

# PROGETTO MOSE A VENEZIA

UN SISTEMA DI DIFESA **PER LA SERENISSIMA.**  
**TECNOLOGIE E PRODOTTI ALL'AVANGUARDIA**  
PER IL PIÙ GRANDE CANTIERE ATTUALMENTE PRESENTE  
IN ITALIA

*A cura del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti -  
Magistrato alle Acque di Venezia - tramite il suo concessionario  
Consorzio Venezia Nuova*





Acqua alta del 30 Novembre 2009 a Venezia.



Localizzazione delle bocche di porto nella laguna

**V**enezia è uno dei luoghi più preziosi e visitati al mondo, dove è conservato un inestimabile patrimonio monumentale, artistico, storico e culturale. La città, edificata poco sopra il livello del mare, si è sviluppata nel corso dei secoli su una serie di oltre 100 piccole isole, divise da una rete di circa 200 canali. Venezia è perciò indissolubilmente legata al territorio lagunare che la circonda e che si estende per una lunghezza di oltre 50 km e una larghezza media di 10 km. Mare e laguna sono separate da un cordone litoraneo di circa 60 km e comunicano tra loro attraverso le tre bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

### LE ACQUE ALTE

Le acque alte dagli inizi del '900 a oggi sono diventate sempre più frequenti e intense a causa dell'abbassamento del suolo e all'innalzamento del mare. Gli allagamenti comportano disagi agli abitanti e danni alle strutture architettoniche e edilizie ed è sempre presente, inoltre, il rischio di un evento catastrofico come quello del 4 novembre del 1966 quando Venezia, Chioggia e tutti gli altri centri abitati lagunari vennero completamente sommersi da oltre un metro d'acqua.

### IL PROGETTO MOSE

Per la protezione della città e del territorio lagunare è stato quindi progettato, ed è in fase di costruzione, il sistema Mose, realizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che opera a Venezia attraverso il Magistrato delle Acque. In particolare, l'esecuzione dei lavori è stata affidata al Consorzio Venezia Nuova, costituito da un gruppo di imprese esclusivamente italiane, che esprime un centro di eccellenza a livello internazionale nel settore delle grandi opere di ingegneria e delle opere idrauliche. Inoltre, alla costruzione del Mose è legata anche la rinascita dello storico Arsenale, dove si svolgeranno sia le attività di manutenzione e gestione dell'opera, sia quelle per il controllo dell'ecosistema lagunare. Grazie al Mose, l'Arsenale diverrà quindi un centro di ricerca, di produzione e di innovazione tecnologica tra i più avanzati, per quanto riguarda la difesa dal mare e la salvaguardia dell'ambiente.

### INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE

In futuro il fenomeno delle acque alte potrebbe aggravarsi per il previsto aumento del livello del mare come effetto dei cambiamenti climatici. Rispetto a questo problema, il Mose (insieme al rinforzo del cordone litoraneo) è stato progettato, secondo un criterio precauzionale, per fronteggiare un eustatismo fino a 60 cm, cioè superiore anche agli scenari

stimati di recente dalla comunità scientifica internazionale. Grazie alla flessibilità di gestione, il Mose può far fronte a un aumento delle acque alte in modi diversi in base alle caratteristiche e all'entità dell'evento di marea. Le strategie di difesa possono prevedere sia la chiusura contemporanea di tutte e tre le bocche di porto, in caso di evento eccezionale, sia, in alternativa e a seconda dei venti, della pressione e dell'entità di marea prevista, anche la chiusura differenziata delle bocche di porto o, ancora, chiusure solo parziali di ciascuna bocca, essendo le paratoie indipendenti l'una dall'altra. Il Mose rappresenta l'ultimo e più importante tassello del piano di interventi realizzato dal Magistrato alle Acque attraverso il Consorzio Venezia Nuova per la salvaguardia del territorio lagunare. La sua costruzione è stata preceduta da un programma di lavori che non ha uguali al mondo per l'ampiezza del territorio interessato, per la natura dei problemi affrontati, per l'estensione e le caratteristiche delle opere eseguite. Alcuni esempi sono gli interventi, già ultimati, per la difesa dalle mareggiate che hanno

