



COMUNE DI MONTECORICE

Provincia di Salerno

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA MEDIANTE RECUPERO E
RIFIORITURA DELLE SCOGLIERE DI PROTEZIONE
DELL'ABITATO DI AGNONE DANNEGGIATE A SEGUITO
DELLE MAREGGIATE DI GENNAIO 2018

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato

R_02

RELAZIONE TECNICA

DATA

Progettista:



Amm.re Unico
dott. Claudio Fogliano

Direttore Tecnico
ing. Gerardo D'Antonio

Il Rup:

Ing. Emanuela Marrocco

Il Sindaco

Dott. Flavio Meola

RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITÀ	3
2. CONDIZIONI ATTUALI DELLE SCOGLIERE	3
3. DIMENSIONAMENTO DELLA MANTELLATA DI RISAGOMATURA	5
3.1 Analisi delle modalità di rottura di un'opera a gettata	5
3.2 Definizione della Permeabilità nominale	6
3.3 Parametri idraulici di riferimento	7
3.4 Il metodo di calcolo	7
3.5 Risultati e definizione del diametro di progetto	8
4. AMPLIAMENTO DEI CORONAMENTI	8
5. DEFINIZIONE DELLE "TOE STRUCTURES"	8
6. INTERVENTO PER LA PROTEZIONE DI UN FUTURO RIPASCIMENTO.....	9

1. GENERALITÀ

Il progetto di ripristino e rifiorimento delle opere a gettata realizzato a protezione dell'abitato di Agnone Cilento, frazione del Comune di Montecorice (SA), è stato ispirato dai seguenti principi di carattere generale:

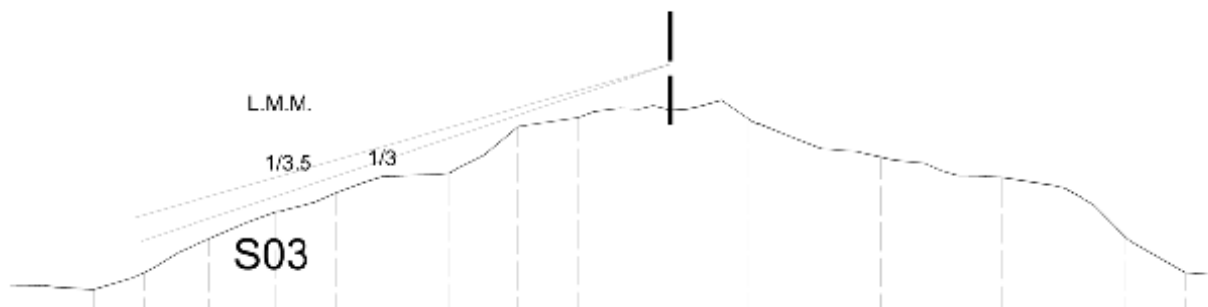
- La quota di coronamento rispetto al livello medio mare è stata mantenuta invariata rispetto al progetto realizzato;
- la pendenza dei paramenti esterni è stata ridefinita, adattandola, ove possibile, al profilo modellato dal moto ondoso. Ciò conferisce maggiore stabilità alle strutture, consentendo, al contempo, di sfruttare il materiale lapideo disponibile in situ;
- La stabilità idraulica delle mantellate è stata altresì migliorata, mediante l'impiego di massi di peso superiore rispetto a quelli originariamente posti in opera;
- Il coronamento è stato ampliato, conseguendo così il duplice obiettivo di ridurre la trasmissività delle opere e migliorare la stabilità della cresta; quest'ultima rappresenta, infatti, un'area di notevole criticità per le strutture soggette a frequente tracimazione (Burcharth et al., 2005, Vidal et al., 1992);
- Il profilo del "piede delle strutture", laddove possibile e necessario, è stato ridisegnato in maniera da ridurre gli effetti di possibili eventi di "scour", che possono verificarsi non solo in corrispondenza del paramento esterno, ma anche in corrispondenza di quello interno, per effetto di intensi eventi di tracimazione.

