



Difesa dalle acque medio-alte: alternative progettuali

Il progetto definitivo, pur essendo redatto in modo unitario, ha sviluppato due alternative che tra loro si differenziano soprattutto in relazione alle modalità di intervento nei confronti della eliminazione dei disagi derivanti dalle maree medio-alte (nelle due pagine seguenti, attraverso mappe, sono illustrati gli attuali effetti sul territorio urbano delle maree a diverse quote).

La prima alternativa progettuale si basa su una difesa dalle maree impostata esclusivamente sui rialzi della pavimentazione pubblica maggiormente soggetta agli allagamenti. La seconda soluzione, pur prevedendo il rialzo della pavimentazione, ma in misura ridotta rispetto all'alternativa precedente, ricorre anche all'installazione di paratoie mobili all'imbocco dei rii.

La difesa di un territorio dalle esondazioni di marea può essere conseguita mediante la realizzazione di strutture perimetrali a quota più elevata delle aree interne e idonee a garantire un sufficiente grado di impermeabilizzazione tra area protetta ed esterno. Tale realizzazione deve essere accompagnata dal collettamento di reti separate di acque nere e meteoriche, con rilancio a depuratore remoto delle prime ed espulsione delle seconde in laguna, attraverso stazioni di pompaggio che garantiscano il sezionamento idraulico tra l'interno (rete fognaria) e l'esterno (laguna).

Qualora il territorio da proteggere risulti, inoltre, attraversato da canali che, in situazioni di normale livello delle acque, devono rimanere agibili e comunicanti con l'esterno, si rende necessaria la realizzazione di opere mobili di chiusura all'imbocco

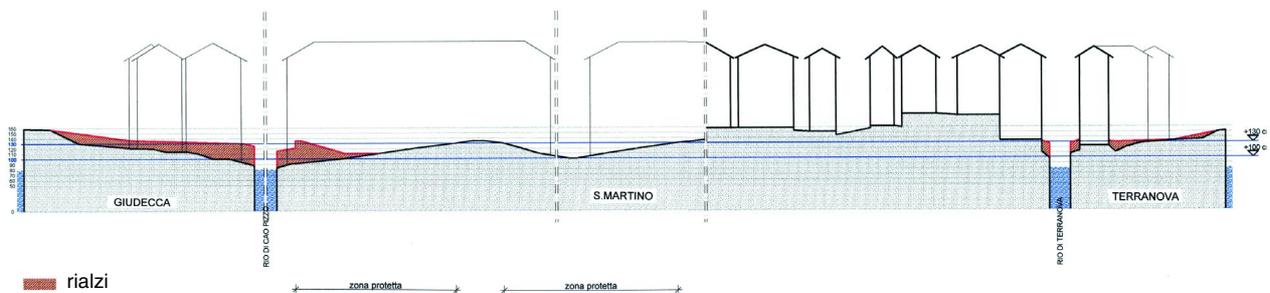
degli stessi che, in caso di eventi di alta marea, completino la difesa perimetrale.

È questo il criterio della protezione per "insulae" già adottato, sia pure in un contesto diverso, per l'abitato di Malamocco.

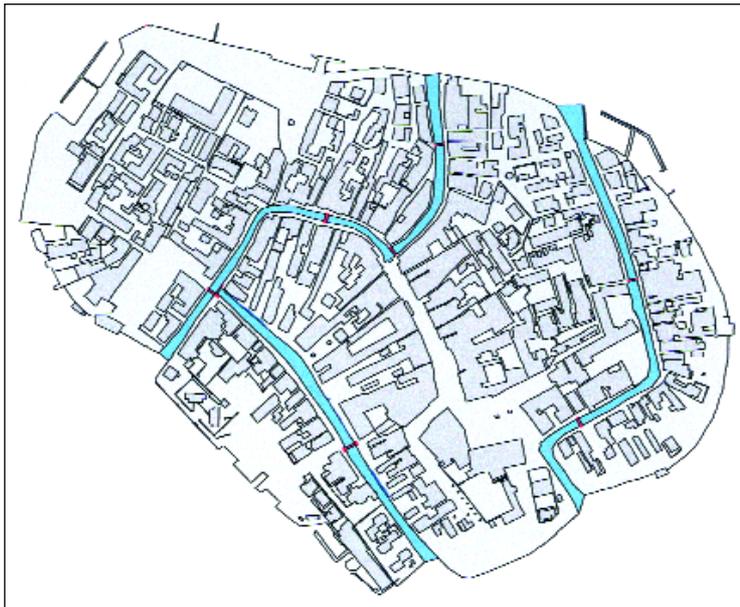
L'efficienza di tale soluzione, rispetto ad altre, è funzione delle caratteristiche morfologiche del territorio da proteggere in rapporto alla quota di protezione da conseguire e, in linea di massima, si può rilevare che essa è direttamente proporzionale alla percentuale di superficie con giacitura a quota inferiore a quella di protezione rispetto alla superficie totale (tale parametro può essere denominato "grado di concavità") e inversamente proporzionale alla frequenza con cui gli interventi di protezione delle chiusure mobili si rendono necessari per evitare le esondazioni dei canali interni.

