

Sistemi d'avanguardia per un intervento trasportistico e ambientale

Il nuovo Terminal container del porto di Napoli

FABRIZIO BONOMO,
LUISA CASAZZA

Presso la Darsena Levante del porto di Napoli è in corso di realizzazione un nuovo terminal container, un ampio piazzale creato riempiendo lo specchio acqueo fra due moli, che operativamente affronta problematiche ambientali e costruttive non indifferenti, sia per la posizione sul mare, sia per esigenze di tipo ecologico, che richiedono la creazione di un involucro completamente impermeabile, verso terra e verso mare, e quindi l'impiego di tecnologie e materiali fra i più avanzati oggi esistenti, dai sistemi di palificazione al consolidamento dei fondali, dagli impianti di betonaggio a basso impatto alle condutture in vetroresina, ai cementi speciali



Quello in corso a Napoli – la creazione di un terminal container esteso su 230 mila metri quadrati, con una banchina lunga 672 metri – è un intervento particolarmente importante per la città, da molti punti di vista, che prende forma dopo un iter approvativo durato oltre dieci anni, e arriva in un momento cruciale per il porto.

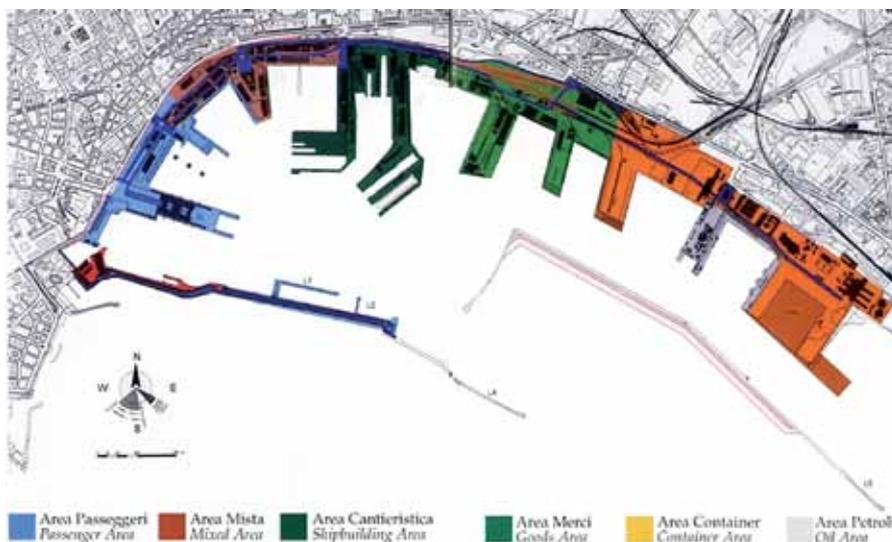
Rappresenta infatti il primo passo concreto di un ambizioso progetto di riassetto e razionalizzazione per permetterne il rilancio, specie del settore commerciale e di quello container in particolare.

Infatti, se Napoli è il primo porto in Italia e uno dei maggiori al mondo per traffico passeggeri, con circa 7,5 milioni registrati nel 2012 (navi da crociera e collegamenti con le isole del Golfo), per il traffico container soffre invece della mancanza di spazi e di fondali adeguati, sia per le navi attuali che per quelle giganti previste nei prossimi anni nel Mediterraneo.

Il terminal viene creato all'estremità orientale del porto, riempiendo lo spazio acqueo della Darsena Levante, un bacino realizzato negli anni Ottanta ma mai completato né utilizzato, perché marginale rispetto al resto del porto.

Il grande piazzale, delimitato dai moli del Progresso e Levante, quest'ultimo inglobato completamente, è lungo quasi 500 metri e comprende terreni a monte in gestione a una vicina centrale elettrica.

La larghezza è variabile, dai 450 ai 500 metri, mentre la banchina, tracciata parallelamente alla diga foranea, è appunto di quasi 700 metri e si estende oltre il molo Levante, a formare uno sporgente



Planimetria del Piano di riassetto e razionalizzazione del porto di Napoli

lungo circa 170 metri, per una larghezza di 100 (l'assenza della classica pianta rettangolare dipende dalla presenza a est di alcune attività cantieristiche e di un porto turistico).

A ovest la banchina è radicata nel molo Progresso, in parte demolito (un triangolo della testata che sporge dall'allineamento).

Traffico container a Napoli e nel Mediterraneo

La novità del progetto è nelle dimensioni e nella collocazione.

Oggi i terminali dedicati ai contenitori sono concentrati nella parte centro-orientale del porto – tre terminal, per una superficie complessiva di circa 200 mila metri quadrati, con 9 approdi per 1.500 metri lineari di banchina – e la banchina più lunga

è di 360 metri: dimensioni queste che rischiano di emarginare Napoli nelle rotte future delle grandi portacontainer.

Non a caso è il settore che soffre di più, con volumi in fase di stallo se non di difficoltà, considerando le scelte di alcuni grandi operatori che recentemente (2014) hanno deciso di spostare le proprie navi altrove, verso i porti del Pireo e di Porto Said (i colossi marittimi Cosco, Hanjin, KLine e Yang Ming), ritenendo i fondali del porto di Napoli troppo bassi (sono un massimo di 13 metri), mentre altri si sono trasferiti nella vicina Salerno (180 navi della linea Messina) dove sarebbero disponibili spazi migliori e tariffe più convenienti.

Oggi il porto di Napoli riceve circa 1.800 navi portacontainer l'anno, per un volume di traffico annuo di 547 mila teu (l'unità di misura standard) nel 2012, contro



2,72 milioni a Gioia Tauro, 2 milioni a Genova, 1,25 milioni a La Spezia, 622 mila a Cagliari-Sarroch.

Il nuovo terminal, non ha dimensioni particolarmente grandi, ma rientra nella media di quelli creati all'interno di un porto storico, con tutti i limiti del caso.

Però è essenziale, perché con i suoi 800 mila teu di capacità di movimentazione annua aumenta decisamente quella complessiva del porto, che in prospettiva potrebbe arrivare a 1,4 milioni di teu.

Indirettamente poi, grazie alle dimensioni dello specchio acqueo da riempire – una cassa di colmata capace di quasi 2 milioni di metri cubi di materiale – offre una soluzione concreta al dragaggio dei fondali del porto, essenziale per portarli a una profondità utile di 14 o 16 metri, cosa che non si fa da anni per problemi ambientali (presentano inquinamenti da idrocarburi), permettendo appunto di confinare i materiali sotto il piazzale, in condi-



Particolari delle doppie pareti in acciaio che delimitano verso mare il nuovo terminal container

zioni di sicurezza.

