Capitolo 1: L’erosione costiera

1.1 Erosione costiera

Una spiaggia è come un organismo vivo, costantemente in evoluzione, sotto l’azione delle onde e delle correnti. C’è da dire che il territorio italiano, specie quello costiero è ormai interamente e intensamente occupato da insediamenti edilizi ed infrastrutturali, talché, spesso, una sia pur minima variazione della linea di riva, anche se conseguenza naturale delle variazioni stagionali o annuali del clima d’onda, richiede pronti interventi di difesa del territorio costiero minacciato e dei beni d’alto valore su di esso presenti.

Questa situazione è in parte dovuta al fatto che molte delle recenti costruzioni sul territorio litoraneo testimoniano della scarsa conoscenza, nei tecnici e proprietari responsabili, delle basilari nozioni di dinamica costiera. Infatti, non poche costruzioni, che oggi denunziano i danni consequenziali dell’erosione della costa, sono, in realtà, delle vere e proprie sfide al mare, essendo state realizzate su territorio demaniale, cioè sulla fascia di spiaggia attiva destinata alla naturale oscillazione della linea di riva, secondo i ritmi dettati dall’equilibrio dinamico naturale di spiaggia.

Questa normale oscillazione della linea di riva è frutto della continua evoluzione del litorale, diversamente è possibile individuare delle situazioni in cui la linea di riva, negli anni, arretra di parecchi metri, in tal caso si parla d’erosione costiera.

Le cause che danno luogo e fanno si che l’erosione del litorale diventi sempre più consistente sono molteplici e sono illustrate nel paragrafo 1.1.2.

L’erosione costiera rappresenta uno dei più importanti problemi che colpisce le coste italiane, ed in particolare quelle calabresi.

Essa si manifesta come perdita di spiaggia emersa, che in alcune situazioni scomparendo del tutto può creare dei grossi problemi di sicurezza per le persone e le abitazioni.

E’ facile capire che questo fenomeno è di fondamentale importanza per diversi aspetti:

1. Problemi alle infrastrutture e abitazioni in prossimità della spiaggia;
2. Problemi economici legati alla perdita della spiaggia emersa per gli operatori turistici.

Il territorio italiano risulta essere particolarmente antropizzato in prossimità della costa, basti pensare che soltanto sul territorio calabrese, in prossimità della costa tirrenica, è possibile individuare la linea ferroviaria e la S.S 18 che costeggia il Mare Tirreno.

In questi casi una forte erosione potrebbe creare grossi problemi a queste infrastrutture, con il rischio di danni a persone e gravi danni economici.

Inoltre è possibile individuare situazioni in cui, a seguito di un continuo arretramento della linea di riva le abitazioni si trovano a diretto contatto con il mare. In questo caso c'è il rischio che l'azione delle onde provochino seri danni strutturali (fig. 1.1.2)

Figura 1.1.1 Esempio di danni provocati alle infrastrutture stradali.

Figura 1.1.2 Abitazioni a ridosso del mare. Località Cetraro.

Infine c'è da dire che l'erosione che si manifesta come perdita di spiaggia emersa, può costituire un grosso problema per gli operatori turistici, per i quali le ampie spiagge

rappresentano un forte traino per l'attività e i profitti. L'erosione può creare dei seri danni a queste attività economiche con il rischio reale di perdita del capitale investito.

1.1.1 Cause principali connesse all'accentuazione dei fenomeni erosivi

Le coste rappresentano un elemento estremamente dinamico della superficie terrestre; i fenomeni legati all'abrasione e al deposito costituiscono le cause della loro evoluzione. Tuttavia tale equilibrio è oggi gravemente minacciato a causa delle pressioni antropiche che favoriscono il fenomeno erosivo, con la conseguente perdita di un patrimonio ambientale ed economico di gran pregio. Intervenire sulle cause principali di tale criticità significa gestire la situazione attuale e soprattutto prevenire conseguenze ancora più gravi.

Le cause principali che hanno determinato l'accentuazione dei fenomeni erosivi sono:

1. decremento generalizzato del trasporto solido da parte dei fiumi;
2. incremento dell'urbanizzazione della costa con distruzione delle dune;
3. realizzazione di opere rigide nei pressi della battigia;
4. incremento delle affluenze turistiche con nuova richiesta d'aree per le attività balneari.

Per quanto riguarda il decremento del trasporto solido dei fiumi, è un fenomeno che in questi ultimi anni sta crescendo in maniera esponenziale. I fiumi nel loro moto trasportano detriti che sono di dimensioni consistenti in prossimità delle zone di montagna, scendendo a valle, il fiume non ha più l'energia necessaria a trasportare detriti di certe dimensioni, che quindi vengono depositati. Questo spiega perché in prossimità delle zone vallive i letti dei fiumi sono caratterizzati da materiale ciottoloso. Il fiume nell'ultimo tratto prima di sboccare a mare ha energia sufficiente a trasportare materiale di piccola dimensione e quindi sabbia e argilla.

