





## Chiusure mobili all'imbocco dei rii

La progettazione delle chiusure mobili all'imbocco dei rii si riferisce ovviamente all'alternativa progettuale con paratoie.

Il progetto si è sviluppato attraverso le seguenti fasi:

- scelta del tipo di paratoia per le chiusure mobili all'imbocco dei rii;
- individuazione dei parametri dimensionali ottimali e della localizzazione più idonea all'imbocco dei rii per l'installazione della paratoia;
- valutazione delle modifiche planimetriche necessarie;
- analisi dei criteri per la gestione;
- progettazione delle opere principali e complementari.

Le numerose tipologie di paratoia esistenti possono essere raggruppate, sulla base del principio di funzionamento, in quattro categorie (vedi schema in calce).

I criteri assunti per la scelta sono stati prevalentemente orientati al soddisfacimento di requisiti di natura operativa, gestionale e paesaggistica in quanto i parametri dimensionali, idrostatici e idrodinamici in gioco non rappresentavano un criterio significativo di scelta.

I requisiti considerati si possono così riassumere:

- massima affidabilità del sistema riscontrata in impieghi analoghi;
- rapidità nei tempi di manovra;
- minima durata dei tempi di manutenzione che incidono, nei tempi totali di chiusura dei rii, in misura prevalente rispetto ai tempi di esercizio;
- minimo ingombro planimetrico e altimetrico delle opere civili di alloggiamento;

- minimo impatto visivo in fase di riposo delle opere meccaniche.

### Scelta del tipo di paratoie

L'esame della rispondenza dei diversi tipi di paratoia ai requisiti progettuali imposti ha condotto all'identificazione di tre possibili impieghi:

- paratoia piana a doppio battente o porta vinciana;
- paratoia a ventola fissa;
- paratoia a segmento a scomparsa.