Del resto, l'incremento dei traffici container nel Mediterraneo rappresenta una grande opportunità, ma è necessario offrire strutture in grado di adeguarsi alle dimensioni crescenti delle portacontainer: oggi la nave più grande in costruzione (ordinata dal gruppo danese Moller-Maersk ai cantieri navali sudcoreani Daewoo) ha una capacità di 18 mila teu, quattro volte una portacontainer "gigante" di inizio anni Novanta, ed è lunga 400 metri, larga 59 e con un pescaggio di 13,5 metri.

Questo crea un effetto a scalare che mette fuori mercato le navi più piccole e fa crescere la dimensione media delle portacontainer per i traffici secondari, dal porto di sbarco principale a quelli di destinazione finale, con ricadute dirette sui porti in grado di ospitarle o meno.

Il nuovo terminal di Napoli, con la banchina lunga 672 metri e un fondale utile di 17,6 metri (lo strato di tufo è a circa 24 metri) permette invece l'attracco contemporaneo di due navi da 6 mila teu o di una da 11 mila teu, che ha una lunghezza di circa 390 metri e un pescaggio di circa 11-13 metri.

Questo permetterà a Napoli di avere ancora un ruolo importante nel Sud Europa, sfruttando una posizione che, nei flussi dall'Estremo Oriente ai porti del Nord Europa – (Rotterdam e Amburgo in partico-

lare) da cui partono le rotte principali per gli Usa – consente di risparmiare circa quattro giorni rispetto al passaggio da Gibilterra.

La cosa ha un suo valore per navi costose, che devono essere sempre in movimento; in particolare, si calcola che per la rotta Shanghai-Monaco, sulla base dei servizi attuali, si impiegano 20-21 giorni procedendo via Genova, 23-24 giorni via Anversa e 19-20 giorni via Napoli-Nola o via Taranto-Nola.

È comunque una gara contro il tempo, perché i concorrenti non mancano, sia in Italia che nel resto del Mediterraneo.

Il porto ateniese del Pireo ha raggiunto i 3,16 milioni di teu nel 2013, portandosi al terzo posto dopo Gioia Tauro e il porto turco di Ambarli (oltre 3,3 milioni teu); crescono anche lo scalo marocchino di Tangeri (circa 2,6 milioni teu) e quello di Suez (3,12 milioni di teu nel 2013).

In Italia altri porti preparano progetti ambiziosi, come Venezia, che pianifica un terminal da 1,4 milioni di teu a Porto Marghera, sulle aree ex Syndial e Montefibre, con una banchina di 1.400 metri e circa 910 mila metri quadrati di superficie; oppure Civitavecchia, con un nuovo terminal container pensato per le navi da 18 mila teu, offrendo fondali sino a 20 metri di profondità e 5 milioni di metri quadrati di retroporto.

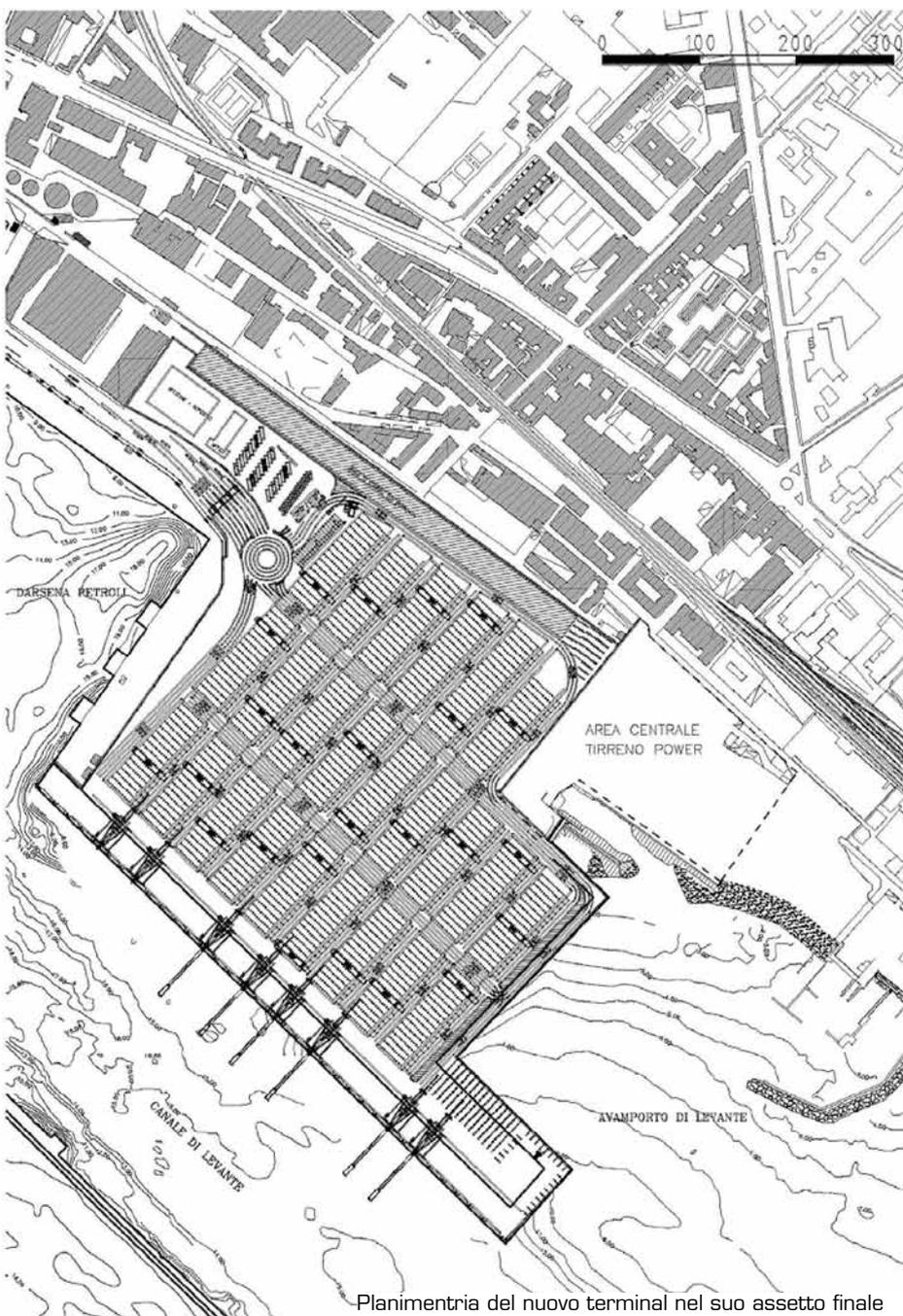


Strategie di sviluppo e problematiche ambientali

Il nuovo terminal è importante anche per le strategie di sviluppo complessive del porto e della città, che come avvenuto in altri porti (ad esempio Genova), puntano a concentrare il traffico passeggeri nella parte vicina alla città, l'estremità ovest, davanti alla centralissima Piazza Municipio, e a spostare il traffico commerciale all'estremità est, posizionando al centro l'area cantieri-

stica, riorganizzata per creare un polo dell'attività naval-meccanica, in una posizione che permette di servire meglio le altre due aree.