2. CONDIZIONI ATTUALI DELLE SCOGLIERE

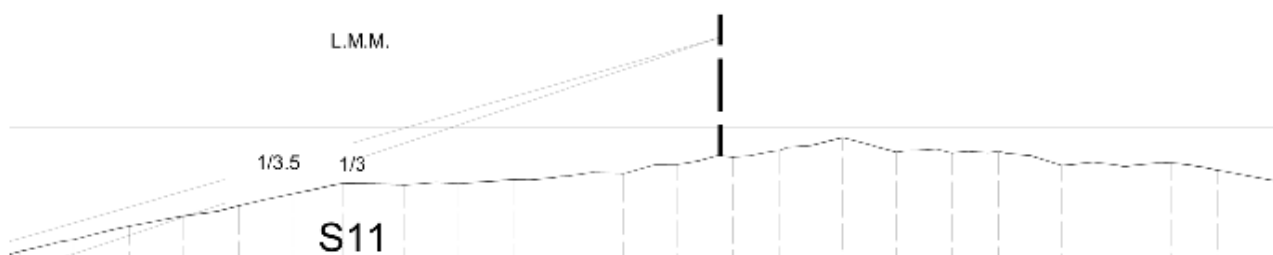
L'analisi dei profili trasversali, ricavati dai rilievi topo-batimetrici eseguiti delle condizioni esistenti delle scogliere, hanno evidenziato che il paramento "lato-mare" delle opere a gettate a suo tempo realizzate, si presenta prevalentemente con una scarpa più o meno riconducibile a 1/3 o maggiore.

E' evidente, comunque, che il susseguirsi delle mareggiate occorse dal 2016, anno in cui furono completate le scogliere, ed Aprile 2023 data del rilievo di questo progetto, le opere a gettata hanno continuato a deteriorarsi. Infatti, in molte sezioni lungo le quali si è sviluppato il profilo di rilievo, si vede che oramai la berma superiore un tempo emersa non esiste più, risultando per la quasi totalità delle strutture un livello superiore, più o meno orizzontale, posto a quota del livello medio mare.

I massi costituenti le strutture, quindi, risultano oggi dispersi sia davanti che dietro a ciascuna delle scogliere di protezione dell'abitato. Nelle successive figure, a partire dalla scogliera 1 – lato porto – si riportano i profili rilevati nelle mezzerie delle singole scogliere.



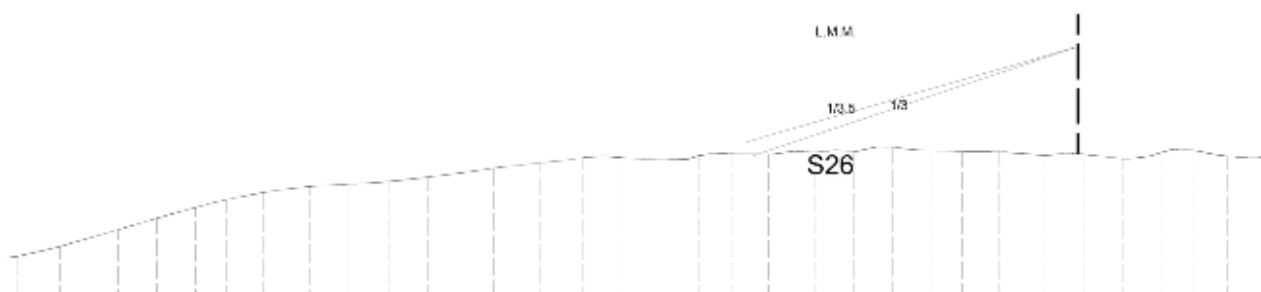
Scogliera 1 – pendenza media 1/3



Scogliera 2 – pendenza media 1/4



Scogliera 3 – pendenza media 1/3 nel tratto più esterno



Scogliera 4 – pendenza media 1/3 nel tratto più esterno

3. DIMENSIONAMENTO DELLA MANTELLATA DI RISAGOMATURA

3.1 Analisi delle modalità di rottura di un'opera a gettata

La figura qui di seguito riportata, mostra la sezione di una diga a gettata e le sue principali modalità di danneggiamento.

Tra tutte le modalità di rottura evidenziate in figura, la rimozione degli elementi di mantellata è quella più critica perché lo “smantellamento” della mantellata comporta inevitabilmente il progressivo collasso – anche repentino - della intera diga. È la mantellata, infatti, la parte dell'opera maggiormente esposta al moto ondoso e dimensionata per resistere ai carichi delle onde frangenti; giammai la resistenza ai carichi può essere offerta dagli strati più interni: lo strato filtro e men che meno il nucleo.

Il più comune danneggiamento della mantellata è dovuto al fatto che, durante la discesa lungo la scarpata della corrente generata dal moto ondoso, le forze esercitate sui massi superano gli effetti stabilizzanti del peso e della interconnessione tra i vari elementi cosicché questi ultimi vengono asportati dalla loro posizione e rotolano giù lungo la scarpata. Altri importanti tipi di danneggiamento (della mantellata) sono: lo scivolamento in massa della mantellata per asportazione dell'opera di contenimento al piede e/o insufficiente attrito della mantellata sullo strato filtro sottostante; la rottura degli elementi della mantellata.

