INDICE

1. Opere di difesa del porto di Napoli 2
2. Tipologie costruttive della diga Duca d'Aosta 5
3. Stato di conservazione della diga Duca d'Aosta 9
4. Studio meteomarino preliminare 13
5. Descrizione dell'intervento di progetto: tipologia e caratteristiche costruttive 14
6. Aspetti ambientali 16

1. Opere di difesa del porto di Napoli

Lo specchio acqueo interno al porto di Napoli è protetto dall'azione del moto ondoso da un sistema di opere di difesa (Fig. 1), che da ponente verso levante si articola nelle seguenti strutture:

- *Molo S. Vincenzo*, radicato all'estremità di ponente dell'impianto portuale, in prossimità della darsena Acton;
- *Diga Duca degli Abruzzi*, disposta in prosecuzione del predetto Molo S.Vincenzo;
- *Antemurale Thaon de Revel*, diga curvilinea distaccata dalla linea di costa e ubicata a NE della imboccatura principale del porto;
- *Diga Foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta* (nel seguito Duca d'Aosta): parallela alla linea di costa, radicata all'estremità di NE dell'Antemurale Thaon de Revel, che si estende per circa 2,1 Km dall'imboccatura principale del porto fino all'imboccatura di ponente, con orientamento in direzione Nord-Ovest.

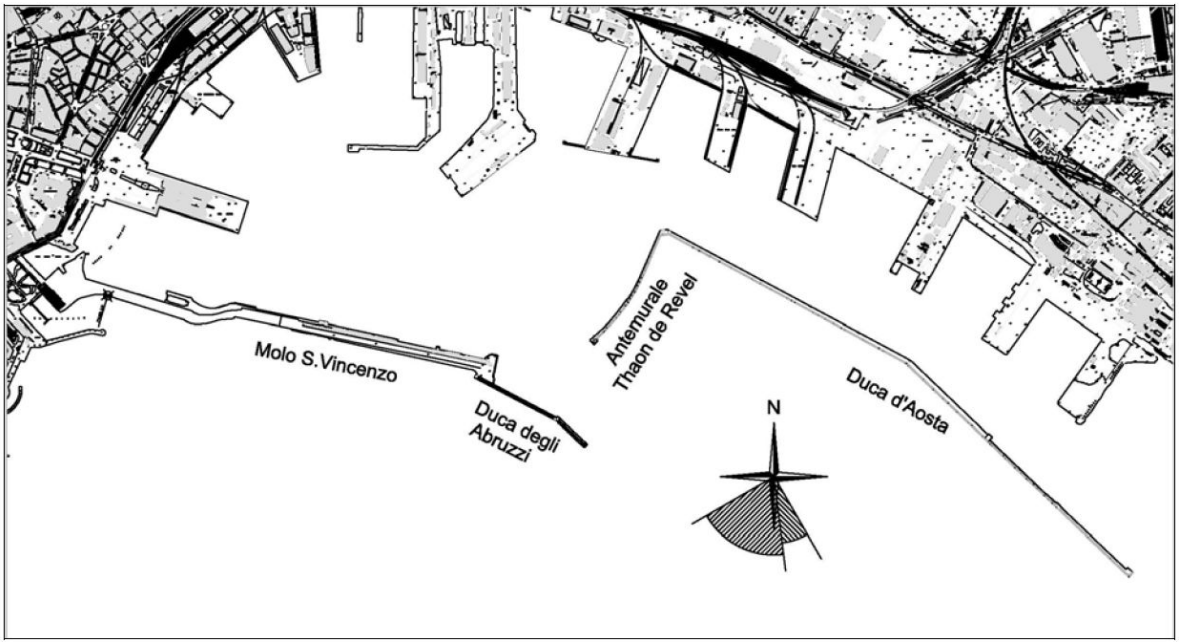

Fig.1 - Opere di difesa del porto di Napoli

Il molo S. Vincenzo, la diga Duca degli Abruzzi e la diga Duca d'Aosta proteggono il bacino portuale dai marosi della traversia principale, mentre l'antemurale Thaon de Revel difende il porto da quelli della traversia secondaria, che per la parte che riesce a penetrare nel bacino portuale vengono dissipati nell'avamporto.

Relativamente alla tipologia costruttiva, il Molo S. Vincenzo e il primo tratto della Diga Duca degli Abruzzi sono del tipo a gettata di massi (o a scogliera); il secondo tratto della Diga Duca degli Abruzzi, l'Antemurale Tahon de Revel e la Duca d'Aosta sono del tipo a parete verticale.

La protezione dal moto ondoso determinata dalle imboccature portuali risulta inadeguata alle esigenze degli ormeggi a tergo, soprattutto a levante, dove per la realizzazione della nuova banchina da destinare al traffico contenitori il nuovo Piano Regolatore Portuale, in fase di approvazione, prevede il prolungamento di circa 250 m verso Est della diga Duca d'Aosta.