In passato i fiumi davano un forte apporto di materiale solido alle spiagge, questi fornivano un naturale ripascimento del litorale. Da un'attenta analisi delle cartografie dei diversi anni è possibile vedere come nei fiumi con portate consistenti si è verificato in prossimità della foce un avanzamento della linea di riva. Oggi non è cosi, e quindi non essendoci un naturale ripascimento della spiaggia per effetto del trasporto solido del fiume, in prossimità di alcune foci , è possibile individuare zone con forte erosione.

I motivi per i quali i fiumi non danno più un apporto di materiale solido alla spiaggia sono molteplici. Primo tra loro è la diminuzione sostanziale delle portate, con la conseguenza di una riduzione del trasporto di sabbia. Un altro aspetto è quello connesso alla realizzazione delle dighe a diversi scopi (idroelettrico, captazione d'acqua, ecc.) nell'alveo dei fiumi. In tal caso la diga intercetta tutto il trasporto solido di fondo che quindi verrà "intrappolato" a

monte della stessa e non arriverà sulla spiaggia. Infine un altro motivo per il quale i fiumi non danno più un apporto di materiale lapideo, è connesso al prelievo incontrollato di sabbia e di inerti che viene eseguito nei letti dei fiumi.

Un'altra causa che in questi anni ha determinato l’accentuazione dell’erosione costiera è l’incremento dell’urbanizzazione della costa con distruzione delle dune.

Le dune rappresentano una conformazione naturale della spiaggia, che contrasta fortemente il fenomeno di erosione costiera. Per poter rispondere alle esigenze di urbanizzazione della zona costiera, spesso l’uomo commette numerosi errori primo tra essi è la distruzione delle dune per rispondere ad una domanda di ampliamento residenziale o infrastrutturale.

Ulteriori cause di un aumento dell’erosione, sono sempre connesse all’azione dell’uomo che per rispondere ad esigenze turistiche in alcuni casi trasforma lo splendido paesaggio costiero in una fabbrica di cemento armato, in cui con il passar degli anni il mare “ si vendica” e si riprende tutto ciò che l’uomo ha sottratto alla natura.

Un ulteriore problema, su un fronte molto diverso da quelli sinora trattati, connesso direttamente con l’arretramento della linea di costa è l’intrusione salina nelle falde freatiche. Questo fenomeno è accentuato da un utilizzo dell’acqua dolce proveniente da pozzo per innaffiare i campi coltivati superiore alla ricarica della falda stessa o perché l’acqua dolce di buona qualità delle falde è utilizzata a fini industriali, anche dove si potrebbe far uso delle acque di processo, ad esempio derivate dal raffreddamento degli impianti. Col tempo, mettendo insieme l’erosione costiera con l’eccessivo utilizzo dell’acqua di falda, si provoca una salinizzazione sempre più veloce delle falde, cosa che comporterà grossi problemi, soprattutto all’agricoltura, considerato che molte colture non sono produttive se l’acqua con cui sono annaffiate è troppo salina.

1.1.2 Il modellamento naturale delle spiagge sottili

Il movimento del sedimento di spiaggia causato dal moto ondoso, per semplicità, è schematizzato, distinguendolo in due tipi di movimento : trasversali e longitudinali, anche se è ben chiaro che in realtà i due tipi di trasporto si presentano di solito simultaneamente, con una minore o maggiore predominanza di uno di essi a seconda dell' angolo formato dal fronte delle onde incidenti con la linea di battigia. Movimenti trasversali sono quelli che si hanno normalmente alla linea di riva, paralleli quelli che sono tali alla stessa linea.

Generalmente si usa distinguere come zona *offshore* (al largo) quella che, partendo dal limite esterno dei frangenti, va verso mare; *surfzone* (zona dei frangenti) quella compresa tra il predetto limite e la linea di riva.

I termini a valle (sottoflutto) e a monte (sopraflutto) sono riferiti al tratto di costa, verso cui fluisce o da cui arriva il flusso prevalente della corrente azionata dal moto ondoso.

In generale, la durata delle sequenze di mareggiata relativamente brevi, a forte azione erosiva, va confrontata con la grande persistenza delle onde di mare morto, che spingono il sedimento verso riva. Un'altra caratteristica che distingue la zona offshore da quella inshore è data dalle dimensioni del materiale di fondo. Si è già visto come il moto oscillatorio delle particelle d'acqua a contatto con il fondo trasferisce la forza netta diretta verso riva del trasporto di massa alle particelle di sabbia. Ma la pendenza del profilo di spiaggia induce la gravità a spingere le stesse verso il largo. Con le loro successive sospensioni o rotolamenti, le particelle trovano un posto sul profilo del letto dove queste due forze si equilibrano. E poiché la pendenza del fondale generalmente aumenta avvicinandosi alla riva, così anche la dimensione del sedimento aumenta in questa zona offshore del profilo. Il materiale più grossolano raggiunge la linea di frangimento ed è spinto verso riva, mentre le frazioni più fini sono spinte a largo; le particelle molto sottili, che sono prontamente messe in sospensione, possono facilmente essere trasportate verso il largo durante la sequenza di mareggiata, mentre le onde di mare morto, di regola meno alte, non hanno la capacità di riportarle a riva.