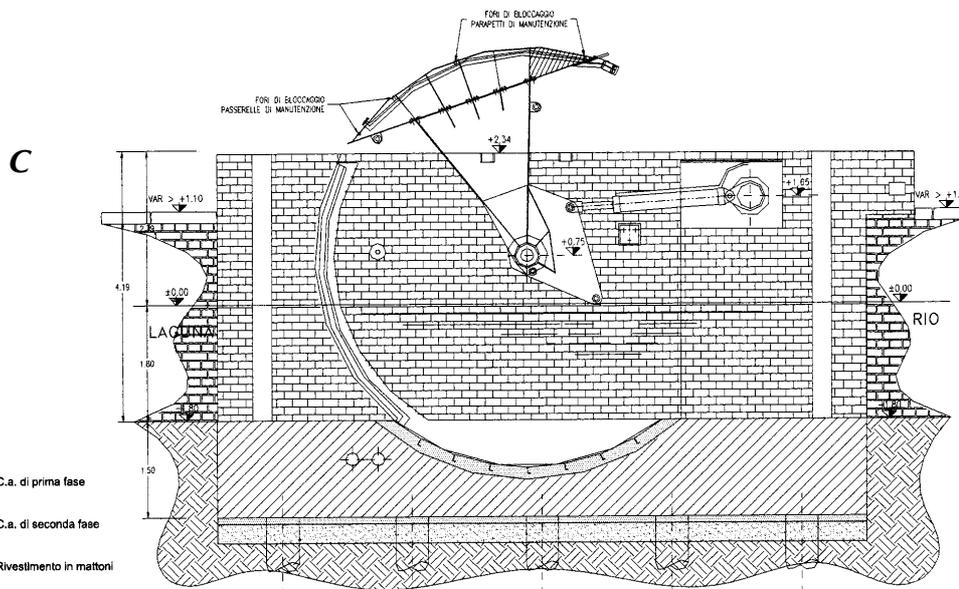
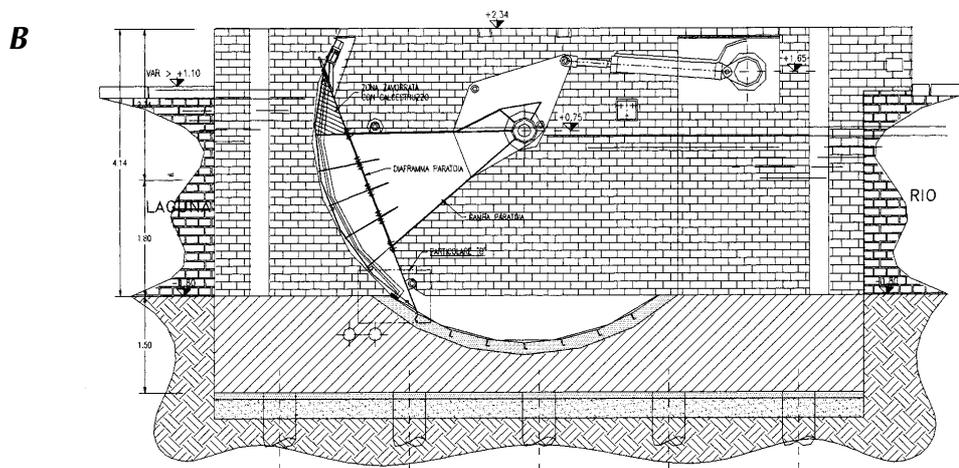
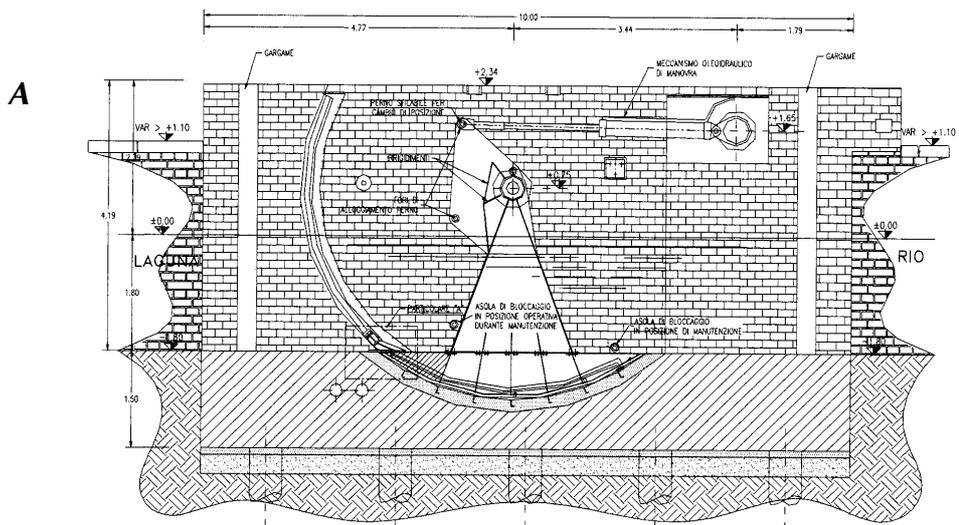
Un'ulteriore dettagliata analisi dei pregi e degli inconvenienti specifici delle tre tipologie ha condotto alla scelta finale della paratoia a segmento a scomparsa.

La motivazione principale sta sicuramente nel vantaggio di non dover effettuare all'asciutto gli interventi di manutenzione su quelle parti fisse e mobili dello sbarramento che sono abitualmente immerse (operazione che è invece indispensabile per la paratoia a ventola e per quella vinciana). Sono evidenti i risparmi economici che derivano dall'eliminazione della lunga e laboriosa operazione di panconatura e dalla conseguente riduzione dei tempi di lavoro, così come i vantaggi indiretti, quali la minore interferenza con la navigazione e il minore disturbo arrecato ai residenti.