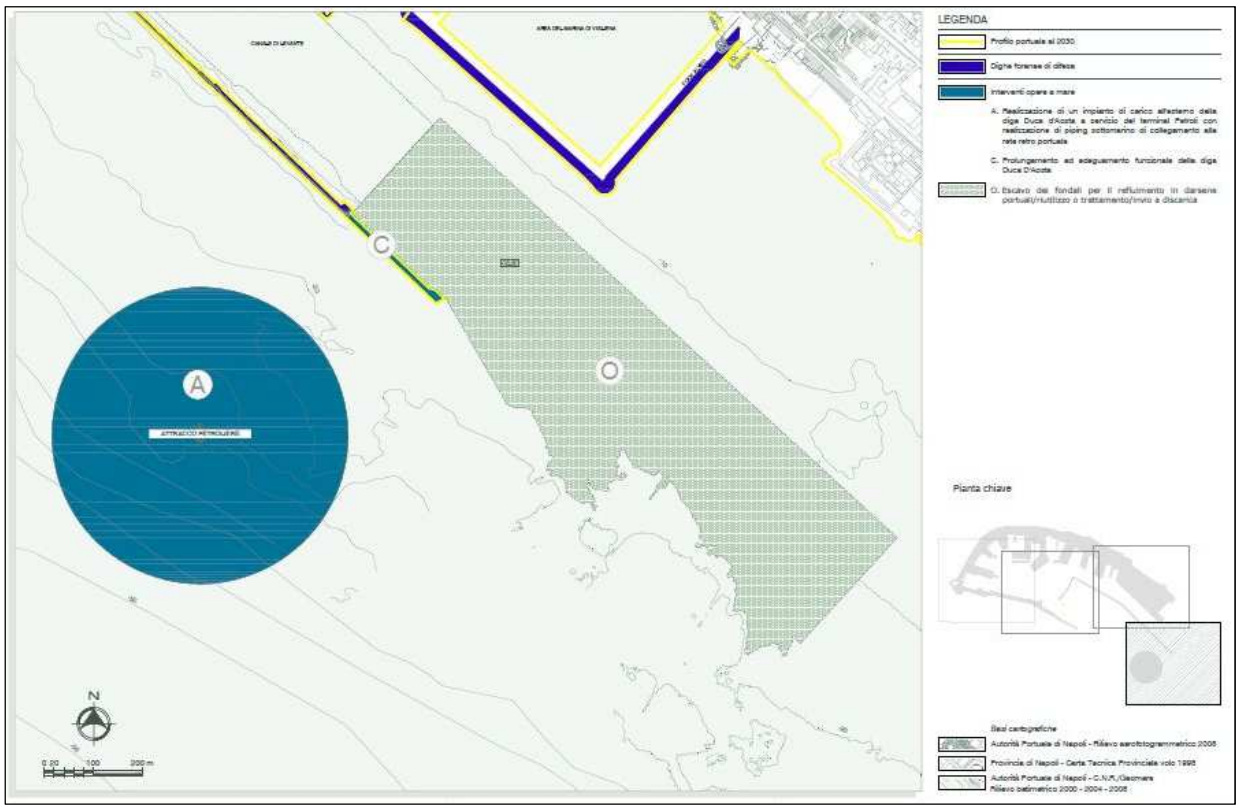

Fig.2 – Previsioni P.R.P.: prolungamento diga foranea

Tale prolungamento interesserà fondali di circa 16÷18 m s.l.m.m.

La nuova imboccatura di levante sarà quindi delimitata dalla diga Duca D'Aosta, ad Sud - Ovest, e dalla diga di sopraflutto del Marina Vigliena, a Nord – Est, ed immetterà direttamente nel canale di levante, quest'ultimo caratterizzato da una profondità del fondale di circa – 16,50 m s.l.m.m..

2. Tipologie costruttive della diga Duca d'Aosta

In considerazione della sua notevole estensione, pari a circa 2000 m, la Diga Duca d'Aosta riveste una particolare importanza quale opera di difesa dello scalo marittimo napoletano.

Primo e secondo tratto

L'antemurale Thaon de Revel e il primo tratto della diga Duca d'Aosta furono realizzate alla fine del 1800 e rappresentano le prime due applicazioni in Italia di opere di difesa del tipo a parete.

