REGIONE LIGURIA
COMUNE DI VENTIMIGLIA
Prov. di Imperia

CALA DEL FORTE
VENTIMIGLIA
MONACO PORTS

CALA DEL FORTE
Ventimiglia

Via Roma 166, 18038 Sanremo
portoventimiglia@gmail.com

PROGETTO
DI UN'OPERA DI DIFESA DELLA COSTA

LA FALESIA DI PUNTA DELLA ROCCA

Progetto Architettonico-Paesaggistico
Arch. Marcofilippo Alborno

Progetto Opera Marittima
Ing. Stefano Puppo

Dott. Ing. Stefano Puppo
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Imperia
N° 336

RT	02

prima emissione

revisione CS/nov 21

revisione

revisione

COMUNE DI VENTIMIGLIA

LA FALESIA DI PUNTA DELLA ROCCA

Tra il 1960 circa e l'anno 2020, il Calanco cambia totalmente il suo aspetto.
E' cessata l'azione erosiva del mare al piede del Calanco: questo infaticabile "spazzino" non può più "ripulire" il piede della falesia dalla detrizione continua provocata dall'erosione delle argille. Il Calanco, pur continuando a regredire, assume una morfologia più dolce, che permette il progressivo insediamento leopardato della vegetazione.
Il Calanco è il luogo ove più facilmente è riscontrabile l'estrema velocità del processo evolutivo della Falesia di Punta della Rocca, capace di provocare l'arretramento verso monte della linea di quota di +45 m sul l.m.m. di una quantità variabile fra 2-8 m, come visibile dalla sovrapposizione del rilievo topografico del Genio Civile degli anni '60 e la cartografia fotogrammetrica in scala 1:1000 della Regione Liguria del 2014.
All'arretramento del ciglio sommitale corrisponde un avanzamento verso valle delle quote inferiori, a conferma dell'impressione di generale diminuzione delle pendenze medie del Calanco riscontrata dai confronti fotografici.
Il paraggio, progressivamente sottratto all'azione erosiva basale dalla realizzazione dell'embrione di porticciolo, dalla continua protezione del tracciato del Sentiero delle Calandre ed infine, definitivamente, dalla costruzione del Porto turistico, accumula la propria detrizione al piede e cambia forma.
Visto l'importanza dei mutamenti morfologici riscontrati, ha senso dunque una valutazione sulla stabilità di medio e lungo termine anche per la porzione di falesia insistente sui conglomerati pliocenici, la cosiddetta "puddinga".

Le caratteristiche della "puddinga"

I lembi pliocenici di Punta della Rocca possono essere attribuiti a condizioni di sedimentazione di tipo deltizio, dove i depositi argilloso-sabbiosi appaiono interstratificati ai conglomerati, con passaggi eteropici a questi ultimi. La direzione della corrente di deposizione varia da WNW a ESE, evidenzia un meccanismo di sedimentazione alternato, tipico degli ambienti fluvio-marini.
Litologicamente i conglomerati di Punta della Rocca (subunità U3b in Marini 2002) si presentano, a livello del mare, in genere mal stratificati e con un buon grado di cementazione. Verso l'alto essi passano a sedimenti più eterogenei (conglomerati del Forte di S. Paolo subunità U3c in Marini 2002), con alternanze di lenti a ciottoli minuti e lenti prevalentemente costituite da elementi di medie dimensioni; in generale, rispetto alla porzione inferiore, i clasti sono meno arrotondati e spesso dispersi in una matrice sabbioso-argillosa.



Esattamente come un conglomerato cementizio gettato in opera con inerte grossolano, la natura ha compattato gli inerti lapidei "disponibili" con cemento calcareo.

Ai fini di una facile comprensione dunque, si tratta di una roccia “debole” a bassa resistenza come molte delle rocce sedimentarie più “giovani”.