In questo quadro il nuovo terminal diventa la base per il miglioramento dell'efficienza operativa dell'intero sistema portuale, per-



Planimetria del nuovo terminal nel suo assetto finale

ché qui si prevede di spostare anche le cosiddette navi-traghetto "Ro-Ro", dedicate al trasporto dei mezzi su gomma, specie i Tir, e attive sulle rotte delle autostrade del mare, in particolare quelle che collegano il Nord e il Sud del Mediterraneo.

Ma il progetto è legato anche a due fattori squisitamente ambientali.

Il primo, indirettamente, riguarda la delocalizzazione dei depositi di idrocarburi, oli combustibili e Gpl, creati dal Dopoguerra a oggi proprio nelle aree attorno alla Darsena Levante, anche perché l'area si trova nella cosiddetta "zona rossa" del Vesuvio, quella a più alto rischio in caso di eruzione.

Il secondo è il già citato problema del dragaggio dei fondali, per i quali è necessario intervenire secondo le speciali modalità previste per la bonifica dei suoli, e disporre di un luogo di deposito in grado di accogliere i notevoli volumi di materiale da rimuovere – si calcola circa 2 milioni di metri cubi (dieci volte il materiale rimosso e smaltito dopo l'incidente di Seveso) – almeno quelli con valori di contaminazione accettabili (concentrazione limite), cioè inferiori al 90 per cento di quelli indicati per siti ad uso commerciale e industriale.

I sedimenti con valori oltre questo limite dovrebbero essere conferiti in discariche idonee o impianti di trattamento.

Risposte articolate e di carattere straordinario

La somma delle diverse esigenze ambientali, funzionali e trasportistiche condiziona quindi il progetto del nuovo terminal, ma la sua si trasforma nell'occasione per soluzioni articolate e sotto certi aspetti inusuali in termini di tipologie costruttive, metodi di lavoro e programmi di intervento.

Quello che incide non è la dimensione del piazzale o il tombinamento di uno specchio acqueo fra due moli, abbastanza usuale negli adeguamenti dei porti storici.

I vincoli caratterizzanti sono invece la presenza di una centrale elettrica (Tirreno Power, ex Enel), con le sue opere di presa e scarico a mare delle acque di raffreddamento, che interferiscono con le nuove banchine e vanno ricostruite, e la necessità di creare una vasca di colmata in grado di contenere e mettere in sicurezza un determinato tipo di sedimenti contaminati.

Le soluzioni? Verso terra, un contorno di diaframmi plastici, spinti fino allo strato di tufo (compreso generalmente tra i 20 e i 24 metri di profondità), realizzati con la tecnologia dei pali secanti plastici (Csp), utilizzando un cemento speciale che garantisce un coefficiente di permeabilità



Veduta aerea del cantiere nel novembre 2013, con indicate le principali tipologie d'intervento

superiore a quanto previsto dalla legge, di 10 alla meno 10 o meno 11 metri al secondo (come e più quello dell'argilla. Verso mare, una banchina larga circa 30 metri a chiudere a sud la cassa di colmata, riempita con inerti da cava e delimitata da due pareti in acciaio, collegate fra loro da tiranti e realizzate intercalando palancole a tubi d'acciaio di grande diametro (o profilati di acciaio ad H), con guarnizioni impermeabili (gargami) fra i giunti e infisse anch'esse

nella formazione tufacea.

I tubi in acciaio sono poi rinforzati con pali trivellati in calcestruzzo armato, fino a formare, alla base, uno spinotto di circa 3 metri di lunghezza, così da aumentare la solidità della struttura, che deve sostenere l'accosto di navi di grandi dimensioni e il peso delle gru a portale per la movimentazione dei container.

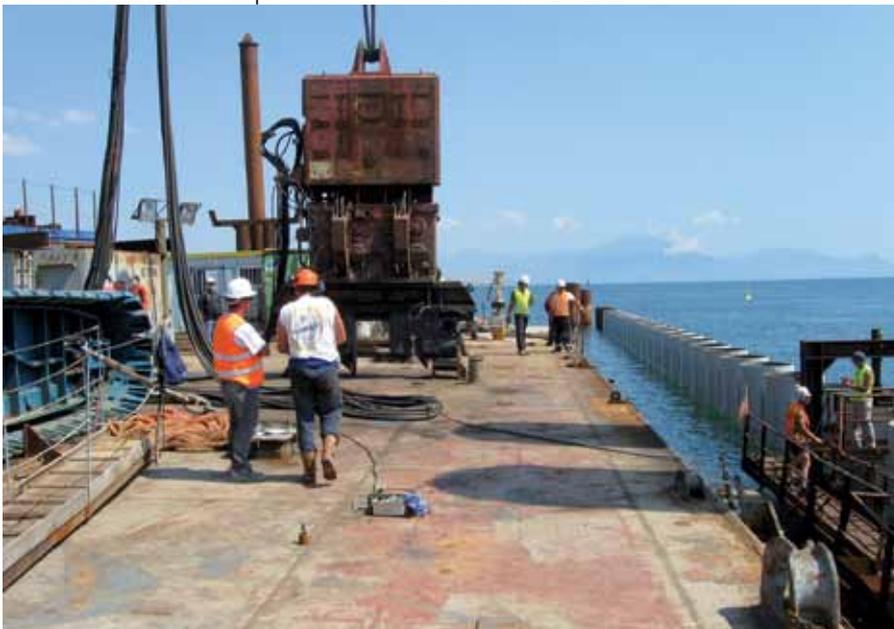
All'estremità ovest della banchina, dove per circa 100 metri si radica nel molo Progresso, è previsto il consolidamento della struttura esistente e una barriera perimetrale con diaframmi strutturali in cemento armato, scavati con idrofresa, sempre fino al livello del tufo.

Le strutture verticali sono quindi concepite per garantire coefficienti di permeabilità molto bassi e formare un corpo unico con il fondo tufaceo, così da rendere la vasca idonea a contenere i sedimenti provenienti dal fondale del porto.

Oggi si sta realizzando la parte più impegnativa del progetto, cioè il banchinamento e della perimetrazione a terra; in sostanza, le pareti della grande vasca.

Un intervento da circa 85 milioni di euro, che dovrebbe terminare entro metà del 2015, affidato a un'Ati guidata da Trevi Spa, della quale fa parte il Consorzio Cooperative Costruzioni.