Rispetto alla porta vinciana, la manovra di chiusura risulta intrinsecamente più garantita anche in presenza di corpi estranei di forma e dimensioni particolari. Rispetto alla paratoia a ventola esiste il vantaggio di un cinematismo più semplice e diretto. Inoltre, per la paratoia a segmento, gli organi di rotazione (perni, boccole) sono ubicati al di sopra del livello medio mare e ciò contribuisce senza

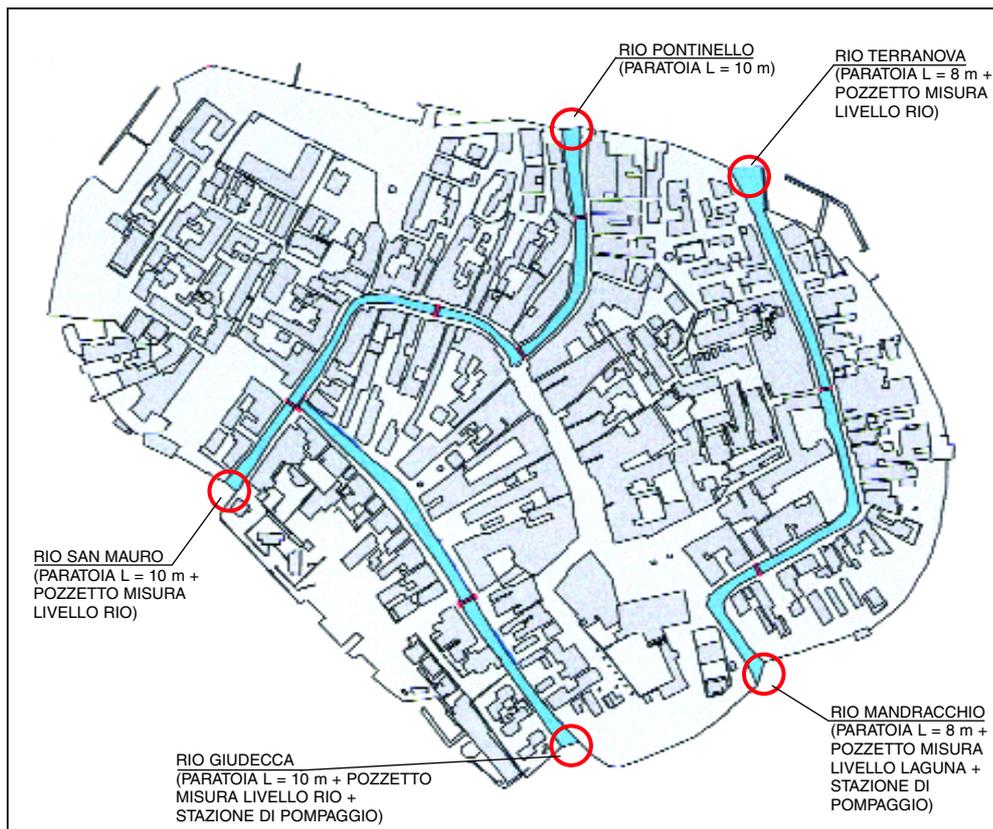
a rotazione attorno a un asse verticale	a rotazione attorno a un asse orizzontale	a traslazione	composta almeno in parte da fibre sintetiche
piane a singolo battente	a ventola fissa	piane a ghigliottina	a cuscino
piane a doppio battente (vinciane)	a ventola oscillante	piane basculanti	a galleggiante a vela
a settore	a segmento	a scorrimento su rotaie	a soffietto
	a segmento a scomparsa	a cassone emergente	
	a tamburo	a barca-porta	
	a trappola d'orso		

**Tipologie di paratoia raggruppate per principio di funzionamento**



- Legenda**
-  C.a. di prima fase
  -  C.a. di seconda fase
  -  Rivestimento in mattoni