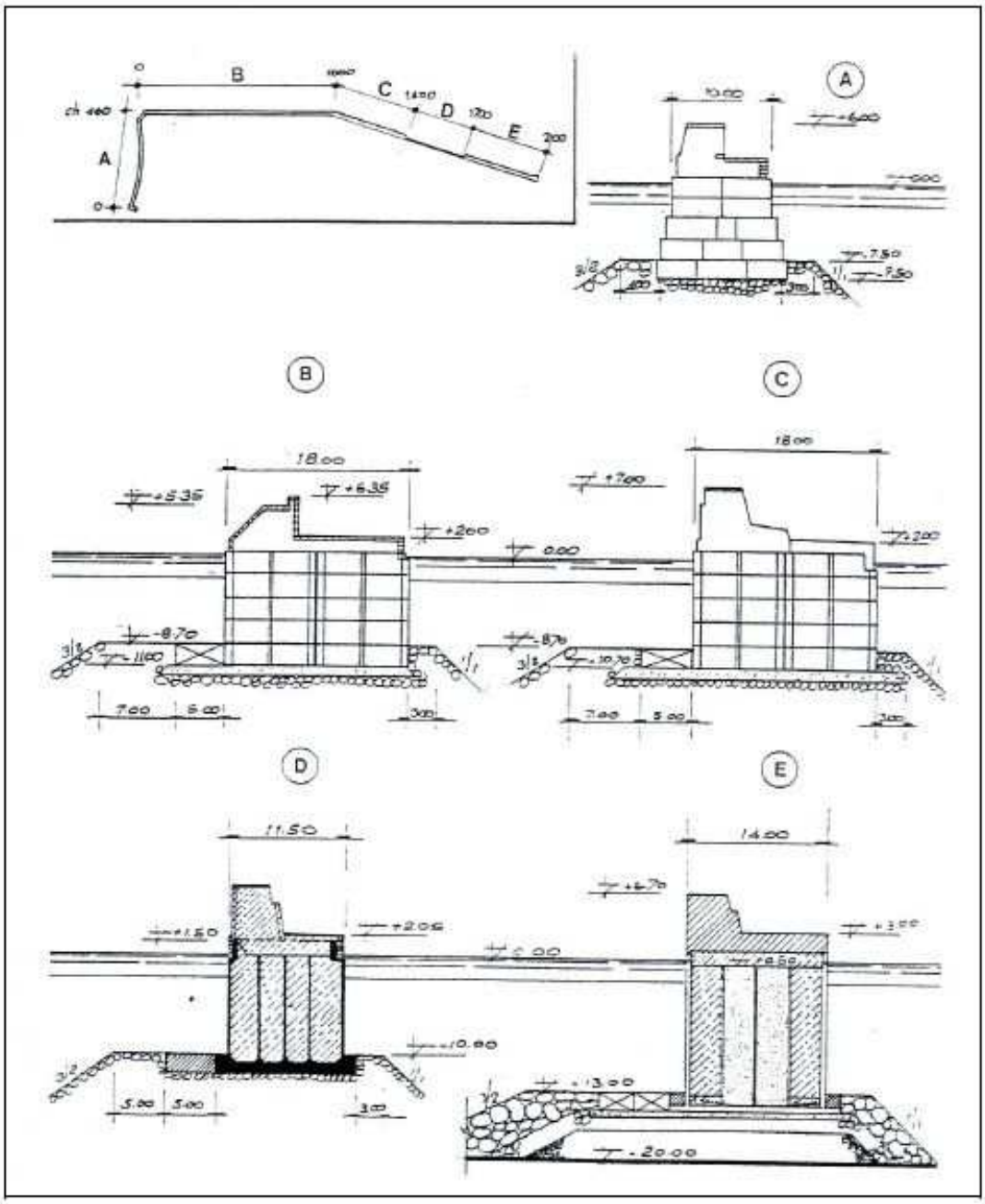

Fig. 2 - Sezioni caratteristiche - Antemurale Thaon de Revel e Duca d'Aosta

In particolare, il primo tratto della diga Duca d'Aosta, rettilineo e della lunghezza di circa 1 km (Fig. 2, tratto B), con un andamento quasi parallelo alla spiaggia dei Granili, risulta costituito da una infrastruttura formata da due piloni affiancati, ognuno a sua volta composto da cinque ordini di massi cellulari senza fondo (del peso di circa 90 t), delle dimensioni di 9,00 x 5,00 x 2,30 m, sovrapposti e riempiti con calcestruzzo idraulico.

Detta infrastruttura poggia su una scogliera rasata a quota -10.50 m rispetto al l.m.m, che con la scarpa esterna raggiunge i fondali antistanti di profondità variabile da -16 m a -24 m rispetto al l.m.m..

Nel 1906 la diga fu prolungata con un secondo tratto della lunghezza di circa 400 m (Fig. 2, tratto C), con una leggera deviazione planimetrica rispetto al primo tratto, raggiungendo quindi una lunghezza complessiva di circa 1,4 km.

La sezione strutturale è analoga a quella del tratto precedente con qualche differenza nella geometria del muro di coronamento, che presenta un paramento esterno verticale invece che inclinato.

Tale diga inizialmente era adibita ad ormeggio di navi in disarmo od in quarantena, a petroliere in stallia, ecc..

Durante il secondo conflitto mondiale la diga ha subito gravi danneggiamenti, la cui entità è ben rappresentata nella figura seguente.

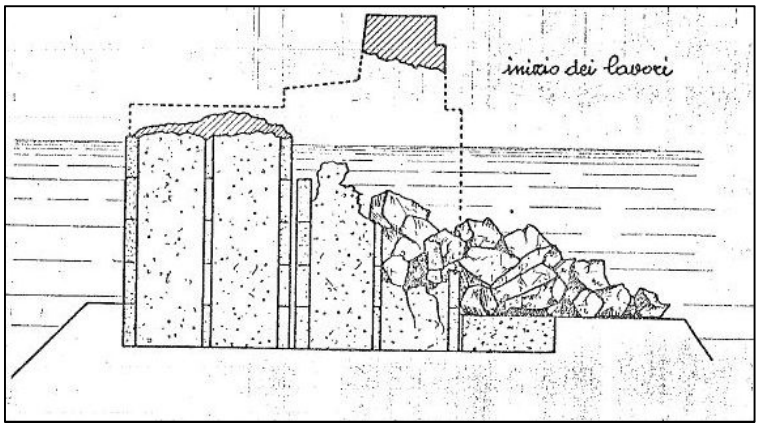

Fig. 3 - Danneggiamenti diga foranea

In particolare, a seguito dei bombardamenti nella diga si aprirono cinque brecce, delle quali due di circa 15 metri di lunghezza interessanti anche l'infrastruttura superiore fino a quota -6,50 metri sotto il livello medio del mare, ed altre tre di dimensioni più modeste.

Le brecce più importanti furono riparate collocandovi in opera sul fondo, preventivamente regolarizzato, massi artificiali delle dimensioni di m 4 x 2 x 2, disposti a filari regolari.