Particolare dei lavori nei pressi della testata del molo Levante



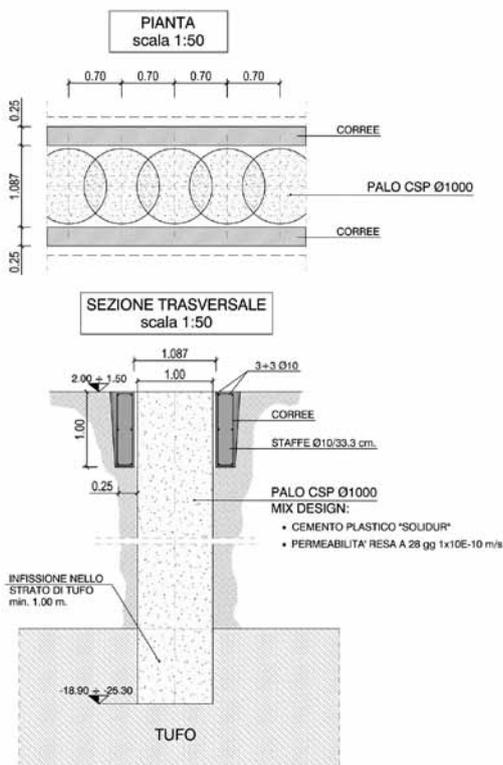
Diaframmi plastici sui lati a terra

La parte a terra della cassa di colmata si articola su tre lati, uno a monte, a nord, già realizzato con un intervento d'urgenza perchè legato alla messa in sicurezza della falda, lungo lo Stradone Vigliena, e alla deviazione di uno scolmatore (Vigliena).

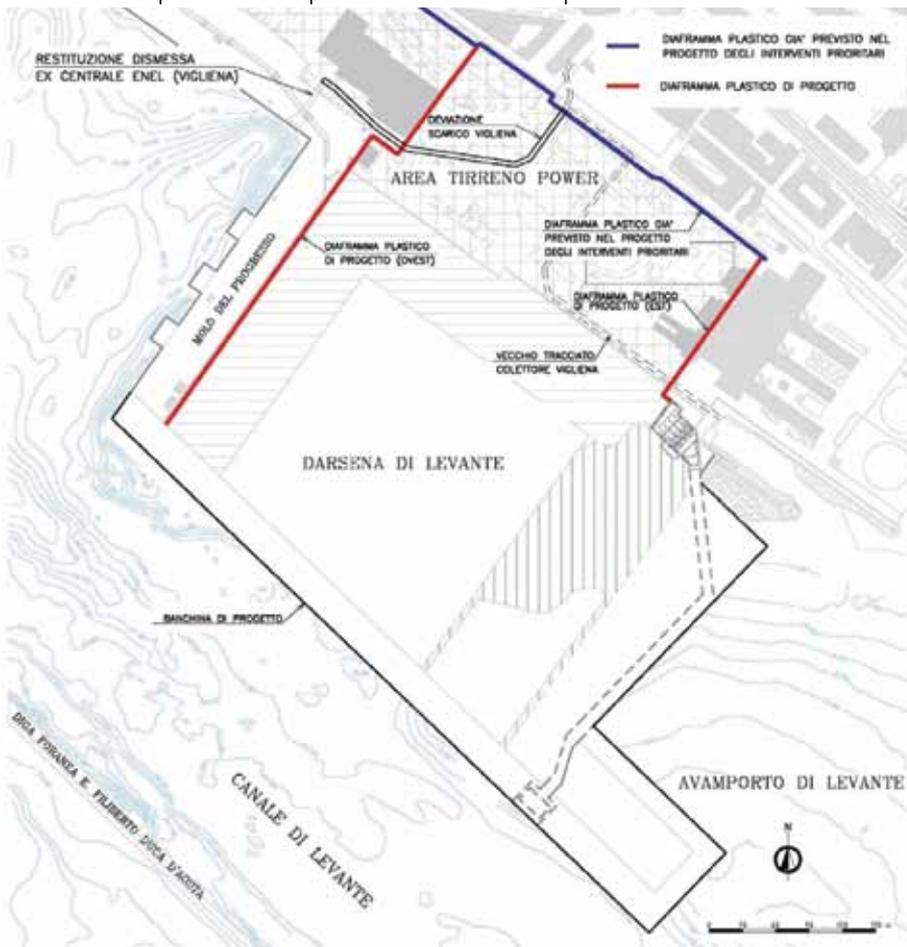
Gli altri due sono a ovest e ad est: il primo lungo la banchina del molo Progresso e l'altro al confine con la centrale elettrica.

Come anticipato, per la loro realizzazione si utilizza la tecnica a pali secanti (Csp), con la quale si ottiene un diaframma plastico senza la miscelazione del terreno in sito, che meglio di altre consente di superare le difficoltà incontrabili nel terreno, perchè è in grado di attraversare elementi molto duri come blocchi di calcestruzzo e roccia (parti di scogliere e

PARTICOLARE PALI SECANTI Ø1000



Schema planimetrico e particolari dei diaframmi plastici sui lati a terra del terminal



massi) presenti nel riempimento della banchina.

I diaframmi sono composti da pali tri-vellati di un metro di diametro, con 70 centimetri d'interasse l'uno dall'altro e realizzati in modo alternato, procedendo cioè con pali primari a un interasse di 1,4 metri, intersecati successivamente da pali secondari di chiusura, che si sovrappongono per 30 centimetri ai pali primari adiacenti, con una loro parziale demolizione.

Il risultato è un diaframma continuo e impermeabile, indipendentemente dalla geometria di scavo, con uno spessore minimo di 70 centimetri.

I pali sono spinti a una profondità di 24-25 metri (i più profondi raggiungono i 28 metri), così da inserirsi bene all'interno dello strato tufaceo.

La perforazione si effettua qui con una trivella Soilmec SR100, una macchina da 100 tonnellate dotata di un'antenna di 28 metri e di un meccanismo che azionano contemporaneamente sia l'utensile di scavo – la punta elicata da roccia – sia un rivestimento che



ha un tagliente all'estremità della batteria in grado di fargli superare anche strati lapidei.

Completata la perforazione viene poi pompata una miscela di cemento e bentonite, attraverso l'elica (progressivamente estratta insieme al rivestimento).

Il calcestruzzo è di un tipo a elevata impermeabilità, studiata appositamente per garantire un coefficiente di permeabilità molto basso.

In particolare viene utilizzato un calcestruzzo plastico – il Solidur Erdbeton di Buzzi Unicem – a basso ritiro, indicato per applicazioni in acqua.

Le prove effettuate in cantiere dimostrano che raggiunge delle permeabilità di due ordini di grandezza inferiori rispetto a quanto richiesto, cioè, come già ricordato, di 10 alla meno 10 o alla meno 11, quindi dieci o cento volte più prestante dei requisiti minimi di progetto.

Un livello di prestazioni che garantisce quindi il margine di sicurezza sempre necessario per opere di questo tipo.