**Paratoia in posizione di riposo (A), operativa (B), di manutenzione (C)**



**Localizzazione  
delle  
paratoie**

dubbio a rendere più affidabile il sistema. La configurazione attuale degli imbocchi dei canali non risulta, ovviamente, idonea all'installazione delle paratoie e richiede, in ogni caso, una modifica planimetrica del profilo di sponda per realizzare il parallelismo tra le opposte rive. Tale necessità, accompagnata da valutazioni sullo stato attuale dei luoghi con particolare riferimento alla presenza di edifici e alle attuali larghezze esistenti, ha condotto all'individuazione dell'impiego di tre chiusure aventi luce di 10 m e due chiusure di 8 m la cui localizzazione è rappresentata nella mappa. Gli sbarramenti dei rii della Giudecca e di Mandracchio saranno dotati di stazioni di pompaggio aventi la funzione di regolare il livello interno dei rii in caso di situazioni meteorologiche critiche o, come oltre descritto, in situazioni di imprevisto aumento del livello di marea rispetto alle previsioni. Come è possibile rilevare dalle planimetrie, due dei cinque imbocchi richiedono l'esecuzione di significative modifiche planimetriche che consistono in un caso nella rotazione del molo di accesso al rio di Terranova e nell'altro nel prolungamento dell'accesso al rio di San Mauro di 7 m circa, sul lato dell'isola omonima, per consentire l'inserimento della paratoia a distanza di non interferenza con gli edifici esistenti.

La realizzazione delle opere civili necessarie per l'alloggiamento delle paratoie richiede una quota assoluta in sommità pari a +234 cm, per una larghezza di 170 cm e una lunghezza di 10,74-13 m. Il manufatto si configura, quindi, come un parallelepipedo in muratura che emerge dalla pavimentazione a quota analoga a quella di altri parapetti in muratura esistenti, ma con una profondità di 170 cm.

### **Struttura e funzionamento delle paratoie**

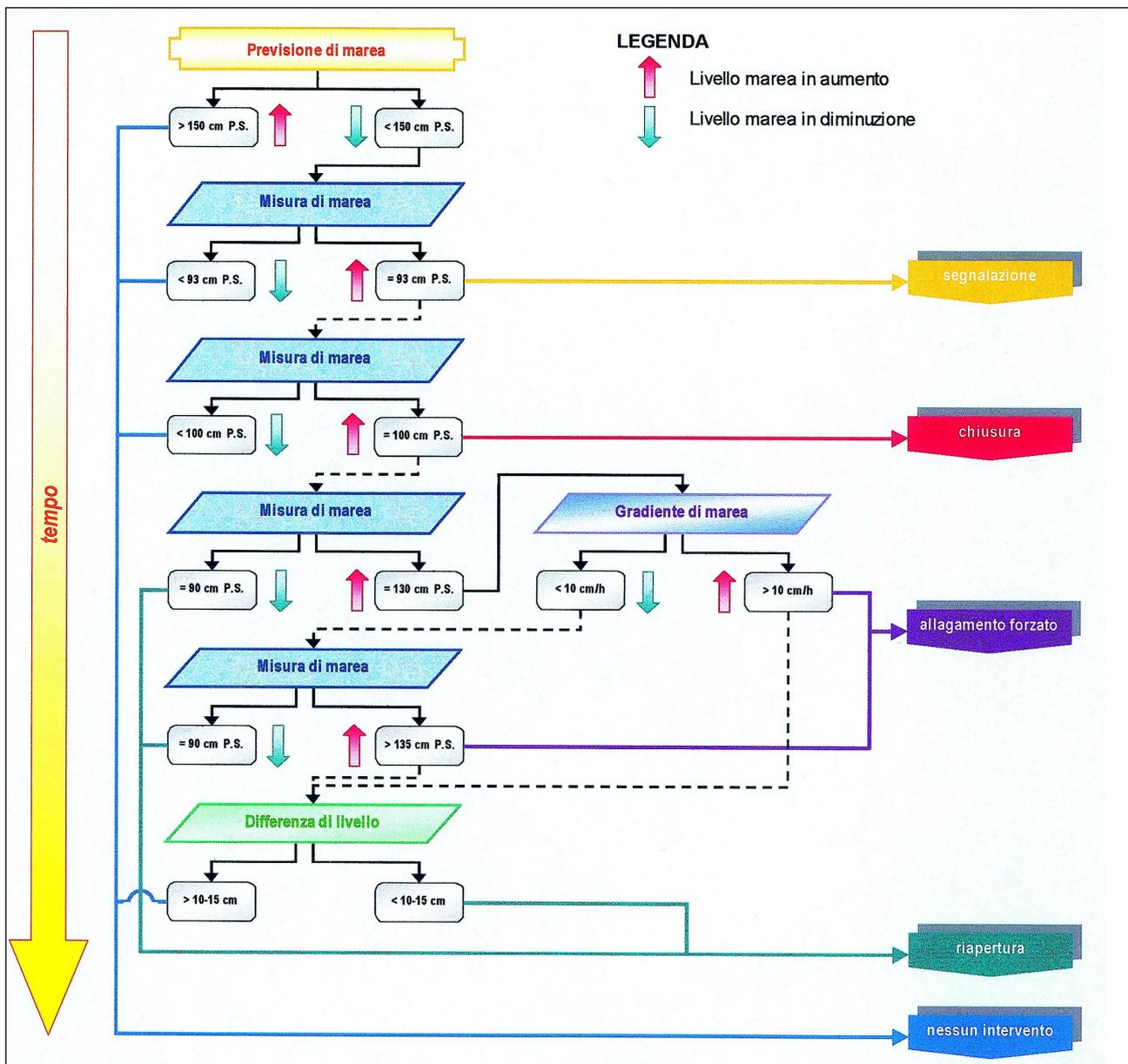
Le paratoie a segmento a scomparsa sono composte da due parti, una mobile e una fissa.

