni di criticità:

– per l'ambito territoriale litoraneo del **Comune di Montenero di Bisaccia**:

- ✓ erosione del tratto di costa antistante l'idrovora: i fenomeni erosivi hanno interessato il tratto di litorale con diretto coinvolgimento dei pali della corrente elettrica: A seguito di ciò si è dovuto provvedere al distacco della fornitura dell'energia elettrica. E' in essere un'ordinanza della Capitaneria di Porto di Termoli che ne rileva la pericolosità;

– per l'ambito territoriale litoraneo del Comune di **Termoli**:

- ✓ erosione della zona antistante l'area camper localizzata sul lungomare sud di Rio vivo, con coinvolgimento sia della pista ciclabile che di quella pedonale; tale situazione determina frequenti allagamenti che interessano, tra l'altro, anche le abitazioni poste nella zona retrostante ;
- ✓ erosione di tratti di costa sul lungomare nord, in corrispondenza dei varchi tra le scogliere: le stesse risultano parzialmente collassate a seguito dell'approfondimento dei fondali in corrispondenza dei suddetti varchi.

– per l'ambito territoriale litoraneo del Comune di **Campomarino**:

- ✓ erosione di un tratto di costa nella zona ricompresa fra il porto turistico di Campomarino e la zona campeggi con conseguente erosione e riduzione della duna sabbiosa dovuta all'azione concomitante delle onde e del vento.
- ✓ erosione del tratto di costa in corrispondenza del depuratore comunale.

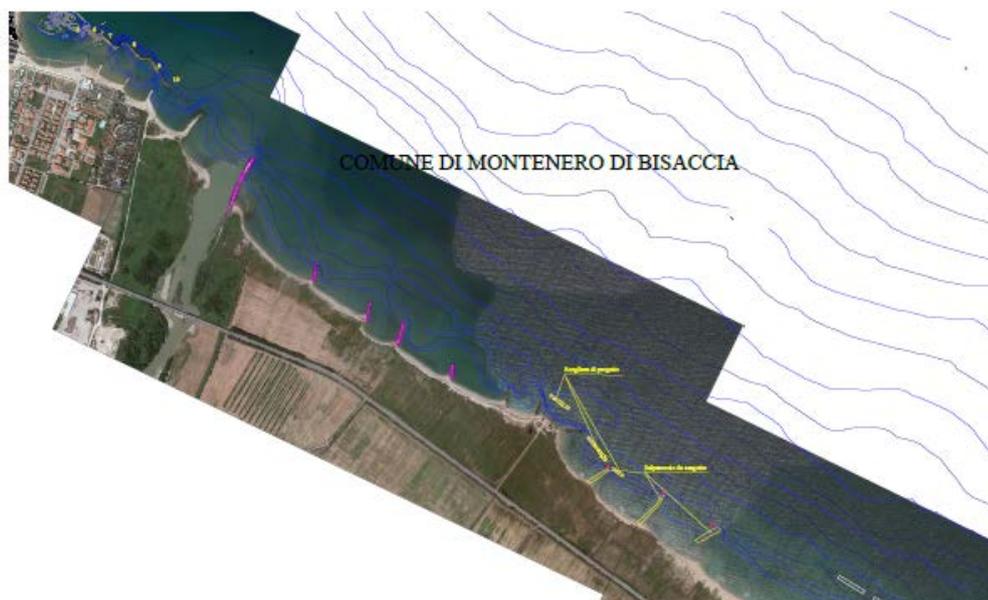
E' stato possibile individuare, nei termini complessivi del presente progetto e per i settori litoranei di interesse, le opere di difesa costiera occorrenti per contrastare l'azione erosiva del moto ondoso e per favorire, contestualmente, il ripascimento naturale, tramite la formazione di zone di calma.

In particolare, nel progetto esecutivo, per perseguire le finalità di cui innanzi, sono state avanzate le seguenti soluzioni tecniche:

A. - per il settore costiero competente al territorio del Comune di Montenero di Bisaccia:

- ✓ Nuova scogliera antistante l'idrovora, per una lunghezza cadauna di 70;
- ✓ Nuova scogliera antistante l'idrovora, per una lunghezza cadauna di 100 m;
- ✓ Nuova scogliera antistante l'idrovora, per una lunghezza cadauna di 40 m;
- ✓ Salpamento e ricollocamento Pennello P1;
- ✓ Salpamento e ricollocamento Pennello P2;
- ✓ Salpamento e ricollocamento Pennello P3;

La rappresentazione degli interventi è visibile sull'elaborato avente ad oggetto "*Planimetria di progetto*" (Comune di Montenero di Bisaccia)



B. - per il settore costiero competente al territorio del Comune di Termoli:

- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 11, per una lunghezza di 66 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 12, per una lunghezza di 55 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 13, per una lunghezza di 280 m;

- ✓ restringimento della scogliera identificata con il num 48, per una lunghezza di 30 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 49, per una lunghezza di 80 m;
- ✓ restringimento della scogliera identificata con il num 49, per una lunghezza di 30 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 50;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 51, per una lunghezza di 140 m.