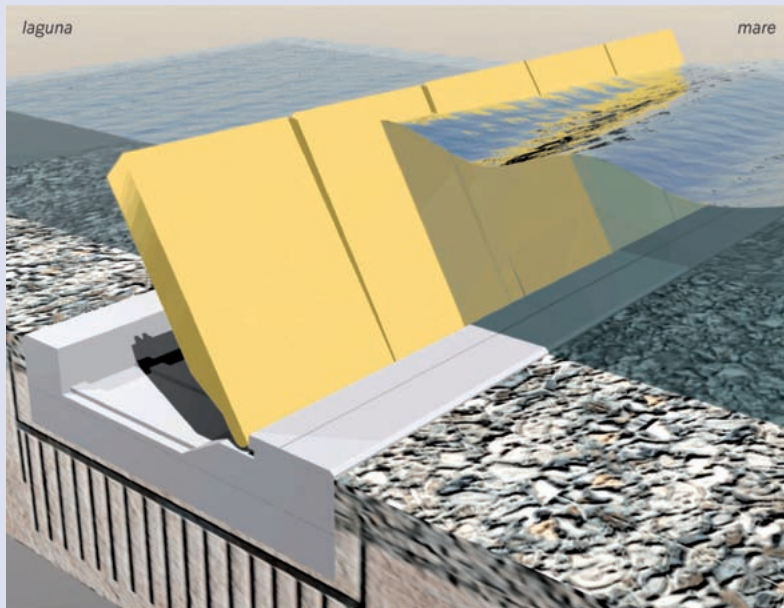
Acque alte superiori a 140 cm registrate a Venezia dal 1966 a oggi (cm)		Aumento della frequenza delle acque alte a Venezia dal 1901 al 2010 (numero di eventi uguali o maggiori di 110 cm, per decennio)	
4 novembre 1966	194	1901 - 1910	3
3 novembre 1968	144	1911 - 1920	3
17 febbraio 1979	140	1921 - 1930	2
22 dicembre 1979	166	1931 - 1940	8
1 febbraio 1986	159	1941 - 1950	6
8 dicembre 1992	142	1951 - 1960	18
6 novembre 2000	144	1961 - 1970	29
16 novembre 2002	147	1971 - 1980	31
1 dicembre 2008	156	1981 - 1990	28
23 dicembre 2009	144	1991 - 2000	45
25 dicembre 2009	145	2001 - 2010	64

comportato il rinforzo di 46 km di spiagge, i lavori per la tutela ambientale dell'ecosistema, con la messa in sicurezza di discariche e canali industriali di Porto Marghera (45 km) e con il ripristino di habitat caratteristici quali barene e bassifondali (oltre 1500 ettari).

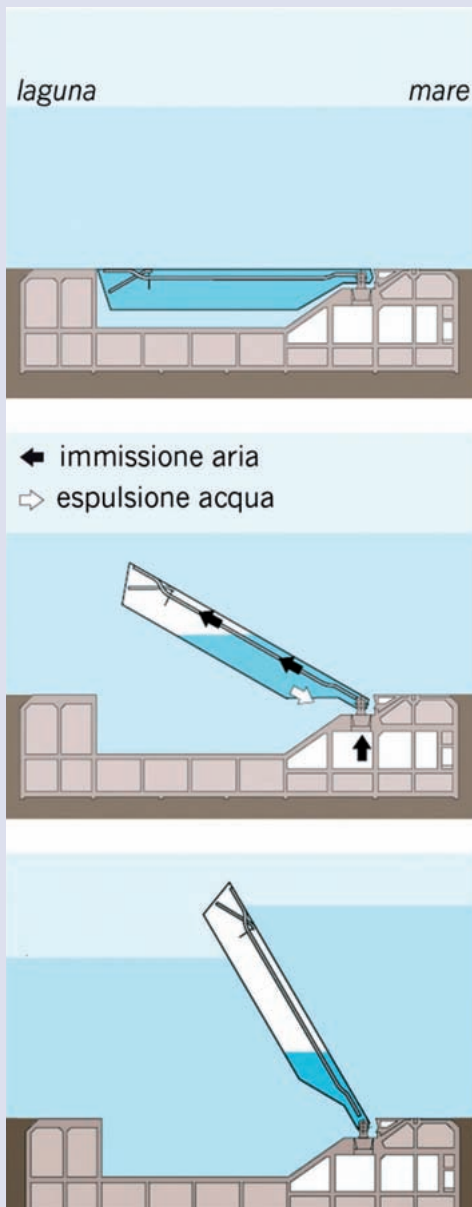
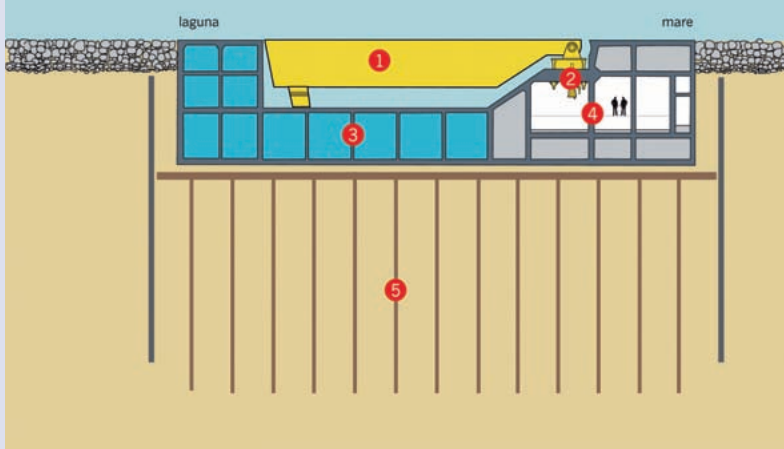
### COS'È E COME FUNZIONA