La suggellatura dei vani risultanti fra le pareti delle vecchie strutture ed i massi stessi fu eseguita con muratura di mattoni dello spessore di 80 centimetri convenientemente ammorsata, al tergo della quale fu versato calcestruzzo idraulico con aggiunta di cemento.

In tal modo fu ricostituito il paramento della diga con una struttura composta da elementi di notevole peso e quindi resistenti all'azione del moto ondoso.

Le brecce minori, per le quali a causa della loro limitata ampiezza non fu possibile porre in opera dei massi, furono invece riparate ricostruendo il paramento esterno con una paratia di muratura di mattoni dello spessore di 0,80 metri. Il vano residuo a tergo della muratura fu riempito con calcestruzzo.

La sovrastruttura fu ricostruita come era prima dei danni.

A ricostruzione avvenuta la sezione della diga nei tratti danneggiati ha assunto la configurazione riportata nella figura seguente.

La sovrastruttura, verso l'interno è configurata a banchina, con praticabile posto per un primo tratto alla quota di +2,50 metri sul l.m.m. e per un secondo tratto alla quota di +1,90 metri sul l.m.m..

Verso l'esterno la sovrastruttura si eleva fino alla quota di +5,50 metri sul l.m.m. formando un robusto muro paraonde.

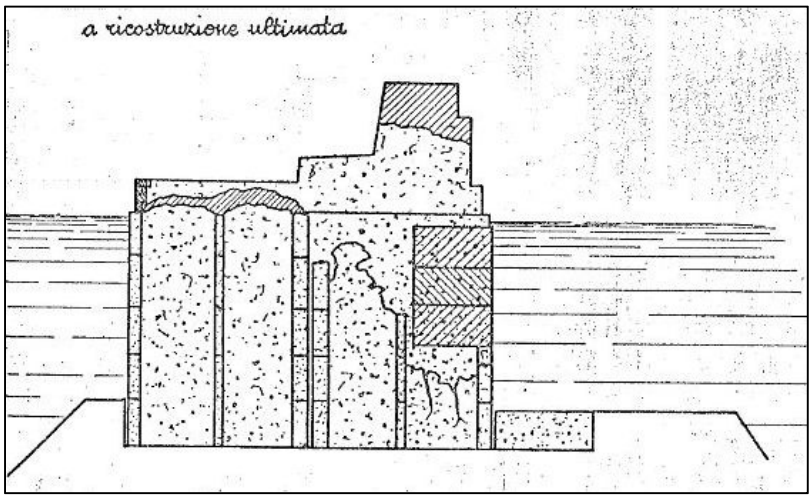

Fig. 4 - Ricostruzione diga foranea

Terzo e quarto tratto

Nel tratti successivi al secondo la struttura è realizzata in cassoni cellulari di conglomerato cementizio armato, con celle riempite di calcestruzzo.

La parte più vecchia è stata realizzata negli anni '50, è lunga circa 300 m ed è composta da cassoni delle dimensioni in pianta 11.50 x 6.7 m imbasati su una scogliera con sommità a quota -10.00 m (Fig. 2, tratto D).

La parte più recente, costruita negli anni '80, è lunga circa 400 m ed è realizzata con cassoni di larghezza maggiore, 14.00 m, che poggiano su di uno scanno di imbasamento posto a una maggiore profondità (12 ÷ 13 m) e più largo nella zona lato mare (Fig. 2, tratto E).

La sovrastruttura presenta caratteristiche analoghe nei due tratti ed è costituita da un massiccio murario di larghezza variabile e da un muro paraonde che si eleva fino alla quota di + 7 m (Fig. 2 , tratti D e E).

3. Stato di conservazione della diga Duca d'Aosta

Nel corso degli ultimi 20 anni la diga Duca d'Aosta è stata interessata da vari interventi di riparazione a seguito dei danni prodottisi in occasione di alcune violente mareggiate abbattutesi nel golfo di Napoli.

Mareggiata del gennaio 1987

Le mareggiate che hanno interessato il porto di Napoli tra il 10 e il 14 gennaio 1987 hanno determinato danni di notevole entità alla Diga Duca d'Aosta.

In tale occasione è stata stimata al picco della mareggiata un'altezza d'onda significativa H_s=5,1 m (cui corrisponde un H_{max}= 9,3 m).

La mareggiata ha causato lo slittamento verso il lato interno del porto degli ultimi cinque cassoni del tratto D e dei primi due cassoni del tratto E (Fig. 5).

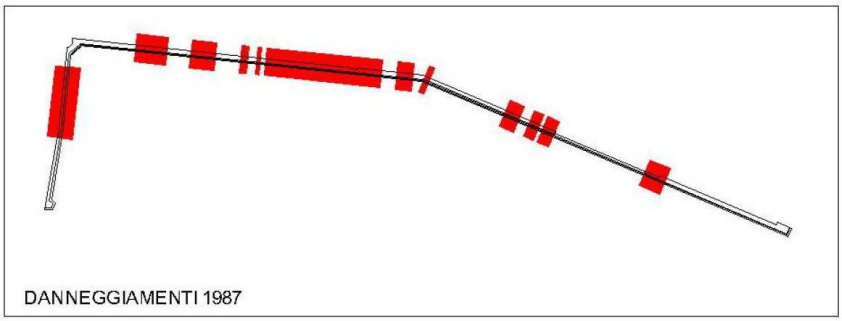

Fig. 5 – Aree danneggiate dalla mareggiata del 1987

Gli scorrimenti più significativi hanno riguardato il tratto D con spostamenti verso terra variabili tra 4.0 e 9.0 m (Fig. 6 e Fig. 7) e successivo ribaltamento dei cassoni sul paramento interno della sottostruttura a scogliera. I primi due nuovi cassoni (sezione E) adiacenti a quelli danneggiati hanno subito scorrimenti nettamente più contenuti compresi tra 1 e 2.5 m.