La rappresentazione degli interventi è visibile sull'elaborato avente ad oggetto "Planimetria di progetto" (Comune Termoli)

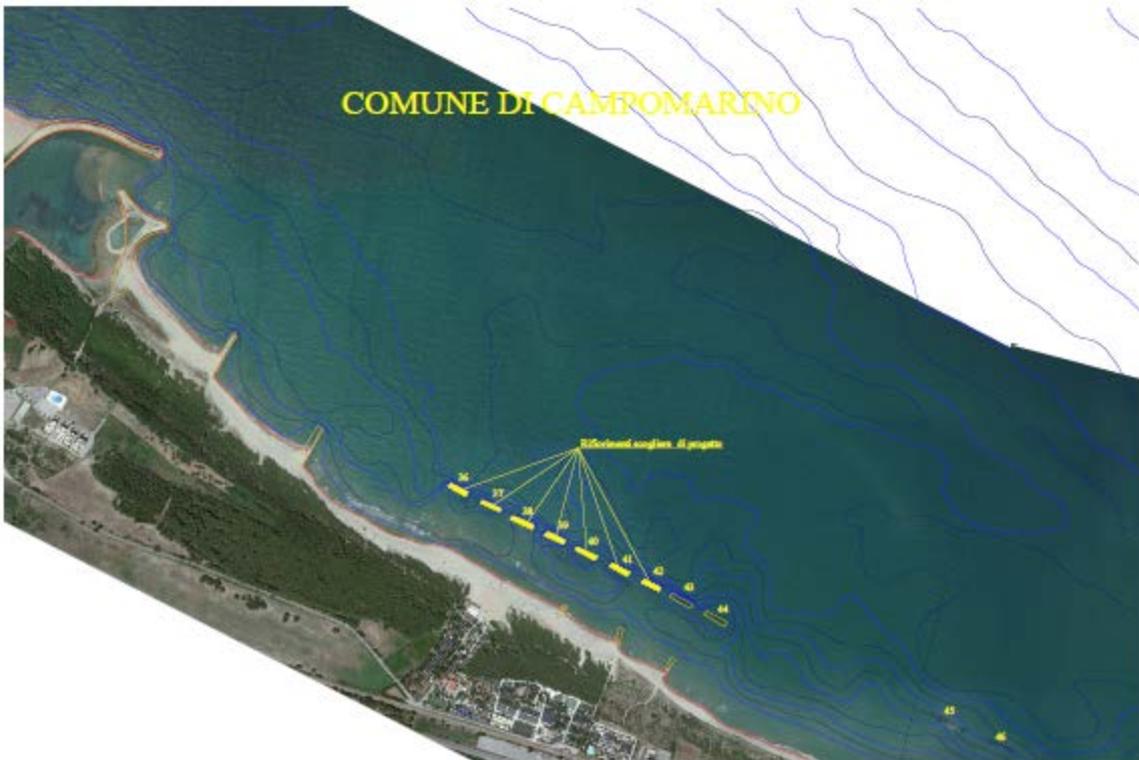




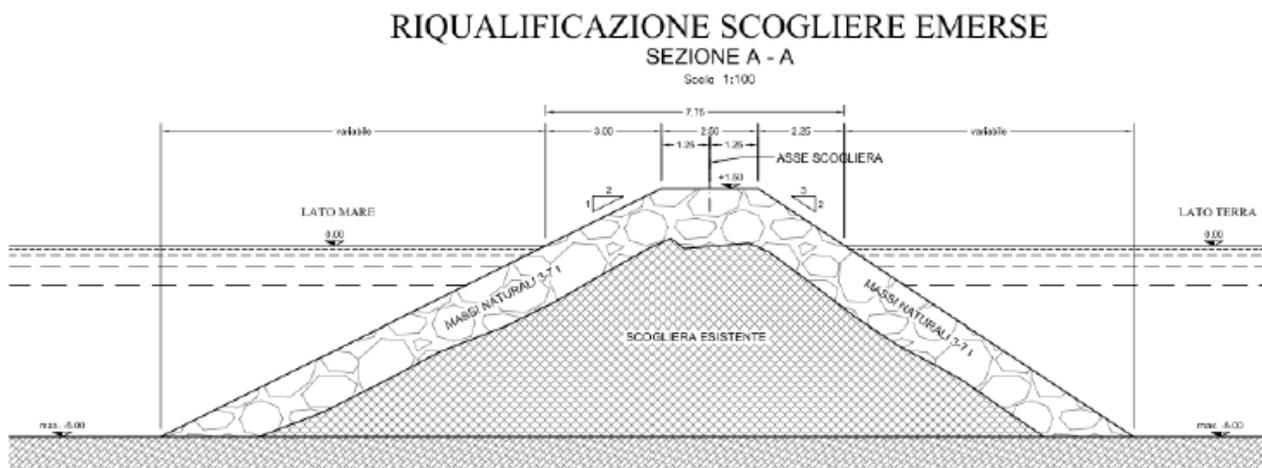
C.- per il settore costiero competente al territorio del Comune di Campomarino:

- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 6, per una lunghezza di 100 m;
- ✓ radicamento a terra lato mare del depuratore comunale, per una lunghezza di 120 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 36, per una lunghezza di 60 m;
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num. 37, per una lunghezza di 61,50 m
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num 38, per una lunghezza di 60 m
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num 39, per una lunghezza di 55 m
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num 40, per una lunghezza di 55 m
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num 41, per una lunghezza di 57 m
- ✓ rifiorimento della scogliera identificata con il num 42, per una lunghezza di 50 m;

La rappresentazione degli interventi è riportata sull'elaborato avente ad oggetto "Planimetria di progetto" Comune Campomarino