Cementi e impianto di betonaggio speciali

Nei lavori per il terminal non è solo il cemento per i diaframmi in Csp a essere speciale, ma anche tutti gli altri calcestruzzi e l'impianto di betonaggio, che hanno caratteristiche mirate per costruzioni in ambienti portuali, con tutte le problematiche di



Particolare della realizzazione del diaframma plastico lungo il Molo del Progresso

corrosione e aggressività ambientale. I calcestruzzi previsti dal progetto sono infatti di classe XS1 e XS3, entrambi concepiti per resistere alla corrosione indotta dai cloruri presenti nell'acqua di mare: uno in situazioni dove è esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare, l'altro per le zone esposte agli spruzzi o alle maree. In altre parole, adeguati agli ambienti altamente aggressivi, alcalini, che impongono l'utilizzo di grandi quantitativi di cemento, poco di acqua, additivi ecc.

L'impianto di betonaggio è un Simem MMX 5000 Super Mobile, di un tipo utilizzato su cantieri come quelli per il Mose di Venezia o la Pedemontana Lombarda, che hanno portato a testare e implementare

le diverse componenti, come il mescolatore, il sistema di controllo dell'equipaggiamento, la possibilità di lavare il mescolatore con sistemi ad alta pressione ecc. Essendo montato sulla banchina, quindi completamente esposto a raffiche di vento e, appunto, all'ambiente marino, è quasi completamente chiuso e coibentato, zincato all'interno e con le parti verniciate, ad esempio quelle dei silos, sottoposte a cicli di verniciatura specifici per ambienti di questo tipo.

Inoltre è un impianto mobile, senza fondazioni, con tutte le sue componenti (compresi i silos), semplicemente appoggiate a terra, su piastre di cemento antiribaltamento; un requisito importante in situazioni dove è richiesto di evitare qualsiasi impronta a terra, come in questo caso. Inoltre essendo privo di fondazioni, può essere smontato e utilizzato in altri cantieri.

Dispone poi di un sistema di riciclaggio del calcestruzzo residuo, che dovrebbe dare garanzie di tutela ambientale, così come il fatto che l'impianto è sostanzialmente una scatola chiusa, con la conseguente riduzione dell'impatto acustico e visivo.

La capacità produttiva è di 130 m³/ora, analoga, se non superiore, a quella di un impianto fisso. Un peso nella scelta di questo impianto lo ha avuto certamente anche la facilità di manutenzione, ordinaria e straordinaria, grazie fra l'altro al mescolatore completamente apribile.

Veduta dell'impianto di betonaggio speciale utilizzato nel cantiere



Diaframma con idrofresa sul molo Progresso

Nel punto di cerniera fra il diaframma a terra e la banchina a mare, nei quasi 90 metri dove questa si radica nel molo Progresso, è previsto un sistema di diaframmi strutturali in cemento armato, scavati con idrofresa.

Una soluzione di maggiore resistenza rispetto ai diaframmi in Csp, perchè non deve solo isolare la cassa di colmata ma anche consentire l'accosto di navi di grandi dimensioni e reggere il peso delle altrettanto grandi gru a portale.

Inoltre risolve le problematiche legate alla resistenza ed eterogeneità dei materiali sotto il molo Progresso.

Allo stesso tempo consente di lavorare da terra sul fronte mare della banchina, evitando di interferire e di causare limitazioni al traffico navale diretto alla Darsena Petroli, di cui fa parte il molo: uno dei terminal più importanti del Meridione dove attraccano circa 360 l'anno navi gasiere e petroliere, di cui 240 per il trasporto di idrocarburi e 120 di bitumi e Gpl.

Operativamente, la realizzazione si effet-

tua scavando e poi gettando in opera, in un terreno consolidato precedentemente con iniezioni, una serie alternata di diaframmi rettangolari in cemento armato, lunghi ciascuno 2,80 metri e larghi 1,50 metri, denominati pannelli primari, scavando e realizzando poi le parti intermedie (pannelli secondari di chiusura), in parziale sovrapposizione con i primari. I tamburi fresanti tagliano infatti una piccola porzione di calcestruzzo nei pannelli primari adiacenti, creando una superficie di contatto pulita e ruvida sulla quale si creano poi giunti in calcestruzzo. L'idrofresa utilizza due tamburi fresanti indipendenti e a rotazione contrapposta, che scavano e frantumano il terreno o la roccia sull'intera sezione dello scavo. Una pompa sommersa, posizionata so-



Particolare della testa fresante di un'idrofresa

pra i tamburi delle frese, crea una circolazione inversa del fluido stabilizzante (fango bentonitico o polimeri), che porta in superficie il fango carico di detriti a un impianto di dissabbiamento.

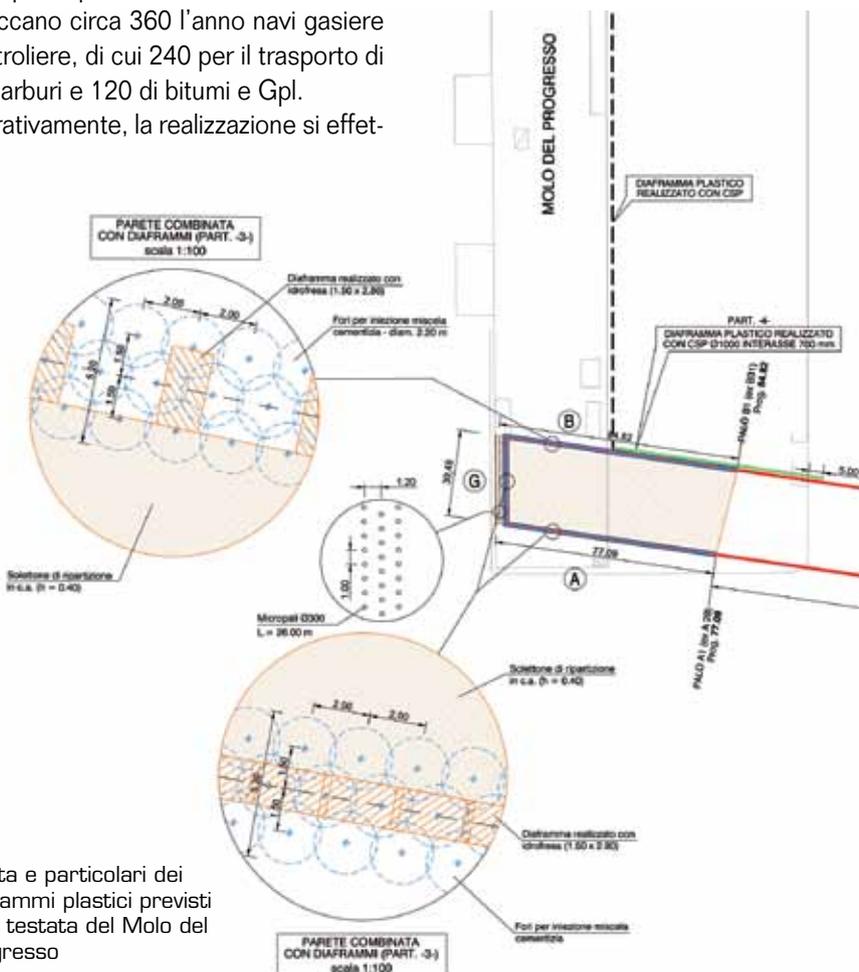
Sull'allineamento lato mare (A), di circa 78 metri, e sui circa 30 metri della testata a ovest, la paratia è continua; sull'allineamento lato terra (B), di quasi 85 metri, i diaframmi sono "a barrette", sempre di 1,50 metri di larghezza e 2,80 di lunghezza ma ortogonali all'allineamento e isolati, con un interasse di 5 metri l'uno dall'altro, perchè il loro ruolo è quello di ancoraggio per i diaframmi lato mare.