La parte mobile è costituita da:

- un mantello in lamiera di acciaio a forma cilindrica opportunamente irrigidito;
- due gambe in lamiera di acciaio collegate al mantello e che proseguono oltre i mozzetti di alloggiamento delle boccole autolubrificanti e inglobano le leve di manovra.

La parte fissa è costituita da:

- un telaio di controsede sulla soglia e sulle fiancate laterali;
- una struttura in lamiera di acciaio a profilo cilindrico che costituisce il recesso del diaframma in posizione di riposo;
- due perni di rotazione ancorati alle strutture laterali.



**Procedura di gestione delle opere mobili**

Due cilindri oleodinamici fulcrati su due cerniere fissate ai muri laterali e collegati alle leve di manovra imprimono alla paratoia la coppia necessaria per la manovra.

Il raggiungimento della posizione di manutenzione si ottiene agganciando, per mezzo di idonei dispositivi, la paratoia in posizione di esercizio alle pareti laterali. Si scollegano le aste dei due cilindri dalle leve di manovra e si ricollegano agli appositi fori di alloggiamento per poter effettuare l'ulteriore corsa che consente alla paratoia di emergere completamente.

In conseguenza della presenza di due sistemi di rii che attraversano Burano, tra loro indipendenti, si

rende necessaria la realizzazione di due stazioni di pompaggio per eliminare i volumi idrici dovuti a eventi meteorici significativi durante la fase di esercizio. Tali stazioni verranno realizzate a fianco delle opere di alloggiamento delle paratoie agli imbocchi dei rii di Mandracchio e della Giudecca e saranno totalmente interrate.

Ogni stazione è dotata di tre elettropompe sommergibili con girante a elica ad asse orizzontale con portata di 350 l/s ciascuna nella prima stazione e di 700 l/s ciascuna nella seconda, dimensionate per una portata meteorica affluente che è stata valutata rispettivamente di 0,6 mc/s e 1,4 mc/s.

La velocità di flusso è stata contenuta entro il valore

di 30-40 cm/s, sia in ingresso che in uscita, attraverso le bocche di presa e sbocco dimensionate in 5x1 mq circa.

Il margine superiore delle stesse si colloca a quota -0,50 cm P.S.

L'alimentazione del sistema avverrà tramite:

- rete Enel, che costituisce l'alimentazione primaria normale di base di tutto il sistema di difesa dalle acque alte e degli altri impianti previsti sull'isola;
- gruppo elettrogeno asservito agli utilizzatori industriali di potenza, costituiti generalmente da motori asincroni, per i quali, nel caso di interruzione dell'alimentazione Enel, è ammessa una breve discontinuità di servizio durante il tempo di manovra dalle apparecchiature di commutazione;
- gruppo statico di continuità asservito alle strumentazioni di misura, agli utilizzatori di supervisione e telecontrollo, al sistema di controllo video, alle apparecchiature di protezione e sicurezza di cabina elettrica, per i quali è richiesta la continuità di alimentazione e la stabilità della tensione di rete.