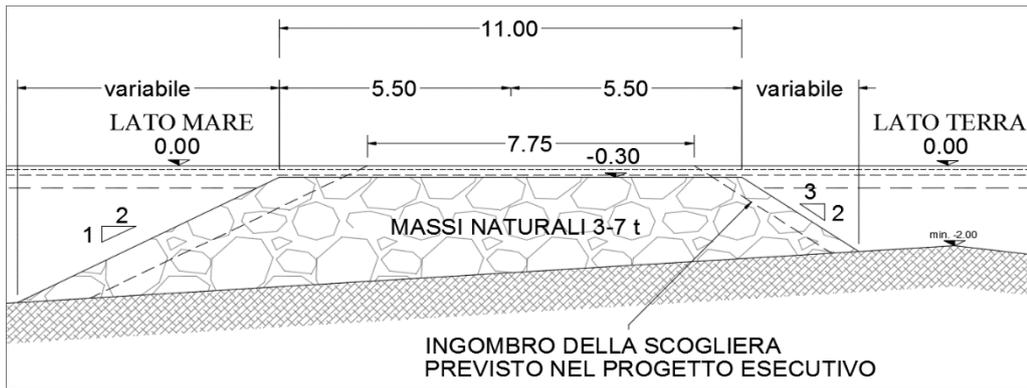
Gli interventi di in oggetto sono finalizzati a rinforzare le strutture esistenti ripotando le sezioni trasversali alla geometria della sezione di riferimento; si riporta, di seguito, una rappresentazione semplificata di un intervento tipo di riqualificazione di una scogliera emersa:



riqualificazione di una scogliera emersa: esempio tipo

La riqualificazione avrà come obiettivo il ripristino della berma superiore. Le pendenze delle parti inclinate saranno (h/b) da 1:0,8 a 1:2 per il lato verso il mare aperto e (h/b) da 1:0,8 a 2:3 per il lato verso terra.

Per quanto attiene le nuove scogliere in massi naturali di chiusura dei varchi la sezione tipo è stata modificata abbassando la quota della berma di sommità per renderla sommersa e per ridurre, di conseguenza, l'impatto percettivo. Si è adottata la stessa conformazione geometrica prevista per gli interventi di riqualificazione delle scogliere con pendenze lato mare variabili da (h/b) 1:0,8 a 1:2 e quelle lato terra da (h/b) 1:0,8 a 2:3; inoltre è risultato necessario ampliare la berma in corrispondenza della parte sommitale al fine di garantire lo stesso coefficiente di trasmissione delle onde, così come si evince nell'elaborato di progetto n. 3.2 "Verifiche di stabilità delle scogliere".



riqualificazione di una scogliera sommersa: esempio tipo

POSSIBILI EFFETTI SULLE CONDIZIONI DI EQUILIBRIO DELLA COSTA

La valutazione dei possibili effetti sulle condizioni di equilibrio della costa risultante dalla realizzazione delle opere di difesa non interferiranno con gli altri ecosistemi naturali di formazione della spiaggia, né con le opere di protezione già esistenti.

Il flusso di energia associato al moto ondoso che si troverà ad interagire con la scogliera sarà attenuato e non si configurano effetti di diffrazione o modifiche delle direzioni delle onde verso altre zone.

Inoltre la perdita di sedimenti registrata a seguito della formazione di correnti longitudinali a tergo delle barriere distaccate, che si formano nel caso di attacchi obliqui del moto ondoso, verrà notevolmente ridotta con la realizzazione di pennelli che si intestano sulle barriere stesse

L'effetto di schermo della scogliera non provoca alcuna rotazione. In termini di flusso energetico associato al moto ondoso pertanto è possibile concludere che la realizzazione delle opere previste da progetto sono in grado di fornire una maggior protezione, nei confronti dell'azione di modellazione data dal moto ondoso, a tutto il tratto di costa che sarà messo in ripristino.

Gli interventi previsti risultano essere opere importanti come presidio necessario alla riduzione delle azioni di erosione costiera e come ripristino delle volumetrie mancanti derivate dall'azione erosiva e di trasporto da parte del mare.

INDAGINI GEOLOGICHE – FONTI UTILIZZATE

Al fine di dare una classificazione delle caratteristiche dei terreni interessati sono riportate/descritte le **indagini geotecniche e ambientali in sito** effettuate dal Dott. Geol. Vincenzo Marra per lo studio nell'area del Porto Turistico di Campomarino e messe gentilmente a disposizione per la consultazione e l'utilizzo.

Tali indagini riguardano precisamente:

Indagini geognostiche consistite in:

- **n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo** spinti rispettivamente alle seguenti profondità:
 - S1: a 32 mt dal p.c.
 - S2: a 30 mt dal p.c.

Indagini geotecniche in situ consistite in:

- **n. 10 Standard Penetration Test (SPT) nel Sondaggio S1**
- **n. 10 Standard Penetration Test (SPT) nel Sondaggio S2**

Indagini geotecniche in laboratorio consistite in:

- **S1 n. 2 prove geotecniche complete** eseguite sui n. 2 campioni indisturbati prelevati nel corso del carotaggio del Sondaggio.
- **S2 n. 2 prove geotecniche complete** eseguite sui n. 2 campioni indisturbati prelevati nel corso del carotaggio del Sondaggio.

Indagini geofisiche in situ consistite in:

- n° 1 **prova sismica in foro di tipo Down-Hole (S2+DH)**. Tale prova è stata eseguita nel foro di sondaggio **S2**
- n° 2 **prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica sismica**. Tali prospezioni sono state eseguite lungo gli stendimenti denominati **TS1** e **TS2**

- n° 2 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW.**
Tali prospezioni sono state eseguite lungo gli stendimenti utilizzati per le tomografie sismiche

Indagini ambientali in sito consistite in:

- **n° 4 prelievi di campioni superficiali per la caratterizzazione ambientale preliminare dei sedimenti**, lungo i litorali limitrofi al porto (2 a nord-ovest e 2 a sud-est);
- **n° 2 prelievi di campioni superficiali per la caratterizzazione ambientale preliminare dei sedimenti**, nella zona di imboccatura ed avamposto.



Ubicazione delle indagini eseguite per il Porto Turistico di Campomarino (per gentile concessione del dott. Geol. Vincenzo Marra)

Stratigrafie dei sondaggi geognostici

I dati acquisiti con l'esecuzione dei sondaggi geognostici e dalle prove sismiche, hanno permesso la ricostruzione della successione litostratigrafica locale e la definizione delle caratteristiche sismiche dei litotipi principali, limitatamente all'area oggetto di studio.