Le considerazioni innanzi svolte sono solo un tentativo di massima semplificazione del complesso movimento dei sedimenti di spiaggia sotto l'azione del moto ondoso, in esso non si è tenuto conto della pendenza del fondo oltre che di numerosi fattori. Si può quindi ben comprendere come i reali meccanismi sono molto più complessi e non ancora ben chiariti.

1.1.3 Il trasporto lungoriva

Il movimento dei sedimenti su una spiaggia ha carattere tridimensionale. In tale processo il contributo del trasporto parallelo alla linea di riva è in generale preponderante, specialmente nella zona dei frangenti. Utilizzando le relazioni per le onde regolari bidimensionali, è possibile collegare le caratteristiche dell'onda in acqua profonda a quella della corrente lungoriva e, più empiricamente, al volume del sedimento trasportato. Vi sono tuttavia numerosi elementi, così come la dissipazione d'energia, la percolazione del fondo e la riflessione dell'onda, che è difficile mettere in conto; ciononostante le informazioni che si possono ottenere con l'applicazione delle formule desunte dalla teoria delle onde regolari sono qualitativamente attendibili.

In generale, la batimetria della spiaggia influenza il meccanismo della corrente longshore, la quale, poi, non solo partecipa come variabile dinamica, distribuendo il flusso dell'energia di frangimento lungo la spiaggia, ma anche subendo essa spostamenti e variazioni dovute alle onde.

E' d'uso comune il termine di *longshore drift,* che indica il trasporto del sedimento nella zona litoranea sotto l'azione delle onde e delle correnti. La velocità alla quale il longshore drift si muove parallelamente alla linea di riva è la velocità del trasporto lungoriva. Poiché questo trasporto è parallelo alla riva, due sono i possibili versi del moto: a destra o a sinistra, che si riferiscono generalmente ad un osservatore che posto sulla spiaggia guarda verso il mare.

La portata lorda del trasporto lungoriva sarà la somma dei due valori delle portate dirette a destra e a sinistra rispettivamente. Allo stesso modo il contributo netto del trasporto lungoriva Q_n , sarà la differenza tra le due quantità Q_{rt} diretta a destra e Q_{lt} diretta a sinistra, cioè:

$$\mathbf{Q_n = Q_{rt} - Q_{lt}}$$

La conoscenza non facile della portata netta del trasporto Q_n è importante non solo nella progettazione d'opere di difesa delle spiagge in erosione, ma in molti altri problemi di ingegneria delle coste.

Quattro sono attualmente i metodi più usati per la stima approssimativa della quantità del trasporto lungoriva:

1. nel primo, il trasporto lungoriva in un tratto di costa eroso (dove cioè le condizioni naturali preesistenti sono state irreversibilmente modificate) viene assunto pari a quello noto o misurabile dal bilancio dei sedimenti in un tratto vicino, introducendo le modifiche suggerite dalle condizioni locali;

2. un altro buon metodo per stimare i dati quantitativi del trasporto dei sedimenti, quando essi non sono noti o desumibili in zone vicine, è quello di ricavarli dalle variazioni storiche riportate nella cartografia disponibile per la zona di interesse;
3. se i metodi 1 e 2 non sono praticabili, allora si usa ricavare informazioni sul trasporto dei sedimenti lungoriva, partendo dalla valutazione delle caratteristiche dell'onda e della componente lungoriva del *flusso d'energia dell'onda P*, che infine viene rapportata alla quantità trasportata Q tramite una relazione sperimentale;
4. un quarto metodo, del tutto empirico, sviluppato da Galvin (1972), permette di stimare la quantità lorda del trasporto lungoriva, desumendola dall'altezza media annuale del frangente vicino a riva.

1.1.4 Il bilancio dei sedimenti di spiaggia

L'esame delle condizioni di un tratto di spiaggia presuppone la verifica del bilancio del volume dei sedimenti (perdite e apporti), ad esso relativo, cioè la quantificazione dei sedimenti trasportati, erosi e depositati per un dato volume di controllo.

In questo bilancio occorre introdurre anche le quantità trasportate dal vento, la produzione carbonatica, il ripascimento artificiale e i materiali eventualmente dragati, nonché, gli eventuali apporti fluviali.

E' possibile ottenere un attendibile bilancio delle perdite e degli apporti, all'interno di una unità fisiografica, riferito ad un intervallo di tempo sufficientemente lungo, guardando al complessivo continuo scambio di materiale fra la zona interna ed esterna al limite di frangimento e al più lento, ma più persistente, movimento di materiali lungo riva. Certamente in questo bilancio si devono inserire gli apporti, spesso consistenti, da fiumi o corsi d'acqua o comunque dai versanti, dai quali le acque defluiscono alla costa in uno con le torbide. Quando gli apporti sono pari alle perdite, la spiaggia è detta, in senso fluviale, in regime. In tal caso, grandi volumi di materiale la by-passano senza indurre alcun cambiamento al profilo di spiaggia.