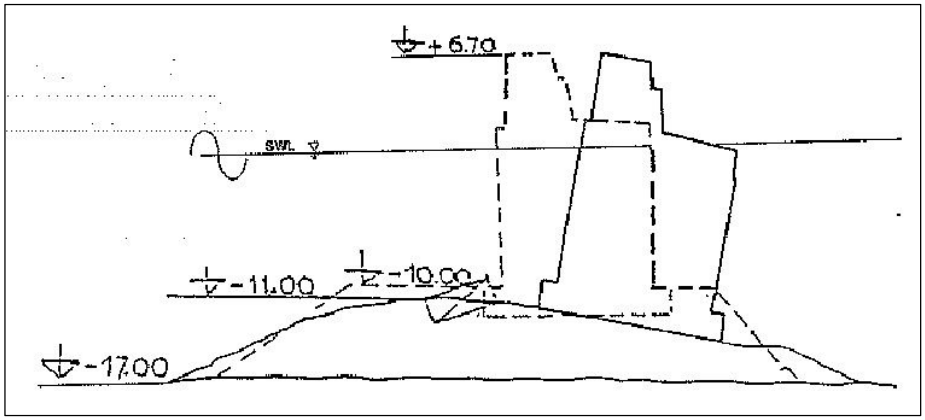

Fig. 6 – Scorrimento cassoni sezione tratto D

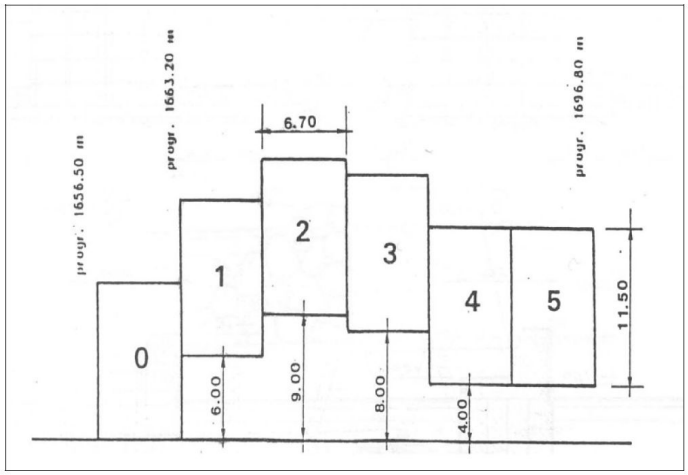

Fig. 7 – Scorrimento cassoni planimetria tratto D

Nel tratto C, invece, la mareggiata ha creato grosse falle con asportazione e grave deterioramento sia dei massi cellulari costituenti gli ordini delle pile esterne ed interne della infrastruttura, sia del sovrastante masso murario e muro paraonde.

Altri danni di minore entità, distribuiti nei primi 1400 m della Duca D'Aosta, hanno riguardato il fronte esterno della diga, con la formazione di sgrottature subacquee, ed il muro paraonde, interessato da dissesti localizzati.

I primi interventi adottati nella fase di emergenza per la riparazione urgente dei predetti danni sono stati basati essenzialmente sul criterio del ripristino delle condizioni di stabilità delle opere così come esse si presentavano prima dei danneggiamenti.

In particolare i cassoni più danneggiati sono stati demoliti e ripristinati con cassoni più larghi e maggiormente appesantiti. Nelle zone in cui si è determinato un arretramento dei cassoni si è gettato in predisposte casseforme volumi di calcestruzzo tali da allineare il paramento verso mare con quello originario, ove non si erano verificati spostamenti orizzontali.

Successivamente, considerato che i danni generati dalla mareggiata del 1987 hanno evidenziato l'esigenza di procedere alla realizzazione di radicali interventi di rafforzamento della diga Duca d'Asta, l'Ufficio delle Opere Marittime di Napoli ha predisposto un progetto di "Rafforzamento e protezione con opera a gettata della diga foranea Duca d'Aosta" i cui lavori sono in fase di realizzazione.

<u>Mareggiata del dicembre 1999</u>

A seguito della mareggiata del dicembre 1999 la Diga Duca d'Aosta ha subito ulteriori danni, consistenti essenzialmente in:

- sgrottature subacquee nella parte esterna della diga per circa 30 m, ampie circa 4 m e profonde 6-7 m all'interno del corpo della infrastruttura;
- falle nel muro paraonde in corrispondenza della darsena Petroli per circa 60 m, con asportazione delle prime file dei massi esterni della struttura;
- crollo della porzione superiore e del paramento interno del muro paraonde in corrispondenza della darsena Pollena.

Anche in questo caso i provvedimenti adottati, data l'urgenza ed in attesa dell'approvazione del predetto progetto di rafforzamento della diga sono stati mirati al solo ripristino strutturale delle opere esistenti.

Mareggiata del dicembre 2004

Più recentemente la Diga Duca d'Aosta ha subito ulteriori danni a seguito della mareggiata del 27 e 28 dicembre 2004 (Fig. 8).