In particolare, nelle stratigrafie dei sondaggi eseguiti si evidenziano le caratteristiche litologiche dei materiali attraversati.

Certificato n. 12 del 31 Luglio 2015	Verbale n.5 del 30 Giugno 2015
Committente Dott. Geologo Vincenzo Marra	S1
Riferimento Interventi di riqualificazione del porto turistico Santa Cristina di Campomarino (CB)	Data Esecuzione: 06 Luglio 2015
Coordinate: 41°56'56.87" N15° 4'28.63"	Quota: 4,00
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:200

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/1

Profondità (m)	Profondità (ft)	LITOLOGIA	Campioni	Preli. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Cass. prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	metri tot.
1	1									Materiali calcarei e calcarenitici costituenti il basamento della scogliera;	1
2	2										2
3	3										3
4	4				4,5	3-5-6	11	3,5	3,5	Sabbie avana scuro, leggermente limose poco addensate;	4
5	5				6,3	5-6-9	15				5
6	6				8,0	5-7-8	15				6
7	7				10,0	6-10-10	20				7
8	8				11,5	5-9-11	20	10,7	7,2	Limi sabbiosi scuri mediamente consistenti con inclusioni di ghiaie di piccole e medie dimensioni;	8
9	9				13,0	7-10-13	23	11,0	6,3	Limi sabbiosi scuri mediamente consistenti;	9
10	10				16,7	10-16-18	34	14,6	3,6	Limi sabbiosi avana a consistenza da media a elevata con inclusioni di ghiaie di piccole e medie dimensioni;	10
11	11				21,2	9-15-19	34	17,3	2,7	Sabbie limose giallastre ben addensate;	11
12	12				25,0	11-15-19	34				12
13	13				26,8	10-16-20	36	25,5	8,2	Limi sabbiosi a luochi leggermente argillosi grigi a consistenza da media a elevata;	13
14	14										14
15	15										15
16	16										16
17	17										17
18	18										18
19	19										19
20	20										20
21	21										21
22	22										22
23	23										23
24	24										24
25	25										25
26	26										26
27	27										27
28	28										28
29	29										29
30	30										30
31	31										31
32	32										32

Il Direttore dei lavori:
 Albanese Perforazioni srl
 Dott. Geol. Carlone Gennaro
 Consigliero n. 595 - 1/20/2011
 Il Direttore di Laboratorio
 Dott. Geol. Gennaro Carlone

Il Responsabile del Sito
 Dott. Geol. Carlone Gennaro
 Consigliero n. 595 - 1/20/2011
 Il Direttore di Laboratorio
 Dott. Geol. Gennaro Carlone

Stratigrafia sondaggio S1 (per gentile concessione del dott. Geol. Vincenzo Marra)

Certificato: 12 del 31 Luglio 2015		Verbale n.5 del 30 Giugno 2015	
Committente: Dott. Geologo Vincenzo Marra		Sondaggio S2	
Riferimento: Interventi di riqualificazione del porto turistico Santa Cristina di Campomarino (CB)		Data Esecuzione: 07 Luglio 2015	
Coordinate: 41°56'48.37" N15° 4' 25.10"		Quota: 2,00	
Perforazione a carotaggio continuo			

SCALA 1:200 **STRATIGRAFIA - S2** Pagina 1/1

Profondità (m)	Profondità (ft)	LITOLOGIA	Campioni	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m S.P.T. N	RQD % 0 --- 100	Class. prof. spec. m	DESCRIZIONE	Profondità (m)
1	3.3	Sabbie limose sciolte avana chiare poco addensate;			3.5	4-5-5		1	
2	6.7						2		
3	10.0						3		
4	13.3						4		
5	16.7	Sabbie avana scuro, leggermente limose poco addensate;			6.0	3-4-4	4.3 4.3	5	
6	20.0						6		
7	23.3						7		
8	26.7						8		
9	30.0	Limi sabbiosi mediamente consistenti con inclusioni di ghiaie di piccole e medie dimensioni;	1) She < 9.00 9.50		9.5	4-5-7		9	
10	33.3						10		
11	36.7						11		
12	40.0						12		
13	43.3	Limi sabbiosi giallastri con intercalati straterelli sabbiosi limosi mediamente consistenti;			13.0	6-9-11	12.5 8.2 13.0 0.5	13	
14	46.7						14		
15	50.0	Limi sabbiosi avana a consistenza da media a elevata, con inclusioni di ghiaie nella parte alta dello strato di piccole e medie dimensioni;			16.0	6-7-10		15	
16	53.3						16		
17	56.7						17		
18	60.0						18		
19	63.3	Limi sabbiosi avana a consistenza da media a elevata, con inclusioni di ghiaie nella parte alta dello strato di piccole e medie dimensioni;	2) She < 19.50 20.00		19.0	7-9-12	17.6 4.6	19	
20	66.7						20		
21	70.0	Sabbie limose avana chiare, mediamente addensate;			22.0	6-7-10	20.2 2.6 21.0 0.8	21	
22	73.3						22		
23	76.7	Limi sabbiosi a luoghi leggermente argillosi grigi a consistenza da media a elevata. Inclusioni di ghiaie nella parte alta dello strato di piccole e medie dimensioni;			25.0	7-7-11		23	
24	80.0						24		
25	83.3						25		
26	86.7						26		
27	90.0	Argille limose e sabbiose grigie di buona consistenza;			27.4	8-10-15		27	
28	93.3						28		
29	96.7						29		
30	100.0						30		

Il Direttore
 Dott. Geol. Carloni Gennaro
 Albanese Perforazioni srl
 Autorizzata dal M.T.T.
 D.P.R. 300/2001 art. 10
 Concessione n. 5951 del 10/02/2011
 Il Direttore di Laboratorio
 Dott. Geol. Gennaro Carloni