Il sistema Mose per la difesa di Venezia dalle acque alte è costituito da dighe mobili in grado di separare temporaneamente la laguna dal mare. Viene realizzato alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, ovvero nei tre varchi del cordone litoraneo attraverso i quali la marea si propaga in laguna. Il progetto prevede la realizzazione di dighe mobili

## Sistema Mose. Movimento delle paratoie



1. Paratoia
2. Cerniera
3. Sede della paratoia
4. Gallerie impianti
5. Elementi per consolidamento fondale



Il Mose è composto da schiere di paratoie che in condizioni normali di marea giacciono piene d'acqua, completamente invisibili, incernierate negli alloggiamenti sui fondali delle tre bocche di porto. Quando è prevista un'alta marea, le paratoie, svuotate dall'acqua con l'immissione di aria compressa, si sollevano fino ad emergere, creando una barriera continua che divide per tutto il tempo necessario il mare dalla laguna. Porti rifugio collegati a conche di navigazione consentono l'ingresso alle imbarcazioni quando le barriere sono alzate: conche per imbarcazioni da diporto e pescherecci a Lido e Chioggia, una conca per le grandi navi dirette al porto, a Malamocco.

Normalmente, le dighe restano sul fondo piene d'acqua. Quando si prevede un'acqua alta, nelle paratoie viene immessa aria compressa che le svuota dall'acqua e le fa sollevare fino a emergere, bloccando la marea in ingresso in laguna. Quando la marea cala, le paratoie vengono di nuovo riempite d'acqua e rientrano nella propria sede. Grazie alla flessibilità di gestione, il Mose può far fronte alle acque alte in modi diversi: con la chiusura contemporanea delle tre bocche di porto, in caso di eventi eccezionali; con la chiusura di una bocca per volta o, ancora, con chiusure parziali di ciascuna bocca (essendo le paratoie indipendenti l'una dall'altra), per le maree medio-alte. Non esistono vincoli funzionali al sollevamento delle paratoie. Queste possono essere alzate a qualsiasi livello venga deciso dalle procedure di gestione.

costituite da paratoie a spinta di galleggiamento, oscillanti e a scomparsa. In condizioni normali di marea, le paratoie, che sono delle specie di "pontoni", restano nei loro alloggiamenti sul fondale delle bocche di porto, senza modificare gli scambi tra mare e laguna e completamente invisibili. Si alzano solo quando è necessario bloccare la marea entrante ed evitare un allagamento della laguna e dei centri abitati. Attualmente è stabilito che le paratoie vengano messe in funzione per maree superiori a 110 cm in quanto, fino a tale quota, Venezia viene protetta con gli interventi di rialzo di rive e pavimentazioni. Il livello a cui le paratoie vengono sollevate può tuttavia essere modificato in relazione a nuove esigenze o a differenti condizioni di contesto. Verranno realizzate nel complesso 78 paratoie per le quattro schiere (Lido-Treporti 21; S. Nicolò 20; Malamocco 19; Chioggia 18), le cui dimensioni saranno variabili: tra 3,6 (schiera di Lido - Treporti) e 5 m (schiera di Chioggia) di spessore e tra 18,5 (schiera di Lido - Treporti) e 29,2 m (schiera di Malamocco); saranno invece di larghezza fissa, stabilita a 20 m. Compresi i tempi di manovra per il sollevamento e il successivo abbassamento delle paratoie (rispettivamente 30 e 15 minuti), saranno necessarie circa 4-5 ore per la chiusura delle bocche di porto. Questo sistema è stato dimensionato per sostenere un dislivello tra mare e laguna di 2 m, cioè una marea di 3 m (attualmente il più alto livello di marea registrato è pari a 1,94 m); le paratoie sono quindi in grado di far fronte anche a un rilevante aumento del livello del mare.