Nel diverso caso, in cui la spiaggia sia investita obliquamente dalle onde di mare morto, che trasportino sottoflutto molto maggior materiale di quanto ne apportino, si ha, come effetto immediato, che l'area esterna alla zona dei frangenti viene spazzata al fondo per fornire il materiale alla ricostruzione della zona più vicina alla riva, cosicché i fondali di detta area diventano più profondi e ripidi. Per conseguenza, all'arrivo delle mareggiate, per la costruzione della barra al limite di frangimento occorrerà molto maggiore materiale da

sottrarre alla zona interna. Ecco allora che la mareggiata provoca l'arretramento della linea di riva e delle isobate (linee di uguale profondità) della spiaggia sommersa.

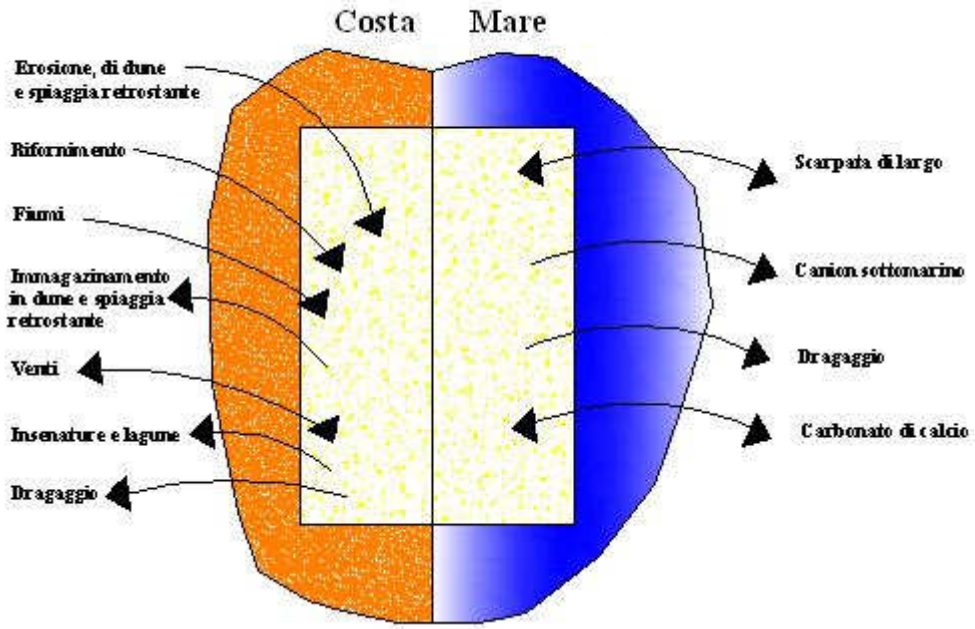


Figura 1.1.3 Bilancio dei materiali per la zona litoranea

Infine per accertare se una spiaggia è instabile o meno, non è indispensabile attendere l'avverarsi di forti mareggiate; il controllo del profilo di spiaggia eseguito ad intervalli di tempo sufficientemente lunghi fornisce buone informazioni per eventuali tempestivi interventi risanatori.

1.1.5 Il monitoraggio come primo mezzo di conoscenza

Il rilievo ripetuto della spiaggia emersa e sommersa fornisce le migliori informazioni circa la sua dinamica morfologica e permette di valutare con buona attendibilità il relativo bilancio di sedimenti insieme alla sua tendenza erosiva: d’equilibrio o d’accrescimento.

E’ opportuno annotare e descrivere i vari aspetti stagionali dei più importanti morfotipi, quali le cuspidi e le ondulazioni di spiaggia, i cordoni ciottolosi e la loro posizione sul profilo, gli aspetti e la forma delle berme, specie quelle di mareggiata e d’alta marea, associando ad essi le analisi granulometriche dei sedimenti. Per la spiaggia sommersa vanno rilevati e descritti quali morfotipi stagionali le dune sottomarine, i campi d’increspature, i cordoni litoranei, gli eventuali canali d’erosione dovuti alle correnti e i trugoli.

Vanno nello stesso tempo valutati gli apporti fluviali, e quelli derivanti dalla demolizione delle rocce. A queste indagini, che possono essere considerate di routine, spesso vengono associate quelle volte a conoscere alcuni particolari aspetti della mobilitazione dei sedimenti. Fra esse si ricordano l’analisi mineralogica totale o parziale per le singole classi granulometriche costituenti il sedimento e l’uso di traccianti di varia natura per verificare su campo la direzione del relativo trasporto.

Vanno inoltre valutati gli apporti eolici. Infatti, l’azione diretta del vento sulle spiagge emerse consistente nella deflazione, cioè nel sollevamento e asportazione delle sabbie, comporta la sottrazione di sabbie che possono essere trasportate verso il largo o nell’entroterra, la selezione granulometrica delle stesse e la formazione di dune.