In particolare sono state riscontrate in numerose sezioni dei tratti B, C e D ampie sgrottature subacquee.

Il danno maggiore, prodotto nel tratto C della Duca d'Aosta, è consistito nell'apertura di un'ampia breccia di circa 28 m di lunghezza interessante l'infrastruttura fino a circa 6.00 m sotto il livello del mare. In tale zona il muro paraonde, largamente lesionato, è rimasto in sito, poggiato sulle sezioni di estremità (Foto 1 e 2)

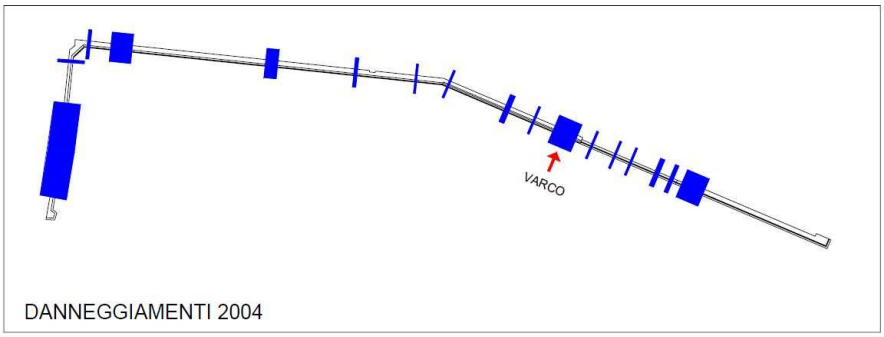

Fig. 8 – Aree danneggiate dalla mareggiata del 2004

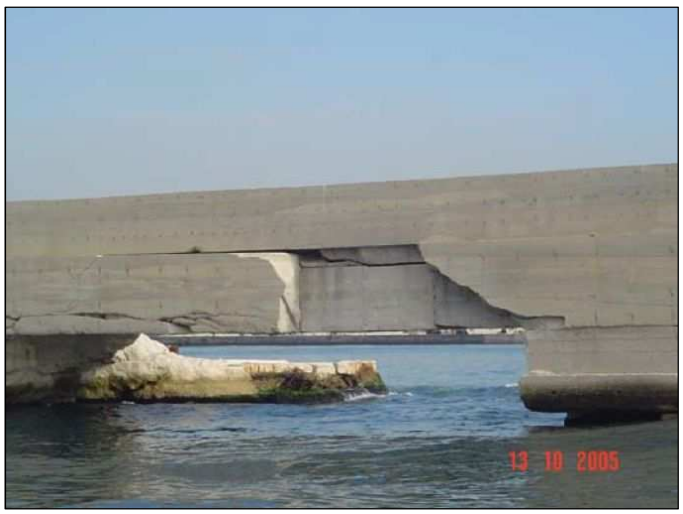

Foto 1 - Sezione tratto C (lato mare) - Falla passante

Foto 2 - Sezione tratto C (lato porto) - Falla passante

4. Studio meteomarino preliminare

Per quanto attiene agli aspetti idraulico-marittimi, il presente progetto del prolungamento della diga foranea *Duca d'Aosta* è stato redatto sulla base dello "studio meteomarino" e dello "studio di agitazione interna" eseguito dall'ATI Technital nel novembre 2005, nell'ambito del progetto dei *"Lavori di Adeguamento della Darsena di Levante a Terminal Contenitori"*.

Da tale studio meteomarino, inserito tra gli elaborati del presente progetto, è stato possibile desumere una serie di indicazioni preliminari sulle caratteristiche del paraggio e del relativo clima ondoso, ed in particolare:

- le caratteristiche del moto ondoso "di largo" e del moto ondoso "incidente" sulla predetta opera foranea in corrispondenza dell'imboccatura di levante del porto di Napoli;
- l'agitazione residua all'interno del porto, a tergo della diga foranea.

Sulla base di tali indicazioni è stato possibile definire in via preliminare l'intervento di progetto, con particolare riferimento sia alla sua lunghezza complessiva che al dimensionamento delle sue singole parti (scogliera di imbasamento, cassone cellulare, muro paraonde).

Nei successivi livelli di progettazione si provvederà ad una integrazione del predetto studio meteomarino prodotto dall'ATI Technital, mediante un'analisi di maggior dettaglio sulle caratteristiche delle onde estreme in prossimità del prolungamento da realizzare.

5. Descrizione dell'intervento di progetto: tipologia e caratteristiche costruttive

Il prolungamento della diga foranea Duca d'Aosta si estenderà verso levante per una lunghezza di circa 250 metri, comprensivi di un tratto di testata di circa 20 metri, a partire dalla testata attuale.

L'infrastruttura sarà del tipo "a parete" e "tradizionale", funzionante "a gravità", costituita da cassoni cellulari prefabbricati realizzati in calcestruzzo armato, poggiati su una sottostruttura a scogliera imbasata a quota – 20,00 rispetto al l.m.m..