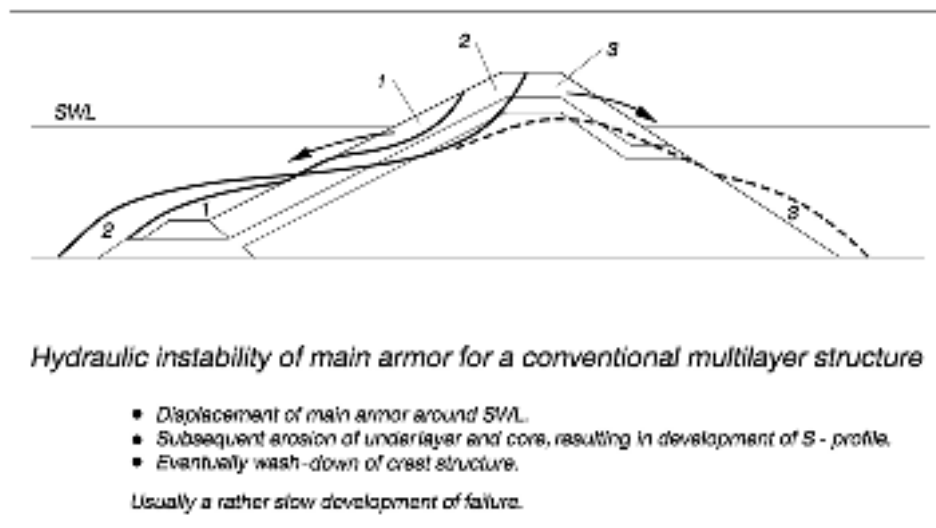


Figure VI 2 26. Main armor layer instability

Figura tratta dal Coastal Engineering Manual, Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers

La misura della stabilità idraulica della struttura è effettuata mediante l'introduzione di un criterio di danno, che ha come limite superiore la condizione per cui viene scoperto lo strato (filtro)

sottostante, e che, tipicamente, considera tre livelli di danneggiamento della mantellata: la condizione di danneggiamento incipiente, quella di danneggiamento intermedio e la condizione di distruzione totale in funzione dei valori assunti da S , D e N_{sd} .

Il grado di danneggiamento accettabile è, comunque un parametro di difficile scelta. Esso ha infatti un significato ben diverso, per esempio, per un frangiflutti con mantellata costituita da due file di massi naturali, che può assorbire dislocamenti di massi e cedimenti anche di una certa entità senza esporre alle onde gli strati sottostanti, filtro e nucleo, e crollare.

1. **CONDIZIONE DI DANNEGGIAMENTO INCIPIENTE (iniziale)** – il numero di massi dislocati è molto limitato, il danno non necessita di operazioni di manutenzione
2. **CONDIZIONE DI DANNEGGIAMENTO INTERMEDIO (da moderato a severo)** – ci sono alcuni massi dislocati ma la mantellata nel suo insieme rimane stabile (non viene scoperto lo strato filtro sottostante) il danno necessita di operazioni di manutenzione
3. **CONDIZIONE DI DISTRUZIONE TOTALE (rottura)** – il danno è tale da rendere visibile lo strato filtro sottostante che resta esposto all'azione del moto ondoso e la struttura non è più funzionale

A seconda della condizione di danneggiamento in cui si trova la struttura, i tre parametri N_{sd} , D , S assumono i seguenti valori:

GRADO DI DANNEGGIAMENTO		INCIPIENTE	INTERMEDIO	ROTTURA
D		<5%	5-10%	>15%
N_{sd}		<0.5	2-3	5
S	SLOPE			
	1:1.5	2	3-5	8
	1:2	2	4-6	8
	1:3	2	6-9	12
	1:4	2	8-12	17
	1:6	2	8-12	17

Misura del grado di danneggiamento.

Nel caso di mantellate realizzate con una doppia fila di massi naturali, le condizioni ondose di danneggiamento incipiente ($S=2$), che conducono a una situazione di perdita di massi molto limitata compresa tra lo 0 e il 5% ($D<5\%$), sono quelle al di sopra del quale il danno è considerato apprezzabile (non è ragionevole progettare questo tipo di mantellate a danneggiamento nullo $D=0$).

Nel caso in esame, pur considerando la possibile posa di un solo strato di massi naturali in quanto si dispone già di un substrato in massi che è la parte di scogliera da risagomare, si può considerare un livello di danneggiamento pari a 2.