Nel caso di Burano, la soluzione appare estremamente favorevole sotto il primo aspetto in quanto il perimetro lagunare si presenta generalmente a quota più elevata delle aree interne e, ad esclusione di brevi tratti, superiore alla quota di salvaguardia minima individuata in +130 cm sullo zero di Punta della Salute. L'area di intervento perimetrale non richiede, pertanto, sostanziali modifiche ambientali e paesaggistiche oltre a quelle localizzate all'imbocco dei rii.

Appare invece inevitabile intervenire sulla quota delle fondamenta interne. Infatti, affidare la difesa alle sole paratoie comporterebbe una inaccettabile frequenza di chiusura dei collegamenti tra laguna e rii interni; si renderebbero necessarie circa 50 chiusure annue (con riferimento alle maree



Profilo "a catino" protetto per perimetrazione di una sezione dell'isola di Burano con indicazione dell'intervento di rialzo della pavimentazione



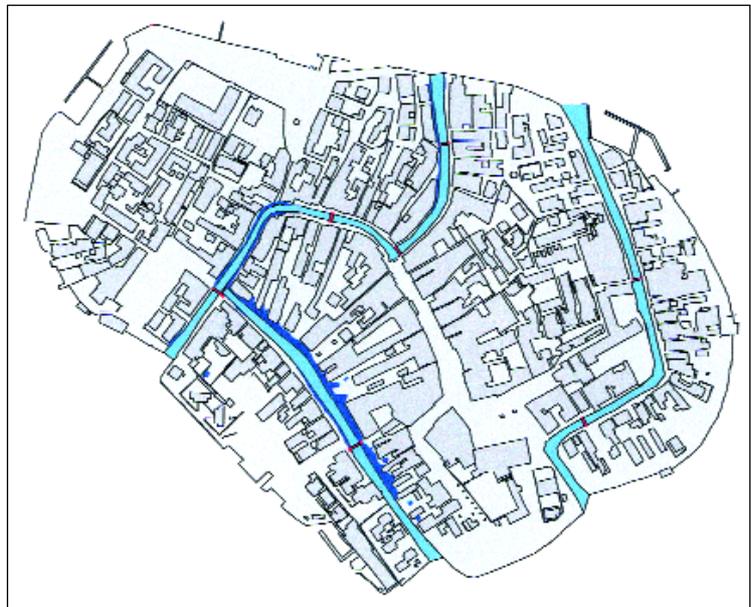
◀ **Livello di marea: + 80 cm P.S.**

Superficie accessibile allagata: 110 m² (0,13% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 400 m² (1,14% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 510 m² (0,42% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 0%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +80 cm P.S. all'anno): 48
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +80 cm P.S.): 2,5 ore.

Livello di marea: + 90 cm P.S. ▶

Superficie accessibile allagata: 2463 m² (2,8% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 557 m² (1,6% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 3020 m² (2,5% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 0%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +90 cm P.S. all'anno): 19
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +90 cm P.S.): 2,5 ore.

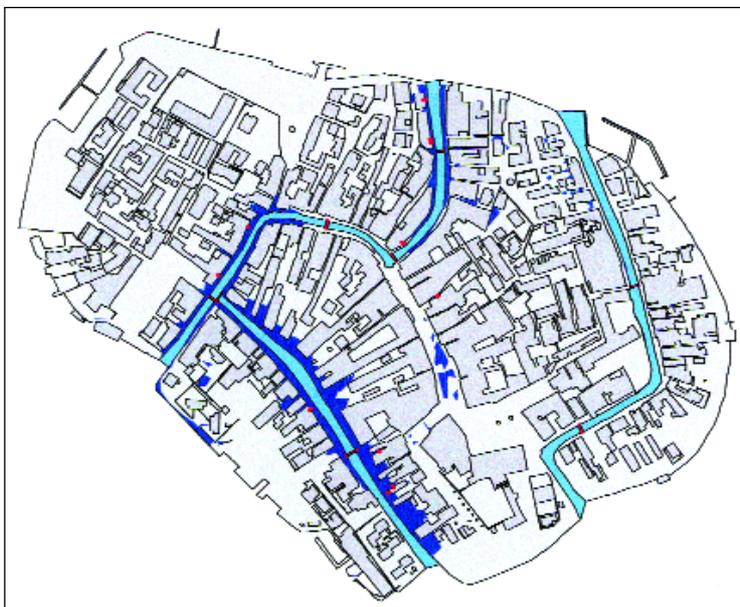
L'acqua comincia ad invadere le fondamenta dei rii (rio della Giudecca, rio Cavanella e rio di Pontinello). Alcune delle soglie prospicienti i rii cominciano ad essere lambite dall'acqua.