Infine è opportuno ricordare come i lavori siano funzionali a un'ottimizzazione della navigazione della laguna. Infatti, alla bocca di porto di Malamocco le opere del Mose comprendono una conca di navigazione per le grandi navi, in modo da garantire

l'operatività del porto, anche con le paratoie in funzione; alle bocche di Lido e Chioggia saranno invece realizzate conche più piccole per pescherecci, mezzi di soccorso e imbarcazioni da diporto.

## STATO DEI LAVORI

La realizzazione del Mose, che è parte del programma complessivo di recupero ambientale dell'ecosistema, è iniziata nel 2003 autorizzate dal "Comitatone", che ha la funzione di indirizzo, coordinamento e controllo delle attività per la salvaguardia di Venezia e si concluderà nel 2014. La decisione è stata assunta con la collaborazione di tutti i livelli di Governo (Stato, Regione del Veneto, Enti locali), al termine di un articolato iter progettuale durante il quale il Mose è stato confrontato con soluzioni alternative diverse e scelto e approvato dagli organismi tecnici di controllo e dalle Istituzioni competenti. L'atto contrattuale tra Stato e Consorzio Venezia Nuova ha, inoltre, introdotto il criterio del "prezzo chiuso" per il completamento del sistema Mose. Dunque il contratto con lo Stato definisce tempi e costi di realizzazione in relazione a un flusso di finanziamenti articolato e definito.

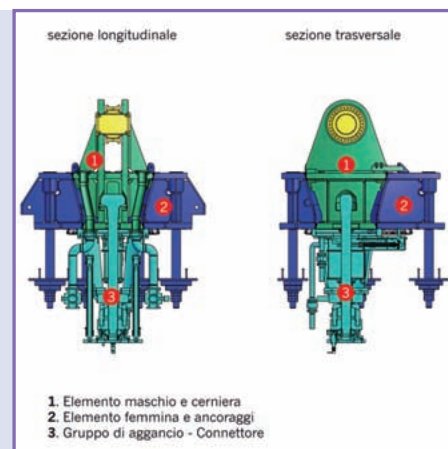
## I CANTIERI

A oggi i lavori, che procedono contemporaneamente alle tre bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, hanno un avanzamento di oltre il 60%. I cantieri sono organizzati per ricevere materiali, macchinari e personale quasi interamente via mare, per non interferire con il fragile territorio litoraneo. Inoltre, al fine di non interferire con le attività economiche, marittime e portuali, i lavori vengono svolti senza interrompere mai la transitabilità dei canali.

## Le cerniere



Elemento fondamentale per il funzionamento del sistema di difesa, il gruppo cerniera-connettore vincola le paratoie alle strutture di fondazione, ne consente il movimento di sollevamento e di rientro e ne assicura la connessione funzionale con le parti impiantistiche. La loro produzione è attualmente in corso, complessivamente saranno realizzate 156 gruppi cerniera-connettore, due per ciascuna paratoia, più gli elementi di riserva. Le cerniere, interamente in acciaio, sono costituite da un elemento maschio connesso alla paratoia, da un elemento femmina vincolato al cassone di alloggiamento della paratoia e da un gruppo di aggancio che unisce saldamente il maschio e la femmina. Le cerniere servono a vincolare le paratoie ai cassoni di alloggiamento, inoltre consentono il movimento delle paratoie per sollevarle in caso di acqua alta e assicurano infine la connessione tra le paratoie e gli impianti per il funzionamento delle barriere.



## Il cantiere

### BOCCA DI PORTO DI CHIOGGIA

All'esterno della bocca di porto è ultimata la scogliera curvilinea, lunga circa 500 m.

Sono, inoltre, quasi ultimati i lavori che interessano il lato nord della bocca, dove si sta realizzando un porto rifugio protetto dotato, in questo caso, di una doppia conca di navigazione che garantirà il transito in laguna a un numero molto elevato di pescherecci quando le paratoie saranno in funzione, in caso di acque alte. Il bacino lato mare del porto rifugio è stato "impermeabilizzato" e svuotato dall'acqua ed è attualmente utilizzato come area provvisoria per la costruzione dei cassoni di alloggiamento delle paratoie, analogamente a quanto avviene a Lido nord. Sono in avanzata fase di realizzazione anche le opere di "spalla" della schiera di paratoie.