3.2 Definizione della Permeabilità nominale

Essendo le opere oggetto di studio composte da massi eterogenei, il calcolo è stato condotto ipotizzando un valore cautelativo di Permeabilità nominale P , pari a 0.45. Tale valore risulta più alto rispetto alle permeabilità convenzionali di strutture dotate di mantellata in doppio strato, filtro e nucleo ($P = 0.4$), ma più basso di quello tipico di strutture prive di filtro ($P = 0.5$).

3.3 Parametri idraulici di riferimento

I calcoli sono stati condotti con riferimento ad un sovrizzo del livello medio mare, comprensivo di marea astronomica e metereologica, pari a:

$$t = 0.50 \text{ m} \quad (1)$$

L' altezza d'onda significativa di progetto, H_{SD} è assunta pari all' altezza d'onda in condizioni di frangimento incipiente, secondo la relazione:

$$H_{SD} = 0.6 \cdot (h + t) \quad (2)$$

Che nel caso in esame si specializza in $H_{SD} = 0.6 \cdot (5.00 + 0.50) = 3.30 \text{ m}$

Il periodo medio di progetto, $T_{-10,D}$ è invece quello corrispondente al minimo di stabilità delle strutture ("punto di collapsing"). Esso è determinato a partire dal Numero di Iribarren critico:

$$\xi_{mc} = [6.2 \cdot P^{0.31} \cdot \sqrt{\tan \alpha_{off}}]^{1/P+0.3} \quad (3)$$

Si ha dunque per definizione:

$$T_{-10,D} = \frac{\xi_{mc}}{\tan \alpha_{off}} \cdot \sqrt{\frac{2\pi H_{SD}}{g}} \quad (4)$$

con g , accelerazione di gravità. Pertanto il Periodo di picco dell'onda di progetto è calcolato come $T_{-10,D} = 13.12 \text{ s}$

3.4 Il metodo di calcolo

Una volta ricavati i parametri idraulici di riferimento, il diametro nominale mediano teorico, $D_{n50,t}$ è stato calcolato mediante la relazione:

$$\frac{H_{SD}}{\Delta D_{n50,t}} = 6.2 \cdot P^{0.18} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \xi_{mc}^{-0.5} \quad (5)$$

in cui, oltre ai simboli già introdotti:

- Δ è il rapporto tra il peso specifico al galleggiamento della roccia ed il peso specifico dell'acqua, assunto pari a 1.34
- S è il grado di danneggiamento, posto pari a 2 (danneggiamento incipiente);
- N è il numero di onde, posto pari a 4900

3.5 Risultati e definizione del diametro di progetto

I risultati dei calcoli svolti, nelle ipotesi di:

- Rifiorimento eseguito mediante la posa di uno strato di massi naturali
- Pendenza del paramento esterno pari a 1/3
- Massi naturali di peso specifico pari a 2.4 t/mc

Per strutture tracimabili, avente quota di sommità pari a +1.50 m s.l.m.m., risulta un $D_{n,50}$ pari a 1.31 m corrispondente ad un masso naturale da 5.38 t.

Pertanto, sarebbe necessario una mantellata costituita da massi naturali di III categoria (3-7 t).

Nel nostro caso, a vantaggio di sicurezza ed allo scopo di aumentare la capacità statica dei massi mediante il proprio peso, si sono considerati massi naturali di IV categoria (massi di peso > 7.0 t).

4. AMPLIAMENTO DEI CORONAMENTI

In virtù della frequente tracimazione, i coronamenti delle strutture sono da considerarsi aree critiche per la stabilità idraulica. Per tale motivo, è stata assunta un'ampiezza dei coronamenti, B , pari a 5 volte il diametro nominale di progetto. Dunque, nella nuova configurazione si avrà:

$$B = 7.50m \quad (10)$$

a fronte dei 4.80 delle strutture precedentemente progettate e realizzate.

5. DEFINIZIONE DELLE “TOE STRUCTURES”

Il profilo di protezione delle strutture è stato definito tenendo conto che lo strato di copertura costituente la nuova mantellata è stato posto in opera salpando parzialmente i massi che si sono dislocati nel tempo e che costituivano la stessa mantellata delle scogliere esistenti. Percui, è stata valutata sezione per sezione la possibilità di realizzare una toe-structure in maniera da proteggere ulteriormente la scogliera.

Infatti, essendo il piede costituito da massi della mantellata dislocati, questi hanno per definizione una certa resistenza, pertanto risulta abbastanza improbabile che si verifichi un escavo al piede delle opere (scour holes). Laddove si è ritenuto di realizzare una toe-structure è stata invece

proposta al fine di permettere, nel caso di scour che i vuoti possano essere riempiti dai massi delle stesse toe structures senza compromettere la stabilità dei manufatti.