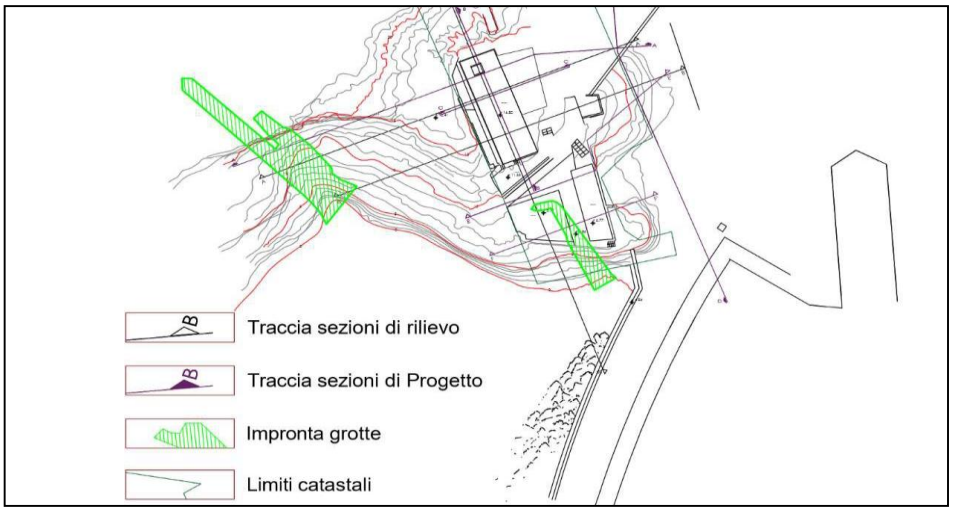
La stabilità dei conglomerati

Azione diretta del mare

L’energia trasmessa dal moto ondoso è una delle azioni più evidenti, continue e dinamiche, che agisce al piede della falesia. La netta immersione verso SE del complesso conglomeratico basale con formazione del solco di battente basale e ingresso della grotta grande marina della rocca.

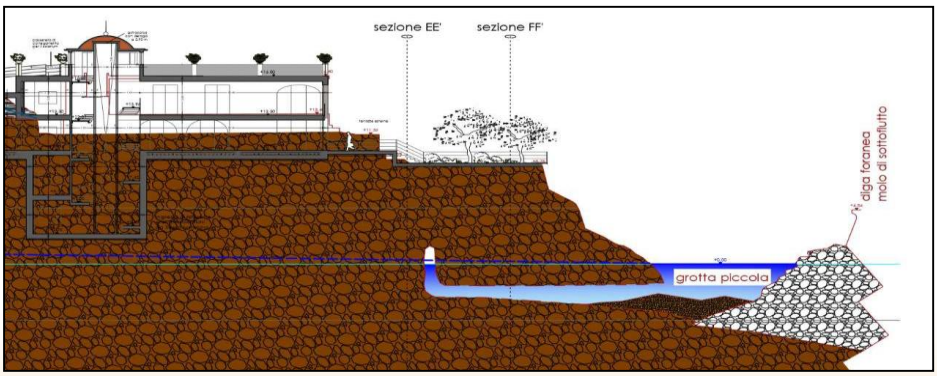
Azione carsica

Com’è noto gli orizzonti sabbiosi intercalati nei conglomerati, spesso non cementati e magari di spessore centimetrico, danno origine a fenomeni sorgentizi. In località Muru Russu sono presenti delle piccole, ma spettacolari sorgenti in piccole grotte, molto suggestive. L’azione carsica è evidentemente un agente morfogenetico “lento” ed estremamente localizzato.



UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE GROTTE PRESSO PUNTA DELLA ROCCA

Tale sistema carsico è alimentato da Ponente, per lenta filtrazione lungo i livelli sabbiosi, con arrivi addirittura dal Monte Magliocca. La relativa lunghezza del percorso di filtrazione rende sostanzialmente "perenni" tali apparati sorgentizi. Presso Punta della Rocca sono presenti due grotte sotto il livello del medio mare, caratterizzate dalla presenza terminale di infundiboli di alimentazione carsica.



SEZIONE SOTTO PUNTA DELLA ROCCA CON LA GROTTA PICCOLA

Azione dell'aerosol marino

L'umidità dell'aria, caricata da ioni salini elettricamente attivi dovuti alla prossimità del mare, favorisce l'azione dissolutiva sui cementi carbonatici.
In ciò risiede la necessità di utilizzo di cementi pozzolanici per le opere idraulico- marittime.