Il Responsabile del sito
 Dott. Geol. Carloni Gennaro
 Albanese Perforazioni srl
 Autorizzata dal M.T.T.
 D.P.R. 300/2001 art. 10
 Concessione n. 5951 del 10/02/2011
 Il Direttore di Laboratorio
 Dott. Geol. Gennaro Carloni

Stratigrafia sondaggio S2 (per gentile concessione del dott. Geol. Vincenzo Marra)

Prove SPT -analisi dei risultati e interpretazione

I valori di consistenza dei terreni attraversati sono stati determinati mediante la realizzazione di n. **20 Prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT** eseguite appositamente in maniera ravvicinata in modo da ottenere una caratterizzazione di estremo dettaglio delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati. Di seguito le tabelle di sintesi dei parametri geotecnici dedotti dalle prove penetrometriche dinamiche in foro SPT.

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Dr (%)	Cu (Kg/cm ²)	φ (°)	Ey (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Classificazione AGI	γ (t/m ³)	γ _{sat} (t/m ³)	V	G (Kg/cm ²)	Vs (m/s)	Potenziale liquefazione	Ko	Qc (Kg/cm ²)
1	4,95	11	83,25	0,74	34,05	130,00	50,06	Moderatamente addensato	1,76	1,92	0,33	619,19	182,41	<0,04	2,31	22,00
2	6,75	15	97,21	1,01	35,47	150,00	58,28	Moderatamente addensato	1,88	1,95	0,32	828,78	213,01	0,04-0,10	3,12	30,00
3	8,45	15	97,21	1,01	35,47	150,00	58,28	Moderatamente addensato	1,88	1,95	0,32	828,78	213,01	0,04-0,10	3,12	30,00
4	10,45	20	100	1,35	37,07	175,00	68,55	Moderatamente addensato	1,99		0,31	1086,13	245,97	0,04-0,10	4,05	40,00
5	11,95	20	100	1,35	37,07	175,00	68,55	Moderatamente addensato	1,99		0,31	1086,13	245,97	0,04-0,10	4,05	40,00
6	13,45	23	100	1,55	37,93	190,00	74,71	Moderatamente addensato	2,05		0,31	1238,62	263,77	0,04-0,10	4,56	46,00
7	17,15	34	100	2,30	40,49	245,00	97,30	Addensato	2,17		0,29	1788,56	320,70	0,10-0,35	6,14	68,00
8	21,65	34	100	2,30	40,49	245,00	97,30	Addensato	2,17		0,29	1788,56	320,70	0,10-0,35	6,14	68,00
9	25,45	34	100	2,30	40,49	245,00	97,30	Addensato	2,17		0,29	1788,56	320,70	0,10-0,35	6,14	68,00
10	27,25	36	100	2,43	40,85	255,00	101,41	Addensato	2,18		0,28	1887,29	330,00	0,10-0,35	6,40	72,00

Tab. 1: Prova penetrometrica dinamica N. 1 nel foro S1 (per gentile concessione del dott. Geol. Marra V.)

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Dr (%)	Cu (Kg/cm ²)	φ (°)	Ey (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	Classificazione AGI	γ (t/m ³)	γ _{sat} (t/m ³)	V	G (Kg/cm ²)	Vs (m/s)	Potenziale liquefazione	Ko	Qc (Kg/cm ²)
1	3,95	10	79,37	0,68	33,67	--	48,00	Poco addensato	1,73	1,92	0,33	566,13	173,93	<0,04	2,10	20,00
2	6,45	8	70,99	0,54	32,89	--	43,90	Poco addensato	1,66	1,91	0,34	459,01	155,56	<0,04	1,67	16,00
3	9,95	12	86,95	0,81	34,41	135,00	52,11	Moderatamente addensato	1,79	1,93	0,33	671,96	190,53	<0,04	2,52	24,00
4	13,45	20	100	1,35	37,07	175,00	68,55	Moderatamente addensato	1,99	--	0,31	1086,13	245,97	0,04-0,10	4,05	40,00
5	16,45	17	100	1,15	36,13	160,00	62,38	Moderatamente addensato	1,93	1,96	0,32	932,26	226,77	0,04-0,10	3,51	34,00
6	19,45	21	100	1,42	37,37	180,00	70,60	Moderatamente addensato	2,01	--	0,31	1137,10	252,04	0,04-0,10	4,22	42,00
7	22,45	17	100	1,15	36,13	160,00	62,38	Moderatamente addensato	1,93	1,96	0,32	932,26	226,77	0,04-0,10	3,51	34,00
8	25,45	18	100	1,22	36,45	165,00	64,44	Moderatamente addensato	1,95	1,97	0,32	983,72	233,35	0,04-0,10	3,69	36,00
9	27,85	25	100	1,69	38,47	200,00	78,82	Moderatamente addensato	2,08	--	0,30	1339,61	275,00	0,04-0,10	4,88	50,00
10	29,95	25	100	1,69	38,47	200,00	78,82	Moderatamente addensato	2,08	--	0,30	1339,61	275,00	0,04-0,10	4,88	50,00

Tab. 2: Prova penetrometrica dinamica N. 2 nel foro S2 (per gentile concessione del dott. Geol. Marra V.)