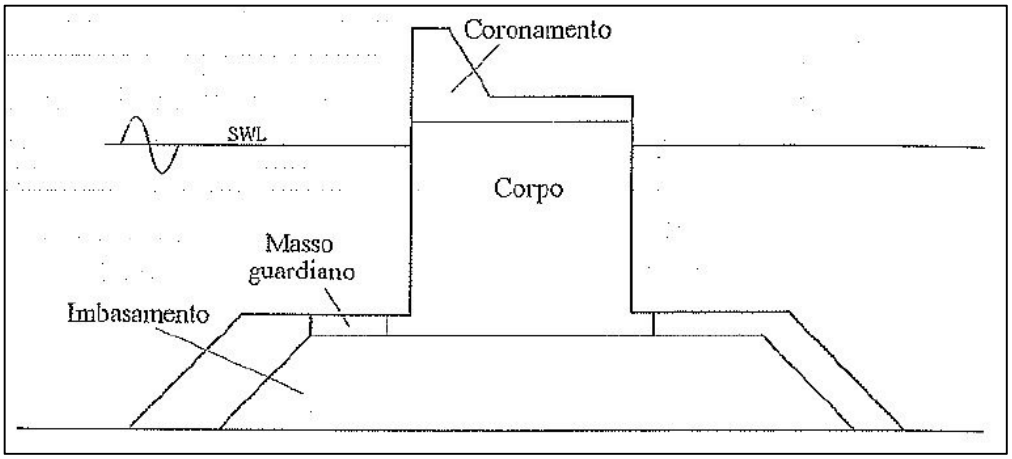

Fig.9 - Schema prolungamento

Le dimensioni complessive in pianta del singolo cassone sono 23,00 x 28,75 m, mentre l'altezza, comprensiva della platea di fondazione, esclusa la sovrastruttura, sarà pari a 16,00 metri.

I cassoni saranno suddivisi, mediante setti interni, in 20 celle (4 in sezione trasversale e 5 in sezione longitudinale). Tali celle interne avranno lunghezza pari a 5,35 m e larghezza variabile (in sezione trasversale, pari a 4,50 m per le due celle esterne e 4,625 m per le atre due celle centrali).

Lo spessore delle pareti esterne sarà di 0,50 m, mentre per quelle interne sarà di 0,25 metri.

La fondazione è costituita da una platea in calcestruzzo armato avente una altezza di 0,70 m che si sviluppa per tutta la superficie del cassone.

Le celle esterne saranno riempite con calcestruzzo mentre quelle interne con pietrisco.

I cassoni saranno imbasati a quota -15,00 rispetto al l.m.m, su apposito scanno di pietrame, e saranno sormontati da una sovrastruttura fuori acqua realizzata in calcestruzzo, costituita da massiccio di sovraccarico di spessore pari a 2,00 metri e muro paraonde, quest'ultimo con sommità a quota +7,30 dal l.m.m. e larghezza variabile da 5,00 m a 7,15 metri.

L'altezza del cassone è stata scelta in modo da ridurre il costo di costruzione della scogliera di imbasamento e della struttura a parete.

L'imbasamento a scogliera consentirà di ripartire i carichi sul fondale riducendo la sollecitazione unitaria trasmessa a quest'ultimo.

Per raggiungere la quota -20 metri rispetto al l.m.m. il fondale dovrà essere opportunamente dragato.

La scogliera di massi naturali costituenti lo scanno di imbasamento dei cassoni poggerà su uno strato di geotessile ed avrà dimensioni della sezione trasversale pari a 41,50 metri in sommità e 62,50 metri alla base, con pendenza della scarpa pari a 2/1 verso largo e 1/1 verso terra.

L'opera sarà protetta al piede, per tutta la sua lunghezza, da massi guardiani in cls di forma parallelepipeda.

L'intervento sarà realizzato interamente a mare, nello specchio acqueo demaniale antistante il canale di accesso di levante del Porto di Napoli, a partire dall'estremità dell'esistente diga foranea.

I cassoni saranno realizzati in un bacino galleggiante e trasportati in condizioni di galleggiamento fino al luogo di impiego, dove saranno affondati nella posizione finale.

Successivamente, i cassoni saranno zavorrati in opera mediante il riempimento delle celle con materiale incoerente (sabbia o tout-venant per la parte interna e con calcestruzzo magro per la parte esterna).

Avvenuti i cedimenti di assestamento della scogliera di imbasamento e del terreno di fondazione (fondale), verranno realizzati la sovrastruttura in calcestruzzo e il muro paraonde.

Si precisa che in corso d'opera particolare cura dovrà essere posta nella verifica del suddetto assestamento in quanto le opere a parete verticale sono capaci di tollerare lievi cedimenti totali e differenziali (minori di quelli di un'opera a gettata) e gli eventuali interventi di manutenzione sarebbero molto onerosi.

6. Indagini geognostiche preliminari

Nella stesura del presente progetto preliminare si è tenuto conto delle indagini geognostiche commissionate dall'Ufficio Opere Marittime del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti in corrispondenza della Diga Foranea Duca d'Aosta, eseguite dalla Società Ricerche Marine nel 1992.

Tali indagini, eseguite in mare aperto e su alti fondali con l'ausilio di un idoneo mezzo marittimo, hanno riguardato lo specchio acqueo antistante la diga foranea Duca d'Aosta e sono consistite essenzialmente in:

- n. 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità tra i -36,4 m e i 38,2 m;
- n. 2 prove penetrometriche statiche;
- analisi e prove geotecniche di laboratorio;
- prelievo di 12 campioni di materiale, di cui 2 indisturbati, e relative prove di laboratorio.

I risultati di tali indagini sono riportate nello specifico elaborato progettuale "Indagini geognostiche preliminari".

In considerazione dell'uniformità geologica dell'area, i risultati delle indagini geognostiche effettuate hanno consentito di ipotizzare, in via preliminare, la compatibilità tra le condizioni geotecniche del sottosuolo e le previsioni del progetto preliminare del prolungamento della stessa diga foranea.