PRODUZIONE DI PIETRAME SCIOLTO SUI TRATTI MENO ACCLIVI DELLA FALESIA

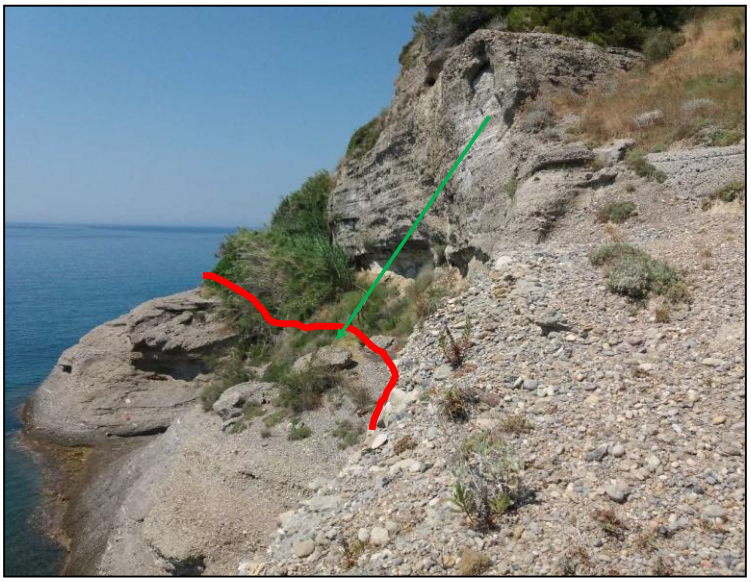
La dissoluzione dei carbonati che legano i clasti del conglomerato, avviene in modo diffuso sulla falesia, con produzione di un "tappeto" di ciottoli sciolti molto sdrucciolevole. Tale sottile copertura viene ciclicamente erosa e mobilitata dalle acque di ruscellamento diffuse nel loro passaggio durante le piogge. Ove il detrito si può accumulare protegge efficacemente il substrato conglomeratico dagli effetti di alterazione e permette l'insediamento di macchia mediterranea, con azione stabilizzatrice.



LIVELLI SABBIOSI PARTICOLARMENTE ERODIBILI
A SEGUITO DELL'AZIONE DISSOLUTIVA DEGLI AEROSOL MARINI

Sebbene il processo alterativo e dissolutivo sia un processo agente arealmente su tutta la superficie esposta della falesia, esso manifesta differenti gradi di efficacia, laddove la composizione del "conglomerato" non è omogenea, come si conviene a un deposito di delta torrentizio a regime idraulico fortemente variabile, e quindi è particolarmente attivo nei livelli sabbiosi meno cementati della falesia.

Non a caso tale erosione selettiva è utilizzata dall'uomo per realizzare passaggi pedonali "protetti" dall'aggetto superiore del conglomerato, che si trova proteso"a sbalzo" sopra il camminamento, riparandolo almeno in parte dai continui rilasci di ciottoli e pietre provenienti dalla parte superiore della falesia.
Il fenomeno è ben visibile sulla parte superiore della falesia, geologicamente caratterizzata da maggiore eterogeneità della composizione del conglomerato.
Nella parte bassa, in fregio al mare, il conglomerato è più compatto, omogeneo e resistente a questo tipo di azione alterativa, che comunque è presente.



DIFFERENTE COMPOSIZIONE DELLA SERIE PLIOCENICA BASALE DALLA FALESIA SOPRASTANTE. NELLA FOTO È EVIDENZIATO ANCHE IL PUNTO DI DISTACCO DEI MASSI PRESENTE SUL TERRAZZAMENTO DELLA FALESIA.



AZIONE EROSIVA SELETTIVA SULLA MATRICE ATTORNO AI CLASTI



ALCUNI MASSI AL LIMITE DEL DISTACCO

Crolli di prismi rocciosi

L'azione alterativa, che consente la "messa in aggetto" di porzioni della falesia assieme all'azione del mare, governa l'occasionale distacco per crollo di masse rocciose decisamente più importanti, rispetto alla continua detrizione dei ciottoli.
Nelle foto seguenti si osserva il crollo del Marzo del 2016 in un tratto di sentiero delle Calandre.



MARZO 2016: DISTACCO DI PRISMA CONGLOMERATICI SUL SENTIERO DELLE CALANDRE

Continue azioni di sollecitazione termica (per differenze di temperature diurne/notturne), sollecitazioni per detensionamenti superficiali, aggetto della roccia per erosione basale e selettiva ecc…, comportano la formazione di sottili fratture superficiali della roccia.
In queste fratture, seguendo i minimi accumuli di acqua piovana, si insinuano gli apparati radicali degli alberi. Le radici sollecitano a trazione la roccia, ossia in una "modalità" assai diversa dalla compressione già analizzata precedentemente. Quando costretta in estensione la roccia presenta valori di resistenza molto inferiori e pertanto la frattura subisce un progressivo allargamento, estendendosi arealmente nella matrice rocciosa.