Nei calcoli è stato immaginato uno scour hole di area pari ad H_{SD}^2 .

Massi addizionali adoperati come toe structures si sono garantiti sull'intero rondò delle testate delle strutture a scogliera.

Elementi di geotessile sono stati impiegati al fine di evitare l'affondamento degli elementi rocciosi (sinking).

6. INTERVENTO PER LA PROTEZIONE DI UN FUTURO RIPASCIMENTO

Il progetto in esame non prevede la posa in opera di un ripascimento lungo la spiaggia di Agnone. Ciò nonostante, in linea con il progetto definitivo di cui alla progettazione eseguita dalla allora Autorità di Bacino Sinistra Sele, il presente progetto prevede la realizzazione di una cella per il contenimento e la protezione di un possibile ripascimento che si andrebbe a realizzare nella parte Nord-Ovest del litorale per una lunghezza di circa 250 m, corrispondente a circa la metà del lungomare stesso.

Infatti a completamento dell'intervento è stata prevista la realizzazione di una cella costituita dal pennello emerso esistente a Nord, in buone condizioni e quindi non oggetto di intervento; da una scogliera sommersa posta davanti alla spiaggia ed un pennello di chiusura verso sud semisommerso. La scogliera parallela alla spiaggia è stata posta ad una profondità di circa -2.50 m ed una quota di sommergenza costante pari a -1.00m. A chiudere la cella è stato previsto il ripristino di un pennello esistente, ma che versa in pessime condizioni, di lunghezza ortogonale alla riva di circa 28 m, da rendere semisommerso da +0.50 m sulla spiaggia a -1.00 m in raccordo con la scogliera sommersa.

Il materiale da impiegare per la realizzazione della scogliera sommersa e del pennello semisommerso è quello proveniente dal salpamento dei massi delle scogliere di protezione.

Una delle possibili soluzioni è quella che il Comune di Montecorice provveda ad eseguire in proprio il ripascimento visto che a questo fine si è dotato di una draga che gli permette di ricaricare annualmente la spiaggia di Agnone.

La progettazione di un ripascimento artificiale consta nella definizione della granulometria e del volume di materiale solido di apporto necessario per realizzare l'avanzamento desiderato della linea di riva facendo in modo che le caratteristiche di tale materiale risultino essere quanto più prossime a quelle del materiale presente in sito.

Al fine di ottenere il maggiore avanzamento stabile della linea di riva a parità di volume aggiunto, si è imposta la condizione di profilo intersecante per cui il profilo assunto dalla spiaggia deve intersecare il profilo originale prima della profondità di chiusura. E' proprio in quel punto che si è andato a posizionare la scogliera di protezione al piede del possibile ripascimento.

La condizione necessaria affinché il profilo risulti intersecante è la seguente:

$$\frac{\Delta y}{w^*} < 1 - \left(\frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}},$$

dove:

Δy è l'avanzamento della spiaggia;

w^* è la distanza della batimetrica della profondità di chiusura (pari a 10m) rispetto alla linea di riva calcolata a partire dall'equazione del profilo di equilibrio di Brunn Dean:

$$w^* = y_c = \left(\frac{h_c}{A_N} \right)^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{10}{0.17} \right)^{\frac{3}{2}} = 451.16 \text{ m},$$

A_N è il parametro di Moore relativo al materiale nativo ($D_N = 0,43 \text{ mm}$) pari a $0.17 \text{ m}^{1/3}$;

A_F è il parametro di Moore relativo al materiale utilizzato per il rinascimento quest'ultimo è stato scelto pari a $1,1 D_N$ ovvero pari a $0,47 \text{ mm}$, per cui utilizzando l'equazione di Brunn Dean valida per $D > 0,4 \text{ mm}$:

$$A = 0,23 \cdot D_{50}^{0.32}$$

si ottiene un valore pari a $A_F = 0,18 \text{ m}^{1/3}$.

Il calcolo del volume teorico di ripascimento per unità di lunghezza di spiaggia V (m^3/m) è stato condotto mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$\frac{V}{B \cdot w^*} = \frac{\Delta y}{w^*} + \frac{3}{5} \cdot \left(\frac{h_c}{B} \right) \cdot \left(\frac{\Delta y}{w^*} \right)^{\frac{5}{3}} \cdot \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}}} \Rightarrow V = 32.604 \frac{\text{m}^3}{\text{m}}$$

Indicando con B la berm elevation posta pari ad 2 m .

Il volume teorico necessario quindi per un avanzamento della linea di costa di circa 10 m nei 250 m di litorale protetto dalla cella è calcolato in 8150 mc di sabbia.