Ai fini della redazione del progetto definito, occorrerà effettuare una propedeutica campagna di indagini.

Tali indagini rientrano tra le attività previste nell'ambito dello schema di "Accordo quadro" e nello schema di "Convenzione attuativa" tra Autorità Portuale di Napoli e C.N.R. approvati con delibera A.P. n. 403 del 01.10.2012.

7. Aspetti ambientali

Dal punto di vista normativo, la giunta Regionale della Campania, sulla scorta di quanto stabilito dalla delibera CIPE n.1 dell'11.01.2011 e in coerenza con le strategie contenute nel Piano Nazionale per il Sud, con deliberazione n. 122 del 28 marzo 2011 ha approvato, tra gli altri, il Grande Progetto del porto di Napoli *"Logistica e Porti – Sistema integrato portuale di Napoli"*.

Nell'ambito del Grande Progetto è previsto anche l'intervento di "Prolungamento e adeguamento funzionale" della diga Duca d'Aosta.

Lo stesso intervento è inoltre previsto nel Programma Triennale 2012-2014 dell'Autorità Portuale di Napoli.

Gli studi e le indagini preliminari confermano che l'opera in progetto è compatibile con l'assetto portuale e pienamente sostenibile sul piano tecnico, amministrativo e funzionale in quanto:

- fornisce adeguata protezione agli accosti della banchina di Levante ed all'ingresso al limitrofo Marina di Vigliena
- migliora le condizioni di agitazione interna del bacino portuale e non limita le condizioni di fruibilità degli altri banchinamenti;
- la limitata lunghezza del prolungamento non altera l'equilibrio della dinamica costiera in quanto non crea scompensi tra gli equilibri relativi alle correnti marine e al traposto solido;
- il prolungamento non modifica l'originaria destinazione d'uso dell'infrastruttura.

Dal punto di vista sedimentologico, essendo emersa la scarsità degli apporti longitudinale e trasversali verso riva, è presumibile che non sia da temere il possibile interrimento dello specchio acqueo portuale, né l'erosione di zone limitrofe.

Il prolungamento della diga foranea è stato progettato con forme che, pur nel rispetto delle normative tecnologiche e di sicurezza, si adattano al paesaggio in cui è inserito e alla conformazione della linea di costa, nel rispetto dei coni ottici privilegiati e degli assi di visibilità paesaggistica.

In particolare, l'interferenza dell'opera con l'ambiente marino e con le altre opere circostanti è stata ridotta in quanto è stata limitata l'altezza del muro paraonde, si è previsto l'impiego di materiali naturali e/o non inquinanti, l'aspetto globale del nuovo tratto sarà simile a quello esistente in quanto si è ipotizzato di utilizzare gli stessi materiali.

Ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 l'intervento non è tra quelli assoggettabili alla valutazione di impatto ambientale.

Essendo il Porto di Napoli ricadente all'interno del SIN Napoli Orientale, sono stati elaborati dei Piani di Caratterizzazione ambientale redatti da ISPRA, Ex-ICRAM, sia per l'area interna alla diga foranea che per l'area esterna.

Il progetto prevede l'escavo della parte superficiale, pari a circa due metri, dei fondali di sedime dell'opera per la configurazione dello scanno di imbasamento e della relativa scarpata sommersa.

Tale area non risulta caratterizzata, pertanto prima di procedere al successivo livello di progettazione occorrerà caratterizzare opportunamente i fondali all'interno dell'area di intervento.

Detta attività di caratterizzazione rientra tra quelle previste nell'ambito dello schema di "Accordo quadro" e nello schema di "Convenzione attuativa" tra Autorità Portuale di Napoli e C.N.R. approvati con delibera A.P. n. 403 del 01.10.2012.

In funzione dell'esito di tale caratterizzazione sarà possibile effettuare un'analisi delle diverse alternative che si pongono per lo smaltimento e la valorizzazione dei materiali risultati dalle operazioni di escavo.

Cautelativamente, nel presente progetto preliminare si è ipotizzato di smaltire in discarica autorizzata tutti i materiali dragati.

Nelle successive fasi di progettazione saranno approfondite, con opportuni studi di navigabilità, le condizioni di accessibilità dell'imboccatura di levante per effetto del prolungamento della diga foranea.

In particolare, tenendo conto anche del porto turistico Marina di Vigliena, in fase di realizzazione, tali studi dovranno riguardare la sicurezza delle manovre di ingresso e di uscita dall'imboccatura di levante del bacino portuale, in relazione alle dimensioni sia dei natanti in transito che di quelli ormeggiati in corrispondenza della banchina del futuro terminal contenitori.

Dal punto di vista ambientale, si può affermare che l'intervento non influenzerà le attività di pesca e non influirà sul grado trofico del sito, caratterizzato da una generale assenza di sostanza organica e, in particolare, di vegetazione.

I materiali lapidei che saranno utilizzati non influiranno sull'inquinamento dello specchio acqueo in corrispondenza dell'imboccatura di levante dell'impianto portuale napoletano.

L'intervento ricade in un'area con "grado di sismicità" S=9. Delle sollecitazioni indotte alle strutture dalle forze sismiche si terrà conto nelle successive fasi di progettazione per il dimensionamento e le verifiche (statiche e geotecniche) relative ai cassoni cellulari in cemento armato costituenti l'infrastruttura della diga.