NELLA FOTO SONO BEN VISIBILI LE FESSURE PER TRAZIONE DELLA ROCCIA E LA MESSA IN AGGETTO PER EROSIONE SELETTIVA

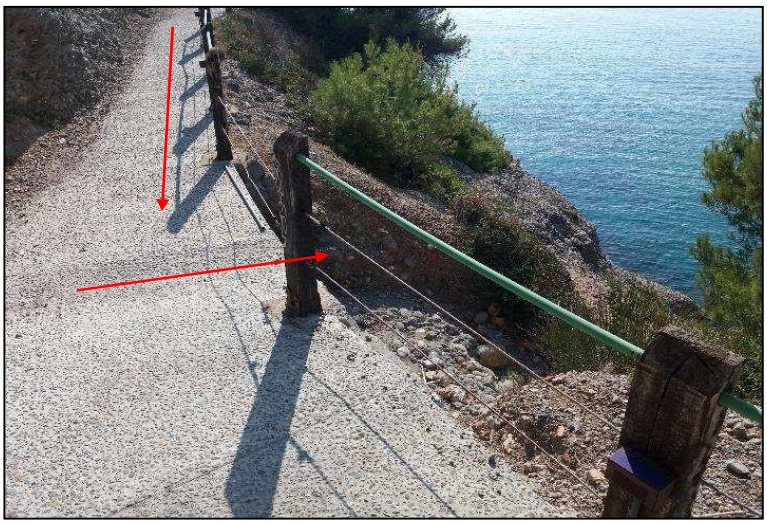
Laddove la resistenza dei ponti di roccia residui non è più sufficiente a sostenere il peso del prisma roccioso si ha il distacco e il crollo del prisma roccioso, spesso coadiuvato dalla spinta idrostatica dell'acqua all'interno della fessura, in caso di piogge.



L'APPARATO RADICALE BEN VISIBILE NELLA FOTO NON SI E' SVILUPPATO "A GIORNO", MA RISULTA ORA VISIBILE PER CROLLO DELLA PORZIONE DI ROCCIA ENTRO CUI SI ERA DIFFUSO

Azioni antropiche

La regimazione delle acque, soprattutto derivanti dagli scoli meccanici del Sentiero delle Calandre, comporta effetti erosivi locali, certamente meno incisivi rispetto a quanto accade per il sedime geologico in argille, ma in



grado di asportare le sacche di terreno che offrono appiglio all'apparato radicale, impedendo la copertura verde in macchia mediterranea assai efficace per la protezione "areale" della falesia dal salino.

Alcune conferme in merito all'arretramento della falesia

Le evidenze cartografiche e storiche confermano lo stato di estrema dinamicità della falesia, permettendo addirittura di stimare che se il Calanco argilloso arretra mediamente di circa 10 cm all'anno, la falesia in puddinga arretra con una velocità sensibile, pari da un quarto a un mezzo della velocità media del Calanco: ciò in coerenza con la propria maggior resistenza relativa agli effetti dell'azione morfogenetica agente.
E' necessario tuttavia precisare che l'utilizzo di una velocità media di arretramento è un comodo fattore descrittivo e di confronto. In realtà i meccanismi in atto, descrivi sinteticamente come arretramento medio annuale, sono molto più complessi ed aleatori.
Nella foto satellitare si noti la presenza scura in acqua del prodotto della detrizione e dei crolli avvenuti sulla falesia, che risaltano rispetto al fondo sabbioso più chiaro.
L'erosione marina al piede della falesia non si sviluppa in modo omogeneo, intaccando maggiormente le porzioni più deboli della serie conglomeratica (sabbie poco cementate). Create le condizioni di "disequilibrio" per aggetto della falesia, iniziano i distacchi di pietre e prismi rocciosi, che crollano in mare, testimoni evidenti dell'instabilità locale. Tuttavia, nel lungo periodo, se i prismi rocciosi hanno dimensione sufficiente per non essere mobilitati anche dall'azione dei mari più tempestosi, iniziano ad offrire una crescente protezione, costituendosi come una sorta di frangiflutti "naturale", che mitiga localmente l'azione dei marosi.
Per crolli successivi quindi, si aggiunge paradossalmente protezione, fino a determinare la migrazione e il concentramento della massima azione dinamica marina verso altre porzioni ancora esposte della falesia.
Il processo di arretramento dunque non è continuo e omogeneo, come nel caso dei Calanchi, ma procede per settori, inevitabilmente innescato dalla creazione di solchi di battente dell'onda e con crolli parossistici fino ad una nuova situazione di equilibrio determinato dall'effetto "protettivo" del piede da parte dei crolli stessi.
A questo punto il processo ricomincia in altri punti della falesia, ora interessati da maggiore energia battente dell'onda marina.
Con ciò si vuole dimostrare come il concetto di velocità media di arretramento debba essere correttamente inteso come un parametro generale atto a definire la magnitudo di un fenomeno erosivo.
Come tale è coerente e necessario che tale parametro indichi velocità di arretramento significativamente inferiori per la falesia in puddinga, rispetto al Calanco.
Laddove si esaminino situazioni di dettaglio, come le parti di falesia in conglomerato particolarmente aggettanti, e dunque anche particolarmente attive, nulla vieta di trovare velocità di regressione locali anche molto maggiori, "compensate" dalla temporanea stasi di altri punti della falesia, anche contigui.