In questo caso l'isolamento della cassa di colmata è garantito dalla continuazione del diaframma plastico in Csp, che chiude l'intero fronte verso terra del molo Progresso.

L'intera fascia di terreno interessata dai diaframmi, per una larghezza di 5,5 metri, viene pre-consolidata con iniezioni di miscela cementizia per omogeneizzare il materiale all'interno del molo e far sì che quando si scaveranno i diaframmi non ci siano problemi di perdite di bentonite all'interno del molo, o verso mare.

Altri consolidamenti sono previsti all'esterno dei diaframmi sulla testata ovest, dove la nuova banchina si affaccia sulla darsena Petroli: tre file di micropali lunghi 26 metri, di 30 centimetri di diametro e un interasse di 1 metro.

Poi si demolirà lo spicchio del molo Progresso che resta fuori dall'allineamento a mare.



Pianta e particolari dei diaframmi plastici previsti sulla testata del Molo del Progresso

Doppia parete in acciaio per la banchina

La lunga banchina che chiude a mare le cassa di colmata, dalla larghezza minima di 30 metri, è realizzata innanzitutto con l'infissione nel fondo tufaceo delle pareti perimetrali, costruite "combinando" tubi d'acciaio di grande diametro (1,62 metri o 1,42, secondo il tratto) con coppie di palancole, ingargamate tra un palo e l'altro; i primi hanno una funzione portante, le seconde di tenuta idraulica della cassa. I collegamenti fra tubi e palancole sono realizzati con gargami resi impermeabili mediante un sistema brevettato Arcelor. Le due pareti sono poi collegate fra loro con tiranti del diametro di 5,5 pollici, aganciati a piastre d'ancoraggio saldate su ciascun tubo d'acciaio, a quote variabili di 4,70 metri dal livello del mare per i tubi da 1,42 e 1,50 per quelli da 1,62; essendo sott'acqua, l'inserimento dei tiranti va fatto con l'assistenza di subacquei e utilizzando guide speciali, messe a punto proprio per questo progetto.

Infine si procede con il riempimento dello spazio interno, utilizzando materiale da cava o proveniente dalla demolizione delle strutture portuali (come i massi in calcestruzzo).

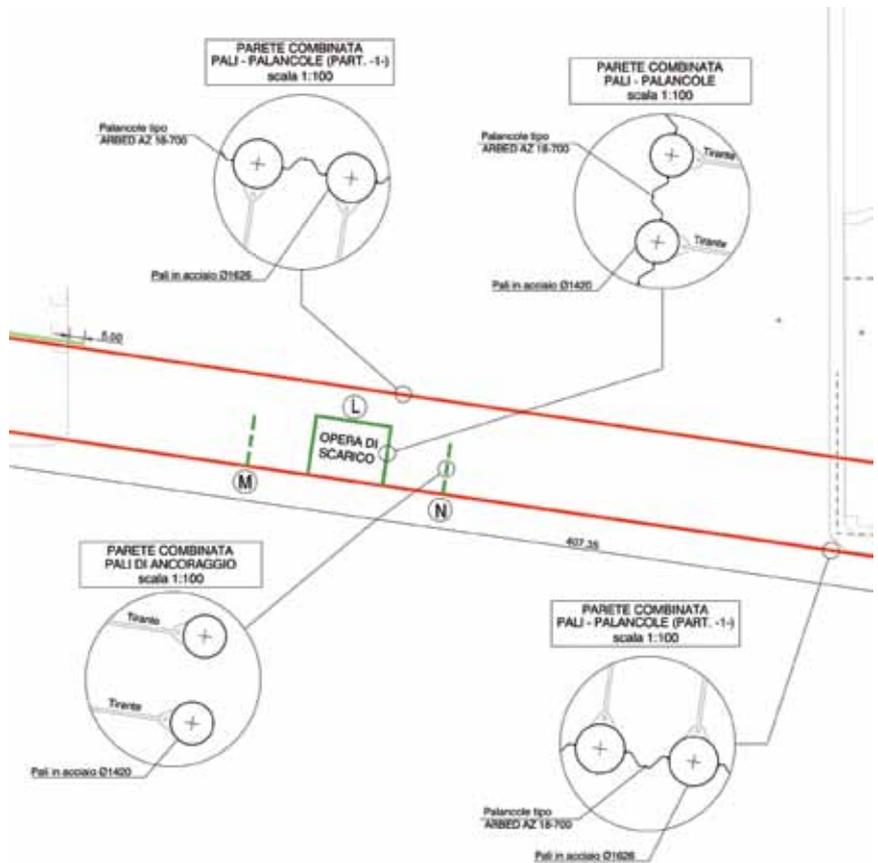
Le pareti del tratto principale (allineamenti A e B, che sono identici), cioè gli oltre 400 metri tra molo e molo, sono realiz-

zati con i tubi di diametro maggiore, da 1,62 metri (con acciaio spesso 18 millimetri), che permettono appunto di portare la quota dei tiranti a meno 1,50 metri, così da facilitare la posa in opera e la loro tutela durante le attività di riempimento; sono inoltre posizionati con un passo sufficientemente ampio da ridurre al minimo i giunti, i punti deboli di qualsiasi struttura. Lo sporgente ha invece una struttura por-

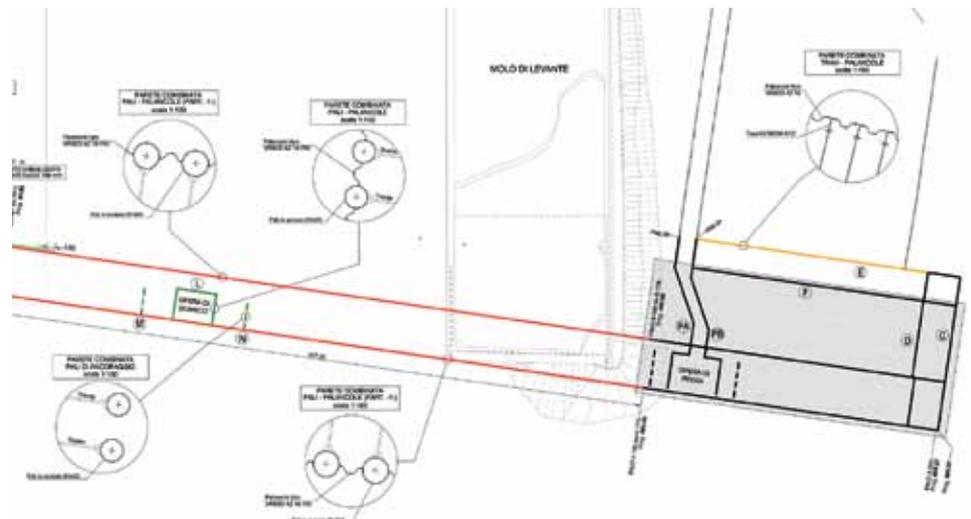
tante mista: tubi da 1,42 metri di diametro per gli allineamenti principali (A e B), distanziati sempre di circa 30 metri e con tiranti a meno 4,70 metri; travi ad H per i doppi allineamenti della testata (C e D) e del lato interno (E e F).