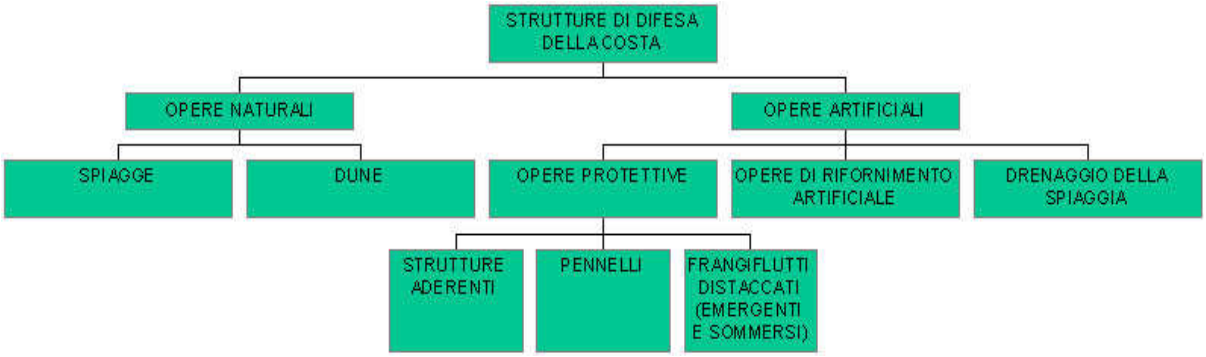
E’ bene non dimenticare che la duna rappresenta la naturale riserva contro l’erosione della spiaggia, in quanto la sua principale azione, nel corso della mareggiata, consiste nel contrastare l’azione erosiva delle maggiori onde frangenti, fornendo il materiale per la formazione della barra al largo, che nel proseguire della mareggiata, assumerà la funzione di taglio delle maggiori altezze d’onda prima che queste investono direttamente la spiaggia.

Tutte queste informazioni o gran parte di esse, utilissime per la progettazione d’ogni opera marittima e in particolare per quelle di difesa della spiaggia, possono essere assunte generalmente con relativa modica spesa, richiedendo essenzialmente una reale professionalità dell’operatore.

1.2 Opere di difesa dall'erosione

Il territorio italiano specie quello costiero, è ormai interamente e intensamente occupato da insediamenti edilizi ed infrastrutturali, talché, spesso, una sia pur minima variazione della linea di riva, anche se conseguenza naturale delle variazioni stagionali o annuali del clima d'onda, richiede pronti interventi di difesa del territorio costiero minacciato e dei beni d'alto valore su di esso presenti.

Ricordando quanto si è detto nei paragrafi precedenti, prima di iniziare con l'illustrazione delle varie strutture di difesa della costa, si ritiene di dover anticipare che, tutte le volte che ne esistano le condizioni, il migliore e più economico sistema di difesa consiste nell'arretramento delle costruzioni vicino alla riva, in modo da ripristinare l'azione naturale di difesa della spiaggia.



In ogni modo è possibile distinguere le opere di difesa della costa dall'erosione causata dalle onde in naturali ed artificiali; tra le prime ricadono le spiagge e le dune. Le seconde vengono classificate come opere protettive, la cui principale funzione è quella di impedire l'azione erosiva dell'onda e di sostenere il terreno a tergo mediante il rivestimento, ed opere di rifornimento artificiale di sabbia alla spiaggia per controbilanciare le perdite causate dai processi naturali o da interventi dell'uomo.

Le opere o strutture difensive del primo tipo vengono spesso classificate fra le cosiddette strutture dure o pesanti, quelle del secondo tipo sono morbide o leggere. L'aggettivo va riferito appunto al tipo d'impatto dell'una o dell'altra struttura difensiva sull'ambiente costiero.

Le diverse strutture di difesa della costa dall'erosione del mare vengono utilizzate sia singolarmente sia inserite in un sistema articolato di difesa.
Esse possono anche essere distinte in:

- strutture di difesa aderenti;
- strutture di difesa distanziate;
- strutture di difesa disposte normalmente alla linea di riva;
- opere di ripascimento artificiale.

In base alla distinzione prima fatta, quest'ultimo tipo d'intervento di difesa rientra fra quelli detti morbidi. Proprio ai fini della valutazione dell'impatto ambientale di un qualsiasi intervento difensivo, va posta attenzione non solo all'effetto sul tratto di costa che s'intende proteggere, ma anche a quello conseguente sui tratti limitrofi.