Conclusioni

Nel presente lavoro si è mostrato come la falesia sia luogo geomorfologicamente molto attivo e dinamico, con continui mutamenti alla scala del tempo storico, dunque con modifiche del territorio antropicamente percettibili.
In base alle ricerche svolte sulla documentazione iconografica storica e cartografica del paraggio, che attestano visivamente l'estremo mutamento locale negli ultimi duecento anni, si è cercato di precisare il fenomeno, quantificando la velocità media del processo di arretramento identificando valori di circa **10,0 - 15,0 cm/all'anno** per la porzione di falesia posta sulle argille del Calanco, che si riduce significativamente a **2,5 - 5,0 cm/anno** per la falesia conglomeratica, composta da materiali sedimentari coevi con le argille calanchive, ma geologicamente più resistenti agli agenti esogeni.

Una dettagliata esposizione dei processi erosivi in atto, **mostra come l'azione del moto ondoso sia l'agente principale dell'evoluzione della falesia**, creando le condizioni di disequilibrio inziale, a cui la falesia "reagisce" con il suo progressivo arretramento, verso nuove condizioni di equilibrio.
Prove evidenti dell'attività di crollo e di continuo arretramento sono i numerosi scogli di varia dimensioni affioranti in mare, particolarmente abbondanti e numerosi al di sotto delle parti aggettanti della falesia, ossia dove l'azione dell'onda marina è stata in grado di scavare profondi solchi di battente.
In tali punti l'arretramento della falesia può superare le velocità di arretramento "medie" registrate nei Calanchi, laddove l'attività (parossistica, localizzata ed estemporanea) di crollo per distacco di prismi rocciosi, "supera" la velocità media di arretramento del processo di erosione delle argille superficiali del Calanco, caratterizzato invece da continuità e omogeneità areale di azione.

In tal senso, nel breve termine, sono da attendersi importanti fenomeni di crollo e di arretramento nella falesia almeno per le sue porzioni maggiormente aggettanti e destabilizzate dall'azione del moto ondoso.
Nel medio termine invece, la sempre maggior presenza di nuovi scogli emergenti al piede del tratto di falesia aggettante, sposterà il ciclo erosivo in altri punti, sempre più esposti all'azione dei mari estremi, ricominciando lentamente l'azione "preparatoria" di messa in aggetto; in questo alternarsi di fasi "parossistiche" (crolli praticamente istantanei) e di lente fasi "preparatorie", si riequilibrano i valori statistici della "velocità media" di arretramento della puddinga.
Dall'esame dettagliato di confronti fotografici con distacco temporale di pochi anni, si percepisce il continuo lavorio degli agenti erosivi, attraverso i piccoli crolli, distacchi di clasti lapidei, lenta erosione della matrice legante la puddinga.
Tali fenomeni erosivi e di arretramento progressivo sono tuttavia "trascurabili" rispetto all'azione del moto ondoso marino, latore di una energia distruttiva molto maggiore.