Prove di Laboratorio- Analisi dei risultati

Dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 32 m dal piano campagna per il sondaggio S1 e fino a 30 m dal piano campagna per il sondaggio S2 Sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati, sui quali sono state eseguite prove di laboratorio ed osservazioni dirette sui litotipi

I risultati evidenziano che i litotipi presenti sono costituiti da materiale prevalentemente sabbioso limoso debolmente argilloso; dai risultati ottenuti dalle prove di taglio diretto si rileva che il materiale in oggetto presenta valori di **coesione** che vanno da **19,86 a 61,42 KPa**; per quanto concerne i valori degli **angoli d'attrito**, i campioni esaminati, presentano valori che vanno da **24,40° a 30,28°**; i **pesi di volume** risultano mediamente compresi tra **19,07 e 20,33 KN/m³**.

Nella tabella riassuntiva di seguito riportata, sono sintetizzati i parametri geotecnici caratteristici dei terreni analizzati.

SONDAGGIO			n	1	1	2	2
CAMPIONE			n	1	2	1	2
PROFONDITA'			da mt	12,50	22,50	9,00	19,50
			a mt	13,00	23,00	9,50	20,00
CARATTERISTICHE FISICHE							
Contenuto d'acqua Naturale	[W _n]	(%)		22,70	19,30	18,20	18,60
Peso di Volume Naturale	[γ]	(KN/m ³)		20,07	19,45	20,33	19,07
Peso di Volume Secco	[γ _d]	(KN/m ³)		16,57	16,16	16,91	16,13
Peso Specifico dei Granuli	[γ _s]	(gr/cm ³)		2,675	2,664	2,671	2,668
GRANULOMETRIA (AGI)							
Frazione Ghiaiosa	[G]	(%)		0,04	0,05	0,00	0,02
Frazione Sabbiosa	[S]	(%)		75,77	70,78	72,63	70,98
Frazione Limosa	[L]	(%)		17,23	24,29	14,87	19,12
Frazione Argillosa	[A]	(%)		6,96	4,88	12,50	9,88
GRANULOMETRIA (USDA)							
Frazione Sabbiosa	[S]	(%)		78,10	73,82	73,96	73,63
Frazione Limosa	[L]	(%)		14,94	21,30	13,54	16,49
Frazione Argillosa	[A]	(%)		6,96	4,88	12,50	9,88
GRANULOMETRIA (AASHTO)							
Frazione Ghiaiosa	[G]	(%)		0,04	0,05	0,00	0,02
Frazione Sabbiosa	[S]	(%)		78,07	73,78	73,96	73,61
Frazione Limosa	[L]	(%)		11,51	18,17	10,14	12,67
Frazione Argillosa	[A]	(%)		10,38	8,00	15,90	13,70
LIMITI DI CONSISTENZA							
Limite Liquido	[W _L]	(%)					27,7
Limite Plastico	[W _P]	(%)					17,3
Indice di Plasticità	[I _P]	(%)		0,0			10,4

Indice di Liquidità	[I _L]	(-)				0,127
Indice di Consistenza	[I _c]	(-)				0,873
PROVE MECCANICHE						
Taglio diretto	[φ']	(gradi)	30,28	28,36	24,40	25,28
Coesione	[c']	(kPa)	61,42	55,09	58,92	19,86
Prova Edometrica						
Indice di compressione a 50 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,013		0,016	
Modulo edometrico a 50 KPa	[M]	(kPa)	10010,2		7911,3	
Indice di compressione a 100 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,017		0,025	
Modulo edometrico a 100 KPa	[M]	(kPa)	14863,6		9909,1	
Indice di compressione a 200 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,019		0,031	
Modulo edometrico a 200 KPa	[M]	(kPa)	27250,0		16487,4	
Indice di compressione a 400 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,035		0,037	
Modulo edometrico a 400 KPa	[M]	(kPa)	29727,3		27440,6	
Indice di compressione a 800 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,039		0,031	
Modulo edometrico a 800 KPa	[M]	(kPa)	53027,0		65949,6	
Indice di compressione a 1600 KPa	[C _c]	(kg/cm ²)	0,043		0,041	
Modulo edometrico a 1600 KPa	[M]	(kPa)	95707,3		98717,0	

Tab. 3: Riepilogo Prove di laboratorio

Indagini geofisiche – analisi dei risultati

Le **indagini geofisiche in sito** sono consistite in:

- n° 1 **prova sismica in foro di tipo Down-Hole**. Tale prova è stata eseguita nel foro di sondaggio **S2**
- n° 2 **prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica sismica**. Tali prospezioni sono state eseguite lungo gli stendimenti denominati **TS1** e **TS2**
- n° 2 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW**. Tali prospezioni sono state eseguite lungo gli stendimenti utilizzati per le tomografie sismiche

Gli stendimenti TS1 e TS2 e la prova in foro tipo Down Hole le **Vs₃₀** hanno evidenziato i seguenti valori:

- Vs₃₀ TS1 pari a **212m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**
- Vs₃₀ TS2 pari a **248 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**
- Vs₃₀ DH pari a **340 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**

Le velocità delle Vs₃₀ calcolate per gli stendimenti TS1, TS2 e per la prova in foro tipo Down Hole rientrano nella **Categoria di tipo C**.

MODELLO GEOLOGICO

La consultazione dei dati di letteratura disponibili per l'area di studio, la diretta osservazione di campo ottenuta durante il rilevamento geologico di dettaglio effettuato sia direttamente nelle aree di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivanti dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici S1 e S2 eseguiti per lo studio del Porto Turistico di Campomarino, opportunamente integrate con l'esecuzione di: n. 4 prove di laboratorio sui campioni prelevati durante le terebrazioni, n. 20 indagini geotecniche in situ (prove SPT) e n. 3 indagini geofisiche in situ, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Sulla base degli studi e delle analisi effettuate è possibile definire il seguente **modello geologico di riferimento**. I fondali antistanti la costa si presentano prevalentemente **sabbiosi, scarsamente ghiaiosi** in corrispondenza della parte alta della costa stessa e delle foci dei principali fiumi.