1.2.1 Le strutture di difesa aderenti

Le difese aderenti rappresentano in genere interventi economici e limitati ai tratti in erosione. Una protezione simile, preferibilmente realizzata con pietrame di non grossa pezzatura (pietrisco e sabbia grossa), può anche essere utilmente eseguita, in casi d'emergenza, mediante versamento da terra con camions o altro mezzo.
Una struttura aderente non costituisce in genere un provvedimento di lunga durata, richiedendo frequenti interventi manutentori, ed è soggetta al pericolo di sfiancamento dei lati se non adeguatamente protetti. Essa tuttavia non porta svantaggi alle spiagge limitrofe, se si esclude il mancato arrivo sottoflutto del materiale che prima veniva eroso. Anche l'erosione della spiaggia protetta non viene completamente bloccata da questo tipo d'intervento, anzi vi è il rischio che essa possa essere incrementata, sia pure limitatamente alla parte di spiaggia sommersa antistante l'opera di difesa. Infatti, la presenza della struttura, impedendo all'onda di propagarsi oltre verso terra, la costringere a frangere, dissipando quasi l'intera energia residua e riflettendone una parte. L'onda sfoga il suo impeto in special modo aggredendo la base della struttura con un'azione di zappamento al piede particolarmente pericolosa per la stabilità della stessa struttura. Ne deriva allora l'utilità di curare e rinforzare adeguatamente il fondo alla base di simili strutture.
Il limite superiore, cui va proseguito il rivestimento, deve risultare necessariamente più alto di quello di possibile risalita dell'onda, al fine di evitare scalzamenti del terreno erodibile retrostante per il superamento della struttura.

C'è da dire che le onde frangono su una scarpa quando il rapporto H/L è maggiore di $0{,}19\tan^2\alpha$, dove α è la pendenza, H e L sono rispettivamente l'altezza e la lunghezza dell'onda. Quando un'onda frange su una battigia o su una parete, il getto verticale, chiamato risalita dell'onda o getto a riva, raggiunge un'altezza sul livello del mare, che dipende sia dalle caratteristiche dell'onda come anche dalla pendenza e dalla rugosità della superficie. Quanto più è impermeabile e ripida la scarpata, tanto più alto è il getto a riva.
Per la determinazione dell'altezza di risalita è spesso necessario ricorrere a prove su modello. Per una stima di massima comunque sono disponibili alcuni grafici ricavati sperimentalmente.