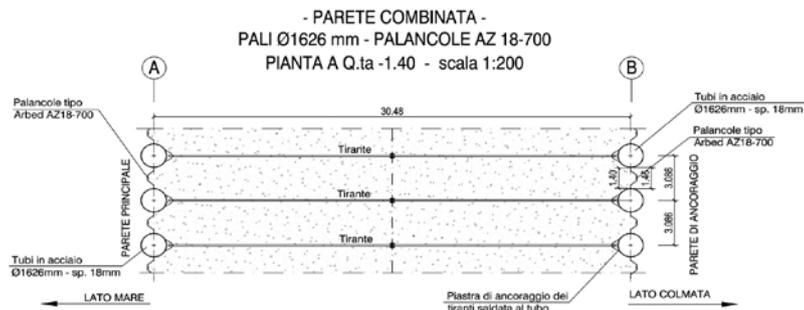
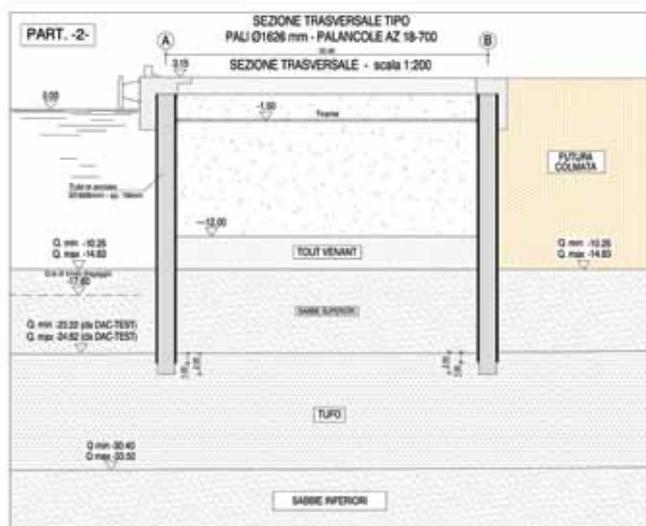
Le pareti combinate sono messe in opera da mare, con un pontone.

Particolare dell'inserimento delle palancole fra i tubi d'acciaio di grande diametro infissi precedentemente nel fondo tufaceo



Planimetria e particolari delle doppie pareti combinate in acciaio che delimitano la vasca di colmata verso mare





Sezione trasversale tipo della banchina a mare e schema di posizionamento dei tiranti fra le due pareti combinate

Pali a spostamento laterale per i fondali

Consolidamenti importanti sono previsti anche per i fondali sotto la banchina, nella fascia di 30 metri fra le due pareti combinate, utilizzando in questo caso la tec-

I pali di acciaio e i profilati sono battuti fino a penetrare la formazione tufacea per almeno 2,5 metri per i tubi e 1 metro per le palancole.

Le partenze dei tubi sono posizionate topograficamente, con gps, avendo una stazione fissa a terra; inoltre, a partire dal primo palo, una dima metallica poggiata in testa sui primi due pali (pali mastri), permette di posizionare con precisione i pali successivi.

Il peso del tubo fa sì che scenda verticale; per i primi 15 metri la verticalità è comunque controllata con lo strumento, poi, superato lo strato di sabbia poco addensata, inizia la vibrazione del fondale per inserirsi nel tufo, dando più peso e aumentando le vibrazioni.

Per la portanza della fondazione della ban-

china (allineamenti A e B), all'interno dei tubi d'acciaio sono poi previsti pali trivellati, che come già anticipato puntano a creare alla base uno spinotto di circa 3 metri, per aumentare la solidità della struttura.

Nei primi 4,50 metri la cosiddetta splash zone, più ossigenata e quindi più soggetta alla corrosione, è interessata da un trattamento con vernici epossidiche, con le quali si crea un film inattaccabile per solfuri e solfati sulla struttura in acciaio.

La testa delle pareti combinate, quella fuori dall'acqua (il piano rotabile delle gru è a circa 3,10 metri dal livello del mare), viene invece inglobata nelle sovrastrutture, in particolare cordoli di cemento armato con funzione d'irrigidimento.



Lavori di consolidamento del fondale e, a destra, particolare del doppio utensile utilizzato



nica dei cosiddetti "pali a spostamento laterale" (nome tecnico Discrepiles, o Displacement Piles).

Si tratta di una tecnica speciale di consolidamento messa a punto dal Gruppo Trevi, che permette di compattare il suolo senza estrarlo, come avviene invece con i pali tradizionali, grazie all'azione combinata di un doppio utensile e del getto della miscela cementizia, che insieme portano alla compressione del terreno e al consolidamento fra file di pali attigue.

È una tecnica che permette di rendere omogeneo lo strato delle sabbie e limi su-

periori, per quanto possibile, con un semplice procedimento meccanico e il getto controllato della malta cementizia.

Uno degli utensili agisce come un rullo eccentrico, che ruota sulle pareti del foro spostando e compattando lateralmente il terreno con una minima forza di frizione; il secondo continua la compattazione in fase di risalita, e non di perforazione, per sfruttare il tiro applicato sulla perforatrice, che è sempre superiore alla forza di spinta.

La necessità di ricorrere ai Discrepiles deriva dalle consistenze molto variabili nel primo strato del fondale ma in genere di un grado di addensamento modesto, che però si estende su uno spessore elevato, fino a 4 metri prima di arrivare allo strato più addensato.

In assenza di consolidamenti efficaci que-



sto potrebbe portare in futuro a cedimenti differenziali sul riempimento della banchina.

I pali, o per meglio dire, le colonne di terreno consolidato, hanno un diametro di 90 centimetri e un'altezza di 4 metri; sono distribuiti secondo una maglia molto stretta a ridosso del palancolato e più larga al centro – variabile da 1,5 a 2,5 metri.

Non è proprio una platea, perché non è continua, ma la densità della maglia e il tipo di consolidamento conferiscono un netto miglioramento sia dei parametri di resistenza al taglio che del modulo di deformazione.