MODELLO GEOTECNICO E GEOFISICO

Per il modello geotecnico e geofisico si è fatto riferimento allo studio riguardante il Porto Turistico di Campomarino (su gentile concessione del dottor Vincenzo Marra) che presenta le seguenti caratteristiche.

Caratterizzazione stratigrafica dei terreni

Le caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno di fondazione e del nuovo corpo diga a cui si è fatto riferimento nelle verifiche di sicurezza geotecniche agli stati limite ultimi delle sono le seguenti:

Strato1: Sabbie limose

$\phi_k = 33^\circ$ - Angolo di attrito interno caratteristico

$\phi_d = 27.45^\circ$ - Angolo di attrito interno di calcolo – M2 ($\gamma_\phi = 1.25$)

$c_k = 0.00 \text{ kN/m}^2$ – Coesione caratteristica

$\gamma_{\text{sat}} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ – Peso specifico saturo

Strato 3 : Massi naturali (mantellata e filtro della scogliera - n = 37%)

$\phi_k = 45^\circ$ - Angolo di attrito interno caratteristico

$\phi_d = 38.65^\circ$ - Angolo di attrito interno di calcolo – M2 ($\gamma_\phi = 1.25$)

$c_k = 0.00 \text{ kN/m}^2$ – Coesione caratteristica

$\gamma_{\text{sat}} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ – Peso specifico saturo

$\gamma_d = 17.0 \text{ kN/m}^3$ – Peso specifico secco

Strato 4 : nucleo della scogliera (tout-venant - n = 30%)

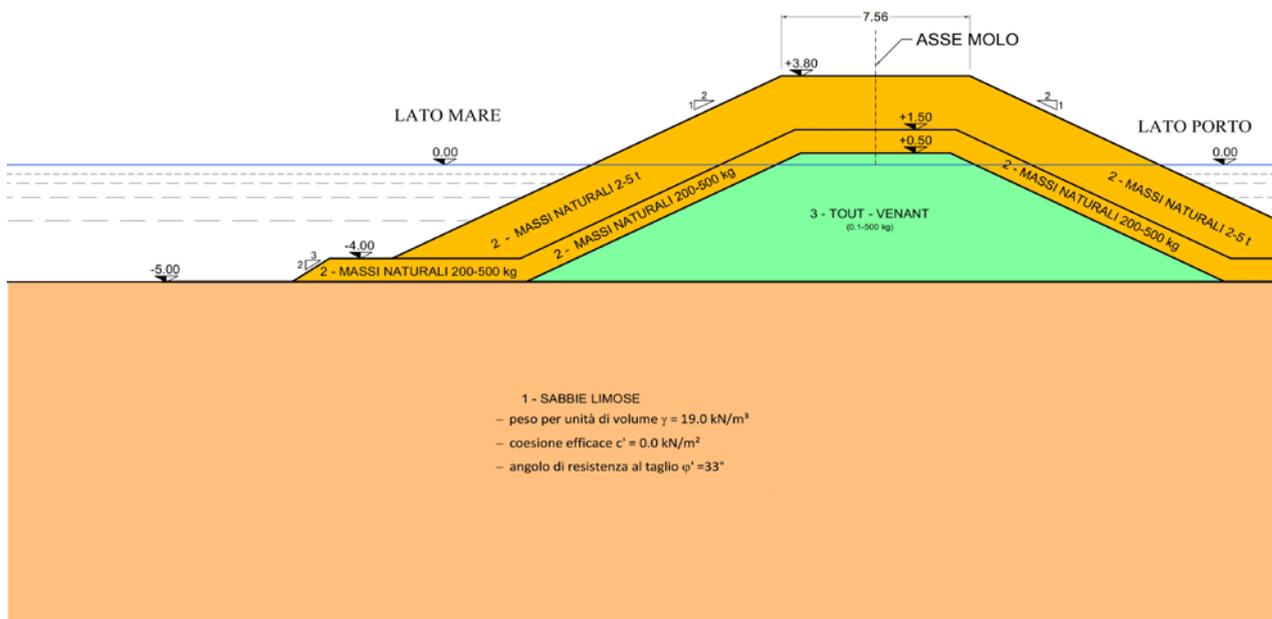
$\phi_k = 45^\circ$ - Angolo di attrito interno caratteristico

$\phi_d = 38.65^\circ$ - Angolo di attrito interno di calcolo – M2 ($\gamma_\phi = 1.25$)

$c_k = 0.00 \text{ kN/m}^2$ – Coesione caratteristica

$\gamma_{\text{sat}} = 21.0 \text{ kN/m}^3$ – Peso specifico saturo

$\gamma_d = 18.0 \text{ kN/m}^3$ – Peso specifico secco



Schematizzazione geotecnica dei terreni

MODELLO SISMICO

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire la o le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche tramite i Moduli Elastici.

In particolare, in un contesto di **prevenzione da rischio sismico**, di notevole importanza è la valutazione della “**Risposta sismica locale**”, che consiste nel definire come i terreni più superficiali d’interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde.

Da tali modifiche, è noto, dipendono i maggiori danni alle strutture durante una scossa di terremoto, poiché la vulnerabilità di un edificio è funzione oltre che della durata e dell’intensità della sollecitazione, principalmente dall’ampiezza delle onde di Taglio.

L’assetto litostratigrafico locale dei siti investigati, rappresenta, da questo punto di vista, una tipica “situazione geologica a Rischio”, per la notevole possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazioni o risonanze dei sistemi terreno-strutture.

La ricostruzione della successione litostratigrafica dedotta dai sondaggi effettuati, evidenzia la presenza di materiale eluvio-colluviale su depositi argilloso-marnosi, il tutto su di un substrato a caratteristiche litoidi prevalentemente calcareo.