Nel canale di bocca sono completati gli interventi di predisposizione dell'area dove verranno installate le barriere di paratoie e le opere per il consolidamento del fondale sottostante.



## Il cantiere

### BOCCA DI PORTO DI LIDO

La linea di costa che delimita a nord la bocca di porto (Cavallino-Treporti), è stata ampliata e ridisegnata con la costruzione di un ampio porto rifugio costituito da due bacini, vasti specchi d'acqua protetti che consentiranno il ricovero e il transito, attraverso la conca di navigazione, delle piccole imbarcazioni e dei mezzi di soccorso quando le paratoie saranno alzate in caso di acqua alta, a chiudere il canale d'accesso in laguna.

Al centro della bocca di porto, è già stata realizzata la nuova isola che servirà da struttura intermedia fra le due schiere di paratoie mobili previste per questa bocca, data la sua ampiezza e la presenza di due canali con profondità diverse. L'isola ospiterà gli edifici e gli impianti per il funzionamento delle opere, la cui realizzazione è già iniziata. Sono in corso anche le strutture per le "spalle" delle due schiere di paratoie.

Lungo il lato sud della bocca di porto (San Nicolò), il molo esistente è stato ampliato per evitare sifonamenti e sormonti d'acqua quando le paratoie saranno alzate a chiudere la bocca di porto e sono molto avanzate le strutture di "spalla" della schiera di paratoie che sorgerà nel canale sud (S. Nicolò) della bocca. In entrambi i canali di questa bocca, si sono conclusi gli interventi di predisposizione dell'area dove verranno installate le paratoie e la protezione dei tratti di fondale adiacenti. Inoltre è sostanzialmente ultimato il consolidamento del fondale sottostante.

Sul lato nord, sono quasi completati i cassoni di alloggiamento delle paratoie che sono stati costruiti in un'area di cantiere provvisoria ricavata dal bacino lato mare del porto rifugio temporaneamente "impermeabilizzato" e svuotato dall'acqua.



Quando i cassoni saranno ultimati, il sito verrà di nuovo allagato, e le strutture di alloggiamento saranno varate e collocate nelle loro sedi nel fondale di bocca. A lavorazioni ultimate, l'area sarà di nuova riempita d'acqua e fungerà da bacino lato mare del nuovo porto rifugio.

All'esterno della bocca di porto è in corso la scogliera curvilinea, lunga circa 1000 m.







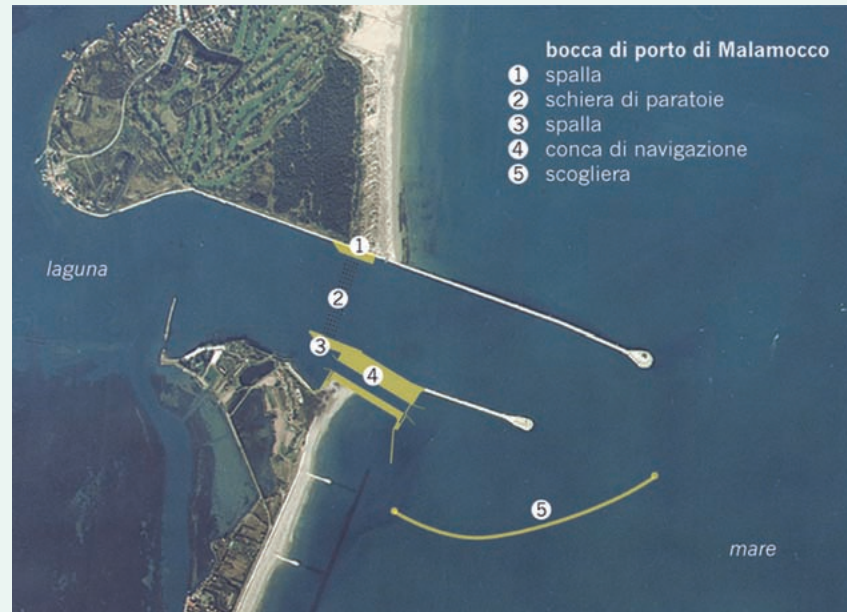
*Il cantiere*

BOCCA DI MALAMOCCO

All'esterno della bocca è già stata ultimata una scogliera curvilinea, lunga circa 1.300 m, che ha la doppia funzione di smorzare la vivacità delle correnti di marea e di creare un bacino di acque calme a protezione della conca di navigazione per le grandi navi dirette a Marghera, in corso di realizzazione. La presenza della conca di navigazione eviterà qualsiasi interferenza negativa con le attività portuali quando le paratoie saranno in funzione. A lato della conca, è stata allestita un'area provvisoria di cantiere dove è in corso la costruzione dei cassoni di alloggiamento delle paratoie per le schiere di Malamocco e Lido San Nicolò. Al termine della costruzione, i cassoni saranno varati tramite un sistema Syncrolift e trasportati nelle loro sedi nei fondali delle bocche di porto.