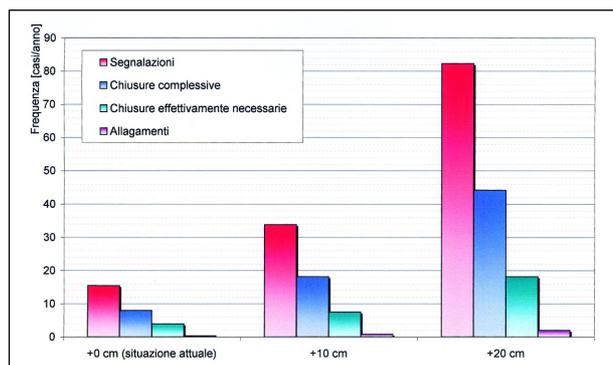
La distribuzione è prevista con collegamenti a doppio radiale per le utenze vicine al punto di alimentazione e ad anello per le più lontane per una potenza complessiva impiegata di 200 KW.

L'alimentazione sarà centralizzata con attacco alla rete Enel in media tensione a 20 KV e trasformazione in bassa con secondario a 400/230 V. Tali utenze sono costituite da impianti asserviti:

- agli sbarramenti di chiusura dei rii per la difesa dell'abitato dalle acque alte;
- alla misura dei livelli del mare in laguna e nei rii interni;
- alle stazioni di pompaggio attigue alle paratoie, per il controllo e la regolazione del livello interno dei canali e per l'allagamento programmato dell'abitato in condizioni di acqua alta eccezionale;
- al rilancio e convogliamento delle acque nere;
- allo scarico delle acque meteoriche della rete fognaria in laguna;
- al telecontrollo dei sistemi di chiusura agli sbocchi dei rii e dei vari sistemi di pompaggio previsti;
- al monitoraggio video attraverso TVCC delle manovre degli sbarramenti.

### **Gestione delle chiusure mobili**

Sulla base delle motivazioni altrove evidenziate le chiusure mobili entreranno in esercizio a quota



### **Numero delle chiusure delle paratoie in tre differenti scenari di innalzamento del medio mare**

+100 cm e la quota di salvaguardia che riusciranno a garantire sarà di +135 cm, anche se la quota di sbarramento delle stesse è +170 cm e quella minima del perimetro dell'isola +145 cm.

Le fasi di gestione saranno articolate in funzione delle previsioni di marea, delle quote di marea e del gradiente di marea.

Appare opportuno rilevare che le complessità di gestione derivano dall'esistenza di un livello di difesa che risulta inferiore a quello raggiunto da eventi già verificatisi (circa una volta ogni 3 anni) e dalle possibili imprecisioni sulle previsioni di marea che si possono verificare soprattutto in specifiche aree lagunari. Tali imprecisioni, accompagnate dalla presenza di moto ondoso, determinano un margine di incertezza di 35 cm circa, che risulta non trascurabile rispetto all'ampiezza dell'intervallo di operatività delle paratoie.

Nell'istogramma riportato sopra è evidenziato il numero delle segnalazioni di alta marea, delle chiusure delle paratoie e degli allagamenti in corrispondenza di tre scenari di innalzamento del medio mare.

Si ritiene, comunque, di aver considerato e sviluppato nel progetto definitivo tutte le soluzioni tecniche per l'esercizio e il controllo necessarie al conseguimento di una corretta e sicura gestione delle opere.