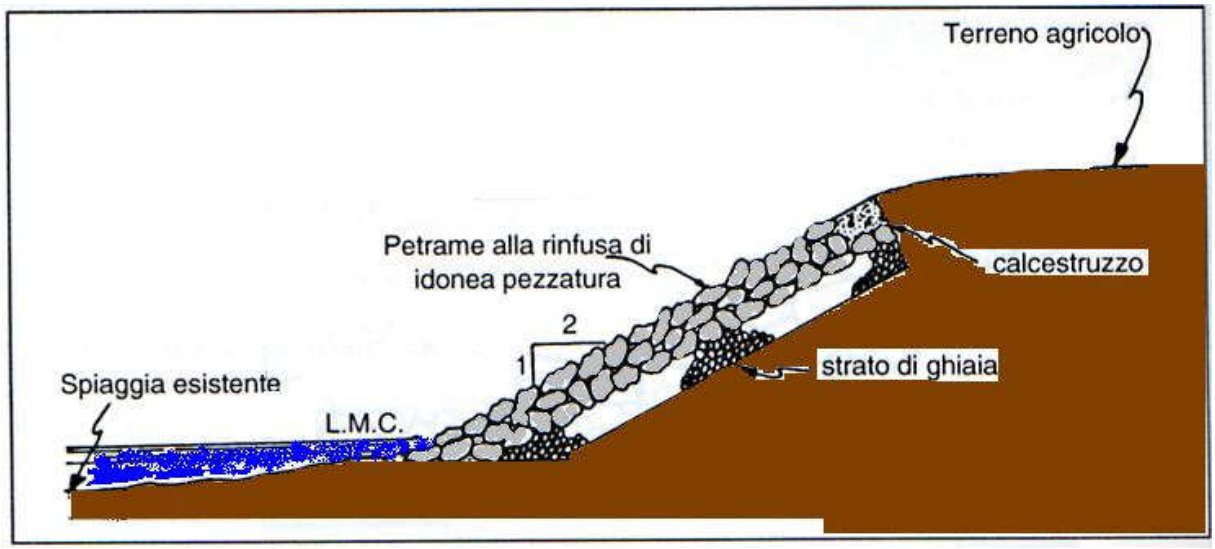


Figura 1.2.1 Rivestimento con pietrame alla rinfusa

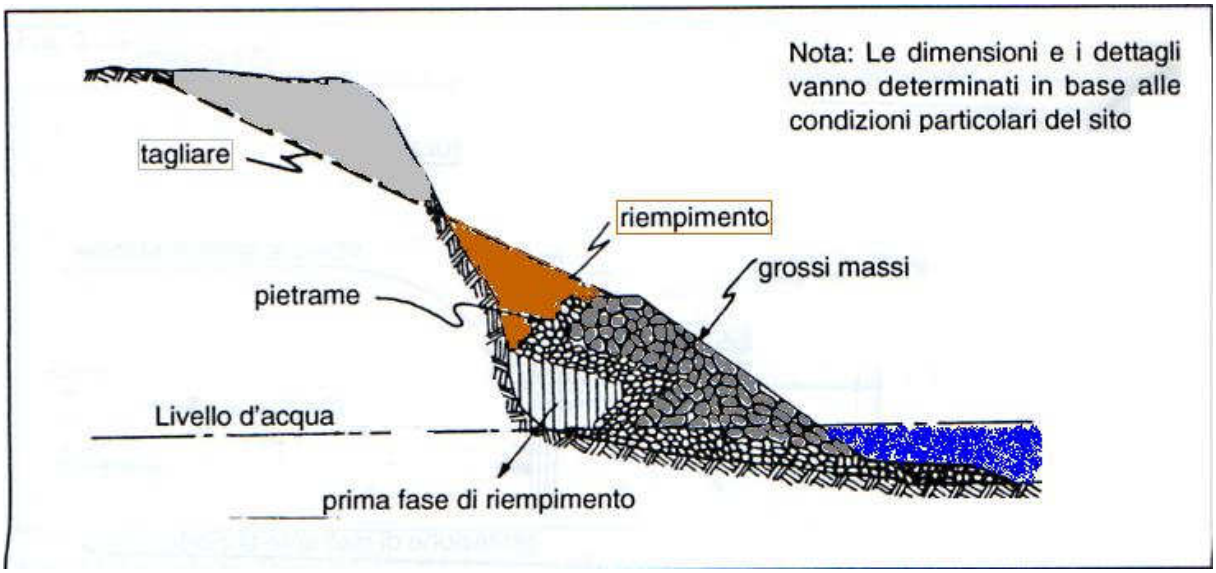


Figura 1.2.2 Parete in pietrame (caso tipico di messa in opera-costa alta)

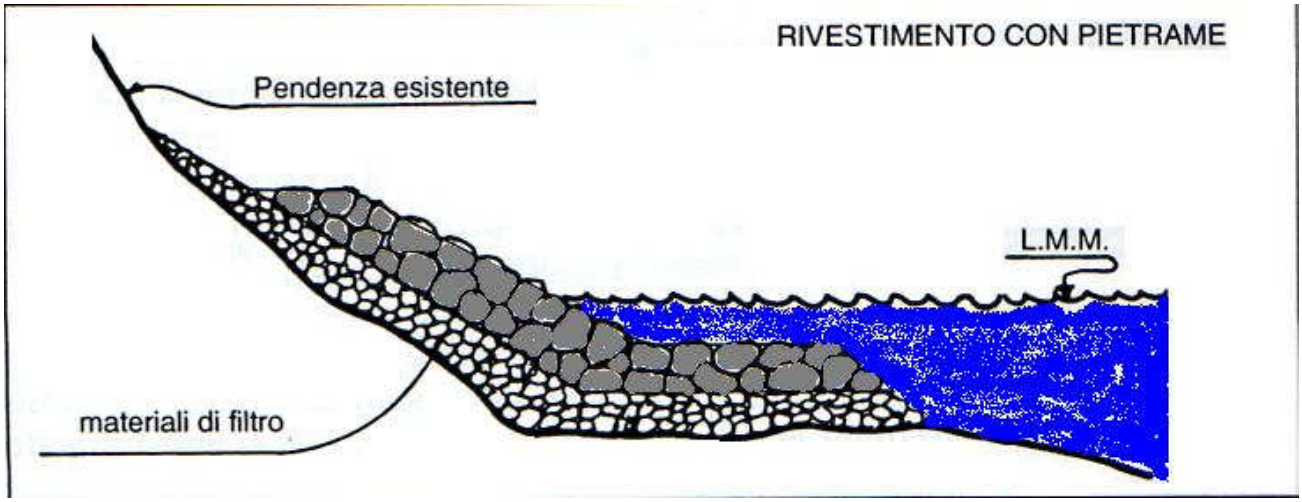


Figura 1.2.3 Rivestimento con pietrame

1.2.2 I frangiflutti distanziati (emergenti e segmentati)

La difesa di una costa dall’azione erosiva dell’onda frangente su di essa può ottenersi obbligando la stessa a frangere al largo su di una struttura appositamente realizzata. Una barriera frangiflutti, generalmente realizzata con scogli di cava o massi artificiali gettati in cumulo su fondali mediamente bassi parallelamente alla battigia ed ad una certa distanza da questa, risulta senza dubbio efficace. Il principio ispiratore di queste opere è quello di causare il frangimento delle onde determinando al loro tergo una zona protetta d’attacco diretto del moto ondoso incidente. Il loro comportamento idraulico è simile a quello dei “reef” naturali che delimitano le lagune degli atolli corallini. Qualora il fondo sia costituito da materiale incoerente (sabbia e ghiaia), queste opere determinano anche una variazione del trasporto solido costiero favorendo la sedimentazione del materiale al loro tergo. Ovviamente il materiale “catturato” dall’opera di difesa viene sottratto ai litorali limitrofi e per tale ragione sono sempre da aspettarsi ripercussioni sui tratti di costa adiacenti.