L'analisi dell'evoluzione del Calanco è una buona riprova di tale considerazione: la creazione del porto turistico ha profondamente modificato l'evoluzione del Calanco, impedendo l'asportazione al piede del materiale di erosione. L'accumulo progressivo di tale materiale ha portato ad una diminuzione della pendenza media del Calanco, più facilmente insediabile da vegetazione della macchia mediterranea con effetti stabilizzanti. Modeste opere antropiche possono rallentare ulteriormente l'evoluzione in arretramento del ciglio superiore del Calanco, semplicemente mediante opere di raccolta e drenaggio delle acque ruscellanti che ancora insistono sull'area.
Allo stesso modo anche per la falesia in puddinga è possibile rallentare significativamente i fenomeni erosivi di arretramento presenti sulla parte di versante, con accorte opere di regimazione delle acque superficiali, disgaggi localizzati delle parti pericolanti, chiodature delle porzioni distaccate ancora consolidabili.
Particolare cura andrebbe posta in modeste opere atte a favorire l'attecchimento della vegetazione, ad esempio con la creazione di tasche o piccole aiuole di terreno vegetale, per favorire lo sviluppo della copertura vegetale, unica vera protezione all'azione degli aerosol marini.

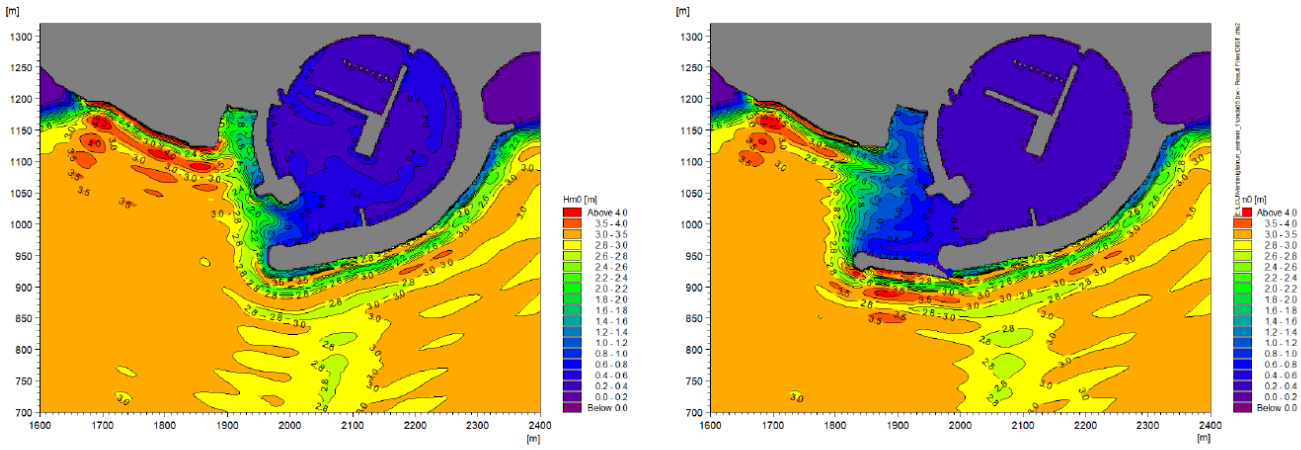
Ma occorre tenere ben presente che l'insieme di tali interventi sarebbe vano se non associato a importanti opere marittime in grado di mitigare l'azione del moto ondoso bettente alla base della falesia.

In assenza di tali opere la falesia, così come la conosciamo ora, è destinata a mutare profondamente, nell'arco di poche decadi, con maggiori arretramenti nelle porzioni in oggi fortemente aggettanti e già sede dei maggiori crolli.

Quanto sopra a conferma delle considerazioni già sviluppate nella relazione Tecnica allegata al progetto e precisamente al punto 3 "Riduzione dell'agitazione ondosa sull'imboccatura e sulla falesia".

Uno studio sulle condizioni energetiche contro la falesia e sulle loro riduzioni conseguenti alla realizzazione della nuova opera di protezione è stato svolto dal DHI.

Tale studio ha evidenziato che con l'opera in progetto si determina una significativa riduzione del moto ondoso sulla parte prominente della punta della Rocca (quella più aggredita dal moto ondoso incidente) con riduzione in caso di mareggiate estreme dell'altezza d'onda dagli attuali oltre 4,0 m (senza opera di protezione) a poco più di 1,5 m (con l'opera di protezione); considerato che l'energia ondosa è proporzionale al quadrato dell'altezza d'onda con l'opera di protezione avremo una riduzione dell'energia incidente sulla punta della Rocca pari a oltre il 70% oltre ad aver eliminato totalmente il rilevanto run-up lungo la falesia stessa cosa che oggi avviene in modo estremamente violento.



L'opera prevista valutata per quanto riportato in questa relazione proprio per gli effetti mitigatori che determina rappresenta di fatto un intervento volto alla protezione della costa e come tale di assoluta pubblica utilità.

Dott. Ing. Stefano Puppo
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Imperia
N° 336