Condotte in fibroresina Prfv per la Centrale

Alla banchina si integrano le già citate condotte di presa e scarico delle acque di raffreddamento della Centrale elettrica, a nord est della Darsena, con condotte e cassoni inglobati nelle nuove strutture a mare perché quelle esistenti si vengono a trovare all'interno dell'area del terminal, in larga parte conglobate nelle strutture di banchina.

L'impianto per ora è fermo, per lavori di trasformazione della centrale a ciclo combinato, ma la sua prossima riattivazione incide sulla fasizzazione dei lavori, che non a caso sono iniziati proprio dallo sporgente, dove va collocata l'opera di presa, in fregio alla nuova banchina.

Le condotte fanno capo a una nuova vasca pompe già realizzata nell'angolo nord est del piazzale, a ridosso della Centrale. Quella di presa rappresenta una delle opere più complesse e difficili nella realizzazione dell'appalto, oltre che la più urgente, perché va interamente ricostruita (quella esistente è oltretutto in cassoni auto-affondanti, da rimuovere). È tracciata sul margine est del piazzale e termina a mare dove inizia lo sporgente, per una lunghezza complessiva di circa 400 metri. La condotta di scarico deve solo essere prolungata, perché è in posizione tale da rimanere attiva mediante apprestamenti provvisori; il nuovo scarico – quasi al centro della nuova banchina – viene



Costruzione in bacino di carenaggio dei cassoni in c.a. dell'opera di presa e di scarico della centrale elettrica

connesso attraverso una vasca che raccorda le tubazioni uscenti con le nuove e consiste in un cassone in calcestruzzo, attualmente in costruzione in un bacino di carenaggio del porto, che verrà poi trasportato e affondato nella posizione prevista dal progetto.

Le condutture sono costituite da tubi in plastica rinforzata con fibra di vetro (Prfv) di 2,10 metri di diametro esterno (2 metri quello interno) prodotte dalla Sarplast, un materiale ad alte prestazioni e di facile installazione, che si presta per i lavori marittimi perché, a

differenza del calcestruzzo, non attaccabile da concrezioni marine, alghe ecc., oltre ad avere un'elevata resistenza alla corrosione e all'attacco dei prodotti chimici (come ad esempio: acqua di mare, CO₂, H₂S, solventi, acqua termale, acqua oleosa ecc.).



Veduta delle condotte in Prfv sulla banchina e durante la fase di posa sul fondo



Bonifica dei fondali nelle aree dei lavori

Un altro dei motivi che hanno portato l'inizio dei lavori dalla parte dello sporgente è legato al fatto che qui si trova la maggior parte dei sedimenti contaminati da rimuovere, in un'area compresa tra le pareti combinate della banchina e tra le condotte di presa della centrale e il molo Levante, dove non sarà più possibile accedere dopo la costruzione delle opere di presa.



Le attività di dragaggio in corso

In totale, in questa prima fase di realizzazione del terminal devono essere rimossi circa 40 mila metri cubi di sedimenti contaminati (lo strato può essere anche di due o tre metri), che vanno caratterizzati – con tutti i metodi di classificazione e le analisi connesse – e adeguatamente smaltiti, qualora le concentrazioni siano superiori a quelle previste dalla legge.

Questa operazione inizia dopo la fase di infissione delle palancole e comprende il dragaggio in zona protetta, il trasferimento dei sedimenti nelle vasche di stoccaggio provvisorio, la caratterizzazione dei sedimenti stoccati, il trasporto nei luoghi di deposito finale.

Da qui la costruzione di una serie di vasche impermeabili sul molo Levante, sei, ciascuna con una capacità di stoccaggio di circa mille metri cubi (sostanzialmente il doppio della produzione giornaliera di una squadra tipo), dove i materiali sono parzialmente disidratati e caratterizzati, appunto per stabilire i

luoghi di destinazione finale.

Il gruppo delle vasche è realizzato su un solettone di 50 centimetri di spessore, e ha muri laterali larghi 30 centimetri, il tutto circondato da un rilevato in terreno granulare, con lo scopo di offrire una visione più precisa dell'interno vasca da parte degli operatori che devono prelevare materiale.

Salpamenti

Parallela alle altre attività è infine quella dei "salpamenti", cioè la rimozione dei materiali voluminosi, lapidei o artificiali che interferiscono con le nuove opere, come ad esempio scogliere artificiali Antifer, in calcestruzzo, massi, mantellate ecc. Fra queste il riccio di testata sullo spigolo est del molo Levante, una struttura a massi sovrapposti che deve essere perché interferisce con l'infissione e il riempimento.

Uno degli interventi più impegnativi riguarda una serie di massi ciclopici (7x7x7 metri), costruiti durante la seconda guerra mondiale per l'ancoraggio delle reti antisommergibili all'imboccatura del porto.

Un lavoro abbastanza particolare, viste le dimensioni non ordinarie, che non è stato possibile fare con tecniche normali, tanto più che erano "incollati" nel fondale melmoso: così è stato necessario sorbonare, cioè pompare sotto di loro acqua e sabbia per "scollarli", poi legarli con funi (sott'acqua) e infine trascinarli in una posizione dove non interferiscono con le nuove opere, con i pontoni più grandi disponibili. ■

Particolare della mappatura del fondale con multibeam, cerchiati in rosso i blocchi ciclopici



PROGETTO

Committenza

– Autorità portuale di Napoli

Progetto esecutivo

- Technital Spa
- Acquatecno Srl
- Servizi Integrati Srl
- Dam Spa

REALIZZAZIONE

Responsabile del procedimento

– Ing. Pasquale Cascone

Direzione lavori

– Ing. Alberto Bracci Laudiero

Appalto (secondo stralcio)

- Trevi Spa (mandataria)
- Consorzio Cooperative Costruzioni

Opere geotecniche

– Trevi Spa

Infissione del palancole

– Coseam Consorzio stabile

Posa condotte sottomarine e cassoni di presa e scarico

– Research Spa

Demolizione, salpamento e dragaggio

- Società industrie marittime del Mezzogiorno (Simm) Spa
- Meridiana

Calcestruzzi

– Consorzio Servizi Industriali

Cementi speciali

– Buzzi Unicem Spa

Impianto di betonaggio

– Simem Spa

Palancole

– Piacentini Costruzioni Spa

– Arcelor

Tubi Prfv in vetroresina

– Sarplast Spa

Macchine

- Perforatrice Soilmec SM-405-5/8 per l'esecuzione dei micropali,
- Soilmec SM-21 per il jet-grouting
- Soilmec SR-100 per i pali plastici csp di 1.000 mm di diametro
- Soilmec R-825 per l'esecuzione dei pali Discrepiles di 900 mm di diametro

Impianti

- Impianti di miscelazione Gm 14, Gm 7 e B 12
- Impianto di iniezione Ciro 4
- Pompa 7 t per Discrepiles