Una tale situazione geolitologica nonché geomeccanica, fa sì che uno sciame sismico che percorre lo strato litoide (basamento con $V_s \geq 800$ m/sec), presenta delle velocità delle onde sismiche di taglio abbastanza elevate, ma tutte le onde vengono attenuate secondo una ben determinata legge di attenuazione (resta sempre valida la regola generale che i danni prodotti e quindi la distribuzione degli effetti, sono funzione inversa alla distanza dalla sorgente e dal meccanismo di liberazione dell’energia).

Viceversa i terreni più superficiali, a differenza del basamento litoide che ha una risposta elastica alle sollecitazioni, tendono ad avere un comportamento visco-elastico, e quindi attenuano certe frequenze, mentre ne amplificano altre.

Classificazione sismica del suolo di fondazione

Riguardo alla **classificazione sismica dei suoli di fondazione** prevista dalla Normativa in vigore (**D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**), vengono identificate n° **5 classi** (denominate rispettivamente **A, B, C, D** ed **E**) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <i>velocità delle onde di taglio</i> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà Meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Deposit di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Deposit di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con <i>profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Per velocità equivalente $V_{s,eq}$ si intende la misura dal punto di partenza, ma non fino a 30 m, bensì fino al substrato sismico, se questo non è profondo più di 30 m. Per profondità del substrato maggiori di 30 m la velocità equivalente $V_{s,eq}$ è uguale a $V_{s,30}$ ponendo $H=30$ m e assumendo le proprietà degli strati fino a tale profondità.

Per quanto riguarda gli stendimenti TS1 e TS2 e la prova in foro tipo Down Hole le **Vs30** mostrano i seguenti valori:

- x V_{s30} TS1 pari a **212m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**
- x V_{s30} TS2 pari a **248 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**
- x V_{s30} DH pari a **340 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 m**

Le velocità delle V_{s30} calcolate per gli stendimenti TS1, TS2 e per la prova in foro tipo Down Hole rientrano nella **Categoria di tipo C**: tale sottosuolo è definito come

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt}, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)” secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

CONCLUSIONI

La consultazione dei **dati di letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio** effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e le **ricostruzioni lito-stratigrafiche** derivanti dalla consultazione delle stratigrafie dei **sondaggi geognostici eseguiti**, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

In sede preliminare è stato dato un quadro topografico e geomorfologico del territorio in cui ricade l'area in esame. E' stata poi analizzata la morfologia, la geologia e l'idrogeologia.

Per quanto riguarda l'assetto litotecnico lo stesso si caratterizza per la presenza di differenti termini, riconosciuti in affioramento da peculiari caratteristiche tecniche ed idrogeologiche.

Esaminando le informazioni raccolte circa le stratigrafie e le caratteristiche meccaniche dei terreni della costa molisana in generale, si possono evincere alcune considerazioni applicabili a carattere locale per la valutazione delle condizioni di stabilità delle scogliere esistenti. Dallo studio dell'evoluzione geologica dell'Appennino e dei processi morfoevolutivi che hanno condizionato il versante Adriatico della catena, si sono riconosciute alcune caratteristiche deposizionali comuni a tutto il litorale in esame che permettono di definire la stratigrafia di massima per le aree oggetto del progetto in esame. L'abbondante apporto di materiali clastici provenienti dalle azioni erosive che hanno agito sui versanti Appenninici hanno man mano colmato le distese presenti alla base dei rilievi attraverso i flussi gravitativi. Conseguentemente la stratigrafia evidenzia depositi sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, sabbioso-limosi, comunque caratterizzati da una spiccata componente granulare che conferisce ai livelli un'elevata permeabilità per porosità. Nella parte bassa della serie sedimentaria si rinvencono le argille grigio-azzurre comunemente considerate impermeabili. Si trascura la presenza di tale formazione in quanto ininfluenza ai fini del presente lavoro

L'area allo studio dai rilievi di superficie e dalla lettura dei sondaggi geognostici ricade nella formazione delle coltri eluvio-colluviali per la parte superficiale e nei depositi costieri per la parte basale. Le formazioni studiate si susseguono sempre in successione stratigrafica; i passaggi da una formazione all'altra sono gradualmente e non si rilevano faglie né strutture tettoniche particolari.

La presenza di terreni granulari si traduce nella immediata espulsione dei fluidi contenuti nei sedimenti e quindi in un cedimento del terreno sovraccaricato praticamente immediato.

Analizzando la stabilità delle scogliere antistanti i litorali oggetto di esame e considerando l'esiguità dei carichi trasmessi al terreno, se ne deduce un giudizio di sicura stabilità per le opere da realizzare.

Si ritiene che la ricarica delle scogliere determinerà variazioni di carico poco significative sul comportamento geotecnico del substrato costituito prevalentemente da sabbie.

Dalle caratteristiche geometriche del progetto di manutenzione si può desumere che il carico superficiale trasmesso dalle nuove opere sul terreno di fondazione è lo stesso di quello del carico delle scogliere realizzate in passato ed è quindi compatibile con le capacità portanti dei terreni su cui ogni scogliera sarà rifiorita. Tale considerazione è avvalorata sia dalla stabilità fondale delle limitrofe scogliere emerse, sia dall'esperienza che in questo campo è stata fatta negli interventi di difesa costiera simili. In ultima analisi, le opere di difesa costiera che verranno realizzate con il presente intervento, vista anche la funzione cui le stesse devono assolvere, non richiedono un approfondimento attraverso indagini in sito in relazione ai comportamenti geomeccanici/geotecnici dei terreni di fondazione (sabbie fini) riscontrati in contesti simili che hanno confermato la validità della scelta progettuale.

A conclusione di quanto sopra esposto e dalle risultanze emerse nel presente studio, si deduce che l'area è idonea agli interventi che si vogliono realizzare.