Su entrambe le sponde, sono già avanzate le strutture di "spalla" della schiera di paratoie.

Nel canale di bocca, sono quasi ultimati gli interventi di predisposizione dell'area dove verranno installate le paratoie e il consolidamento del fondale sottostante, mentre è ultimata la protezione dei tratti adiacenti, per evitare fenomeni erosivi.





### **INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELLE NUOVE OPERE**

Per le tre bocche, ridisegnate dal Mose, sono previsti anche interventi di inserimento paesaggistico delle nuove strutture: aree verdi, percorsi pedonali ed altre strutture andranno a valorizzare questi nuovi spazi e a renderli fruibili da veneziani e turisti. Il Mose diventa parte integrante del paesaggio di confine tra mare e laguna. Il resto dell'opera, quella che sta sott'acqua, non turberà né la vista né i naviganti: invisibili sul fondale le paratoie saranno pronte di sollevarsi per creare una barriera all'acqua alta e proteggere una città.

### **MANUTENZIONE E GESTIONE**

Nel 2006 con la concessione da parte del Demanio al Consorzio Venezia Nuova di parte dell'Arsenale nord, si è andato a definire uno degli insediamenti più importanti per quest'area destinato alle attività di gestione, controllo operativo e manutenzione del sistema Mose, ma anche al monitoraggio e al mantenimento funzionale dell'intero ecosistema lagunare. Queste attività rappresentano per Venezia e l'Arsenale un'occasione strategica di grandissimo rilievo rispetto all'attivazione e all'organizzazione di professionalità qualificate, confermando e ampliando un processo di sviluppo occupazionale già attivato con le opere in corso per la realizzazione del Mose. La riconversione dell'Arsenale nord come sede di attività di ricerca e produzione è destinata ad avere importantissime ricadute economiche per l'intera città storica e per il territorio nel suo complesso. Questo complesso di interventi in laguna, in corso da più di vent'anni è oggi attuato all'85%. Il Mose

è un fondamentale tassello del piano di interventi per la salvaguardia della laguna in corso da anni nell'intero bacino lagunare, che ha comportato la realizzazione di opere per la difesa dalle mareggiate e per la tutela ambientale dell'ecosistema, con la messa in sicurezza di discariche e canali industriali di Porto Marghera e il ripristino di habitat caratteristici quali barene e bassifondali in controtendenza con l'attuale situazione di recessione.

*Si ringraziano per i materiali e le immagini fornite il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Magistrato alle Acque di Venezia - tramite il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova*

### **I soggetti coinvolti**

Il Magistrato alle Acque di Venezia è un istituto periferico del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, tra le sue competenze vi è l'attuazione delle attività per la salvaguardia di Venezia e della sua laguna secondo la legislazione la Speciale per Venezia. La realizzazione delle opere è stata affidata a un soggetto unitario in grado di operare, secondo una visione sistemica dell'ecosistema lagunare, con un'azione complessiva che integra la protezione dalle acque alte con il ripristino del patrimonio naturale lagunare. Tale soggetto è il Consorzio Venezia Nuova, composto da imprese italiane a livello nazionale e locale, sulla cui azione il Magistrato svolge il ruolo dell'alta sorveglianza.

# CALCESTRUZZI

**RESISTENZA A CLORURI, SOLFATI E ALL'AZIONE MECCANICA DELLE ONDE.**  
UN PRODOTTO APPOSITAMENTE SVILUPPATO PER IL MOSE E FORNITO  
DA UN **IMPIANTO COSTRUITO IN LOCO**

**I**l Mose è il più grande cantiere di ingegneria idraulica del mondo, impegna circa 3.000 addetti diretti e indiretti e dovrebbe divenire operativo nel 2014. Il sistema di difesa della laguna di Venezia prevede la realizzazione di schiere di paratie mobili a scomparsa, il rafforzamento dei litorali, il rialzo delle rive e pavimentazioni e la riqualificazione della laguna stessa. Gli interventi rappresentano il più imponente programma di difesa, recupero e riqualificazione dell'ambiente che lo Stato italiano abbia mai intrapreso.