Tale aspetto assume rilevanza particolare nei casi in cui si possa verificare in modo inatteso, a paratoie in esercizio, un evento di tracimazione lungo il perimetro dell'isola. Tale evento comporterebbe un allagamento dell'intero bacino interno in tempi notevolmente inferiori a quelli naturali. L'acqua inoltre, costretta lungo le strette calli, potrebbe acquisire una velocità non irrilevante. Onde evitarne le conseguenze si è previsto di non procedere alla chiusura delle paratoie qualora le previsioni di

marea, al raggiungimento di quota +100 cm, siano superiori a +150 cm, ovvero di attivare una procedura di allagamento artificiale dell'isola dopo il raggiungimento di livello della marea pari a +130/135 cm. Tale allagamento, opportunamente segnalato, avverrà con tempi e modalità analoghi a quelli naturali ai quali la popolazione è abituata. Il possibile verificarsi di questa ipotesi ha suggerito di mantenere entro certi limiti il dislivello tra bordo esterno e quote interne più depresse (50 cm circa). Si verifica inoltre che a un aumento di quota di protezione esterna sempre maggiore non

corrisponda un analogo beneficio per la quota di salvaguardia in quanto, in caso di allagamento artificiale, la superficie allagata diviene rapidamente coincidente con la totale superficie dell'isola e di conseguenza il volume di invaso subisce un incremento tale da comportare un avvio delle operazioni di allagamento con anticipi sempre più consistenti rispetto al verificarsi del fenomeno di tracimazione. Nel riquadro sottostante si simula una procedura di allagamento partendo da un evento mareale critico accaduto di recente.

### Simulazione di un evento critico: 6 novembre 2000, marea a +144 cm

Quando un evento di marea raggiunge una quota compresa tra la quota di salvaguardia, prefissata in +135 cm, e la quota di protezione perimetrale minima pari a +145 cm si verifica uno di quei casi critici per i quali è prevista, nel caso del Progetto Burano, l'attivazione della procedura di allagamento. È interessante simulare in proposito ciò che si sarebbe dovuto fare durante l'evento di marea accaduto il 6 novembre 2000, quando la marea ha raggiunto la quota massima di +144 cm. Occorre precisare che i tempi e i livelli della marea in oggetto sono quelli rilevati dal mareografo di Punta della Salute e quindi le condizioni verificatesi a Burano non erano esattamente le stesse. In assenza di dati locali si opera in definitiva una simulazione con il presupposto che l'andamento di marea effettivamente rilevato il 6 novembre a Punta della Salute



possa verificarsi anche a Burano.

Alle ore 9.00 di quel giorno, caratterizzato da precipitazioni atmosferiche, le previsioni del Centro previsioni e segnalazioni maree del Comune di Venezia indicavano il raggiungimento della quota massima di marea per le ore 19.25 a livello +82 cm. Alle ore 15.40 la marea aveva raggiunto +88 cm e la previsione veniva aggiornata in +110 cm.

Alle 16.30 le paratoie sarebbero state chiuse al livello di marea di +100 cm con una previsione alla stessa ora di +120 cm.

Un'ora e mezza più tardi le ipotesi indicavano il massimo a +130 cm, mentre l'acqua intanto aveva raggiunto +121 cm.

Alle 19.00, allorché veniva raggiunto il livello di +131 cm, con una previsione di +140 cm, si sarebbe resa necessaria la decisione sull'avvio della procedura di allagamento artificiale in quanto il gradiente di crescita della marea nell'ora precedente risultava pari a 10 cm.

Nell'ipotesi di riattivazione tempestiva del collegamento tra laguna e aree interne da attuarsi mediante l'apertura dei *clapet* delle due stazioni di pompaggio collegate ai rii e delle paratoie degli impianti di sollevamento della rete di fognatura bianca dei due bacini protetti dell'isola di San Martino, il livello interno avrebbe iniziato a salire fino al raggiungimento di quota +130 cm intorno alle ore 19.50 con un livello esterno pari a +139 cm. A questo punto si sarebbe potuto procedere all'apertura delle paratoie per un definitivo equilibrio tra interno ed esterno con il raggiungimento della marea massima pari a +144 cm alle ore 20.25.

Nell'ipotesi di attesa di un eventuale sviluppo favorevole della situazione, evento non verificatosi, le stesse manovre di apertura già descritte sarebbero state effettuate alle ore 19.20, quando il livello esterno aveva raggiunto +136 cm. Verso le ore 20.25, ovvero con un dislivello di quote tra interno ed esterno di circa 10 cm (all'esterno +144 cm e internamente +135 cm circa) sarebbero state riportate le paratoie in posizione di riposo.