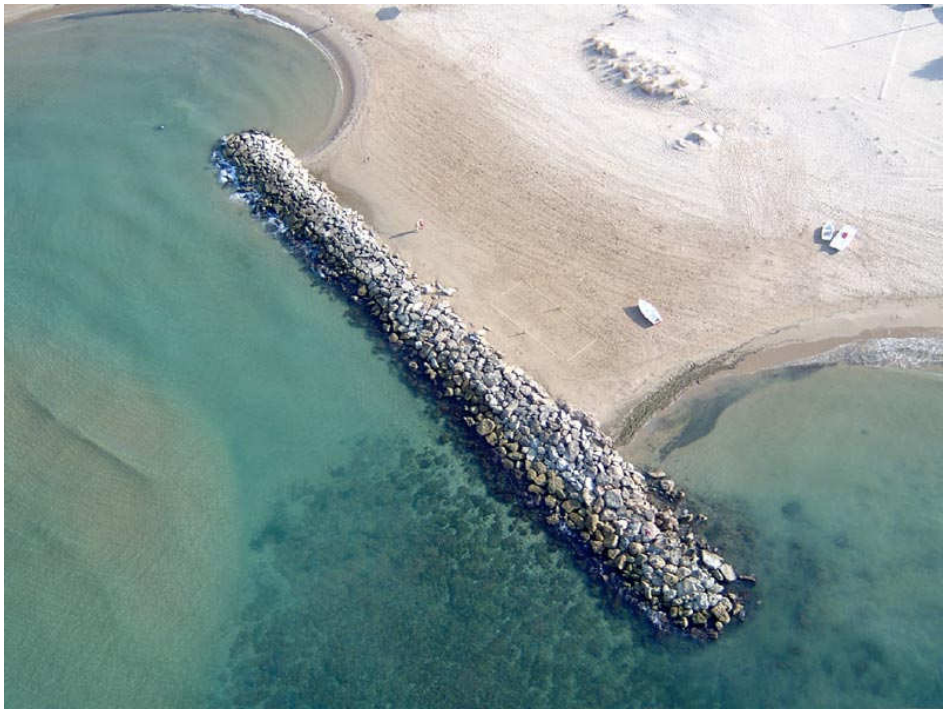


Figura 1.2.4 Barriera frangiflutti emergente

Poiché l’interesse difensivo è limitato alle onde più alte e ripide, cioè erosive, la tendenza costruttiva è di realizzare strutture poco alte sul livello del mare o addirittura anche al di sotto di esso (barriere sommerse), in modo da permettere ad un certo numero d’onde di scavalcare la barriera e giungere, ormai svuotate nella loro forza, alla battigia.

In tal modo si ottengono due importanti risultati, oltre a quello del minor costo della struttura:

- il primo è quello di un certo apporto dei sedimenti in sospensione nella massa d'acqua tracimante, che va ad arricchire la spiaggia che si vuole protetta;
- il secondo, non certo secondario, è quello di vivacizzare lo specchio d'acqua protetto.

E' proprio per esaltare questi effetti positivi che la tecnica ingegneristica ha suggerito numerose soluzioni in proposito.

Largo impiego si è fatto in Italia di elementi di barriere frangiflutti distanziate, posate per lo più su fondali intorno ai 2,5-3 metri ed emergenti di circa 0,5-1 metro sul l.m.m.

La quota di coronamento dell'opera può essere imposta inferiore o superiore al livello medio marino. Nel primo caso l'opera è definita sommersa, è sempre tracimabile in presenza di moto ondoso ed ha un comportamento simile a quello dei reef corallini. Nel secondo, l'opera potrà essere o non essere tracimabile a seconda delle condizioni idrauliche che si verificano.

Tuttavia le opere emergenti, a causa delle modeste quote di coronamento che di solito vengono utilizzate, dovute sia a ragioni di impatto visivo sia economiche, si comportano durante le mareggiate di maggiore intensità come opere tracimabili e per tale ragione vengono anche definite in questo modo. In questo caso le portate di tracimazione risultano variabili e dipendenti sia dalla quota di coronamento dell'opera sia dalle condizioni meteomarine che si verificano.

Per ridurre il costo delle opere e per evitare la rapida eutrofizzazione delle acque, si preferisce spesso realizzare la barriera con varchi nella stessa per assicurare attraverso questi un sufficiente ricambio d'acqua. Anche in questi casi occorre tenere conto che, nei tratti di costa protetti, si depositeranno comunque le sabbie trasportate dalla deriva litoranea non più alimentata dall'onda di largo, con possibile formazione dei deprecati tomboli e ulteriore riempimento del necessario ricambio delle acque.

Si è tentato di basare la scelta delle ampiezze dei varchi e degli elementi di barriera su criteri energetici; il metodo permette un qualche raffronto tra varie soluzioni (barriere emergenti con determinati varchi, barriere sommerse, ecc..), ma non fornisce tutti gli elementi necessari alla protezione. Esso, inoltre, trascura la valutazione di un altro importante parametro di progettazione: la distanza della barriera dalla spiaggia in relazione all'ampiezza del varco o al grado di energia incidente sulla barriera. A quest'ultimo proposito vale la considerazione che, perché nessun tratto della riva rimanga esposto al diretto assalto dell'onda naturalmente incidente, è necessario che la distanza della barriera da riva risulti più che doppia della larghezza dei varchi (efficacia della diffrazione).