L'opera, del valore complessivo di circa 4.700 milioni di euro, vede impegnati il Consorzio Venezia Nuova in qualità

di committente, Grandi Lavori Fincosit come general contractor e Calcestruzzi per la fornitura di Marine Concrete, il calcestruzzo per applicazioni specifiche appositamente sviluppato per l'uso in ambienti marini o esposti a condizioni ambientali soggette all'azione corrosiva del mare o dell'aria. La realizzazione del Mose richiede una produzione di circa 220.000 metri cubi di calcestruzzo, un quantitativo imponente se si pensa che un palazzo di 6 piani richiede circa 5.000 metri cubi. Tuttavia particolare attenzione è stata posta dal progettista all'impiego di calcestruzzi a prestazioni specifiche.

Dopo attente verifiche il progettista ha deciso di utilizzare





Marine Concrete per la realizzazione dei muri perimetrali e centrali dei cassoni destinati ad essere posati direttamente in mare. Si tratta di un calcestruzzo innovativo a valore aggiunto sviluppato dal Centro Ricerca e Innovazione del Gruppo Italcementi.

È in grado di resistere a diverse azioni corrosive quali quelle esercitate da cloruri e solfati, dall'azione meccanica esercitata dalle onde e dal conseguente azione del bagnasciuga. Disponibile in RCK da 40, 45 e oltre 50 è in grado di garantire una vita di esercizio delle opere di circa 100 anni. I cassoni rinforzati con barre di acciaio realizzati con Marine Concrete sono complessivamente 18, ciascuno dell'imponente misura di 60 x 35 metri.

Per far fronte agli elevati volumi richiesti dall'opera, Calcestruzzi ha installato un impianto di betonaggio in sito sul litorale dell'isola di Palestrina all'interno dell'area di cantiere composto da 2 impianti mobili Supermobimix Simem munito di premiscelatore Premix e a doppia bocca di carico per una capacità produttiva per singolo impianto di 65 metri cubi l'ora. L'impianto di betonaggio è sottoposto al controllo e alla certificazione della produzione ISO 9001 e rispetta pienamente le prescrizioni contenute nelle specifiche tecniche Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Il Marine Concrete prodotto negli impianti di betonaggio di Calcestruzzi a Palestrina viene immesso a ciclo continuo nelle autobetoniere che dopo un breve tragitto lo scaricano direttamente nei cassoni.

Una volta stagionati, i cassoni vengono posati direttamente in mare per la realizzazione dell'opera. Grazie al dispositivo industriale del Gruppo Italcementi, il cemento prodotto dalla

cementeria di Calusco d'Adda (Bg) e Trieste arriva a Porto Marghera e da lì raggiunge direttamente via mare l'impianto di produzione del calcestruzzo. Grazie a questa soluzione è stato completamente eliminato il traffico di autoarticolati su ferry boat e su strada. Lo stesso principio vale anche per le forniture di inerti.

### La ricerca

Marine Concrete è stato messo a punto nel Laboratorio di Brindisi una struttura collegata al Centro Ricerca e Innovazione della sede centrale di Bergamo del Gruppo Italcementi. È un centro dedicato allo sviluppo di tecniche e materiali per l'incremento dell'affidabilità e della durabilità delle grandi infrastrutture. È strutturato in termini di personale ed attrezzature in modo da poter intraprendere progetti sia a breve, medio che a lungo termine (progettazione e sviluppo di prodotto, studio e sviluppo di nuovi materiali). Dal 2000 ha condotto un progetto di ricerca e sviluppo, in collaborazione con l'Università Federico II di Napoli, per migliorare le conoscenze e le tecniche inerenti la "Durabilità delle strutture in calcestruzzo armato esposte all'ambiente marino e lagunare a clima temperato". I risultati di questa ricerca hanno portato alla messa a punto del Marine Concrete

# LATERLITE

**CALCESTRUZZO LEGGERO STRUTTURALE IN ARGILLA ESPANSA**  
PER IL SISTEMA MOSE. LEGGEREZZA E RESISTENZA PER LA **SALVAGUARDIA**  
DI VENEZIA E DELLA LAGUNA

Il Mose consente di separare la laguna dal mare, in previsione di acqua alta, attraverso un sistema costituito da schiere di paratoie installate nel fondale delle bocche di porto. Queste ultime rimangono sul fondo, senza modificare gli scambi tra mare e laguna rimanendo quindi invisibili, per poi emergere in caso di pericolo bloccando la marea in ingresso in laguna.

Le paratoie, nel numero complessivo di 78, sono alloggiare all'interno di speciali cassoni che, a seconda della bocca di porto, vengono trasportati dall'area di cantiere sino alla loro posizione definitiva. Nel 2013, in anticipo di un anno rispetto alla conclusione di tutti i lavori iniziati nel 2003, alla bocca

di Lido lato nord è prevista l'installazione di una prima parte della schiera di paratoie mobili (3 paratoie – 1 struttura di alloggiamento). Si tratta di un passaggio fondamentale per ottimizzare le modalità esecutive delle lavorazioni che portano al suo funzionamento, con vantaggi per la successiva realizzazione delle altre barriere.

La speciale conformazione della bocca di porto di Lido, con la presenza dell'isola intermedia tra le due estremità dell'immissione in laguna, ha determinato la necessità di realizzare due schiere di paratoie denominate Lido-S. Nicolò (lato ovest) e Lido-Treporti (lato est).

In particolare per quest'ultima, il progetto prevede la





costruzione di otto cassoni, per l'alloggiamento delle paratoie mobili, successivamente da varare e collocare trasversalmente alla bocca di ingresso.

In relazione alle importanti dimensioni dei cassoni, lunghi ca. 70 m, larghi ca. 36 m e alti ca. 8,70 m, il peso di ogni singolo elemento (ca. 18.000 ton) è determinante per il loro galleggiamento, necessario per il loro trasporto dall'area di cantiere al fondo della bocca di porto.

Ecco che l'elemento peso è stato determinante nella scelta delle soluzioni tecniche per la costruzione dei cassoni; in particolare l'impiego del calcestruzzo, elemento strutturale di riferimento, è stato attentamente studiato tanto che in alcune sue parti è stato sostituito con calcestruzzo strutturale leggero per ridurre il peso complessivo.

La soluzione tecnica leggera non poteva prescindere dalla componente resistenza, necessaria per assolvere alle funzioni statiche generali; l'obiettivo quindi dei progettisti è stato quello di individuare un calcestruzzo che potesse coniugare leggerezza (densità a fresco inferiore a 1500 kg/m<sup>3</sup>) e resistenza (media a compressione cubica superiore a 18 N/mm<sup>2</sup>). La scelta tecnica ha visto prevalere l'impiego di argilla espansa Leca, aggregato di riferimento per queste tipologie esecutive da oltre 40 anni in Italia; Laterlite ha quindi messo a disposizione dell'impresa Mantovani la propria esperienza e professionalità per studiare e produrre uno speciale calcestruzzo che avesse le caratteristiche e prestazioni richieste unitamente all'esigenza di essere premiscelato in sacco, per specifiche esigenze cantieristiche.

Il calcestruzzo impiegato, una variante del noto "Leca CLS 1400" presente sul mercato da oltre 15 anni, ha quindi

permesso di ridurre il peso del calcestruzzo di oltre 1 ton al m<sup>3</sup> (rispetto a quello tradizionale).

Il calcestruzzo premiscelato in argilla espansa Leca è stato impiegato per la formazione delle gallerie interne ai cassoni, due per elemento, posto in opera nello spessore di ca. 40 cm a tutta lunghezza (ca. 60 m) attraverso pompaggio pneumatico per facilitare e velocizzare le attività esecutive.

La fornitura complessiva, pari a ca. 2000 m<sup>3</sup>, si è realizzata tra l'agosto 2010 ed il febbraio 2011, con precise tempistiche esecutive dettate dall'avanzamento generale dei lavori.

Il ridotto peso del calcestruzzo premiscelato in argilla espansa Leca si è rivelato determinante nell'equilibrio generale dei pesi degli elementi; infatti il varo prevede l'allagamento dell'area di cantiere contenente i cassoni ed il conseguente loro galleggiamento a ca. 70 cm dal fondo, emergendo quindi dal pelo libero dell'acqua per circa la stessa quota.

L'esigenza di galleggiamento, con quote molto precise, è dettata dalla profondità del mare ridotta rispetto a quella delle altre bocche, pari a soli 8 m, con la conseguente maggiore leggerezza dell'intera struttura.

I cassoni, una volta varati e posizionati nella loro sede finale, saranno uniti "di testa" con speciali giunzioni elastiche a tenuta; le paratoie, già montate sui cassoni, svolgeranno il loro ruolo di difesa della laguna attraverso un complesso sistema idraulico che immetterà aria compressa al loro interno (per l'innalzamento ed emersione) ed acqua (per il loro ricollocamento in sede).

La zona di cantiere, una volta varati i cassoni, diventerà porto rifugio per il transito delle imbarcazioni medio - piccole all'interno della laguna veneta.