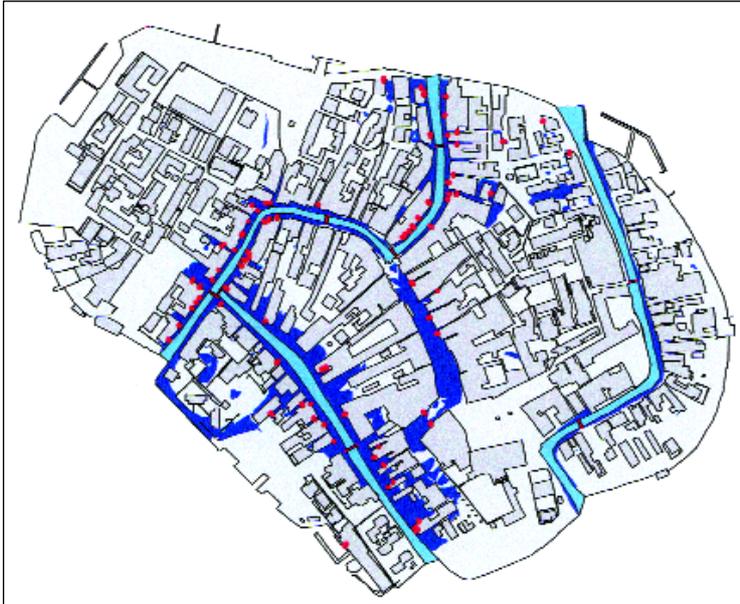


◀ **Livello di marea: + 100 cm P.S.**

Superficie accessibile allagata: 8092 m² (9,3% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 1000 m² (2,8% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 9092 m² (7,5% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 0,6%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +100 cm P.S. all'anno): 8
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +100 cm P.S.): 2,5 ore.

Aumenta la superficie delle fondamenta allagate: l'acqua comincia a penetrare anche nelle calli interne, in particolare nell'isola di San Mauro. Aumenta anche il numero di soglie interessate toccate dall'acqua (oltre 20). A questo livello di marea, comincia anche il rigurgito in viale Galuppi, area interna che si trova a una quota particolarmente bassa.



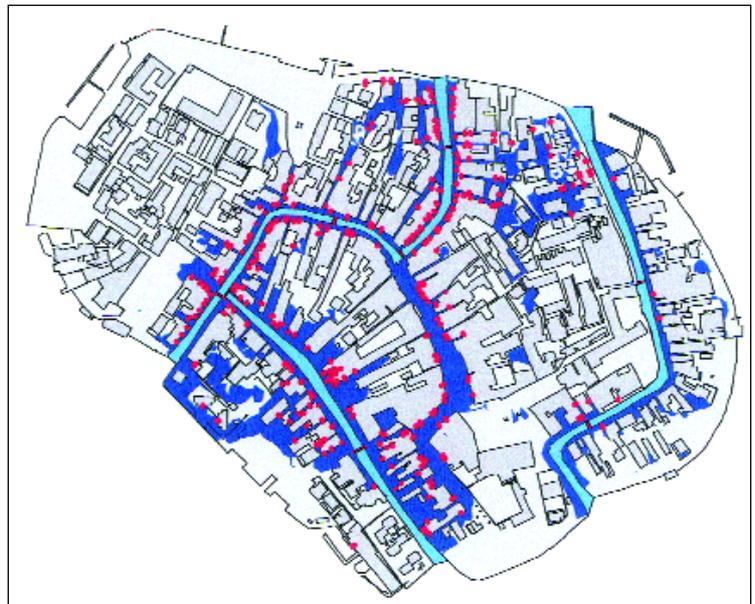


◀ **Livello di marea: + 110 cm P.S.**

Superficie accessibile allagata: 19.867 m²
 (22,9% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 2074 m²
 (5,9% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 21.941 m²
 (18% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 4,3%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +110 cm P.S. all'anno): 3
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +110 cm P.S.): 2,5 ore.
 Molte delle abitazioni ubicate lungo le fondamenta del rio Cavanella e del rio di Pontinello vengono allagate. Molte soglie vengono tracimate anche nella parte nord dell'isola di San Mauro. Viale Galuppi rimane completamente allagato e alcune delle abitazioni con l'accesso su quest'ultimo vengono allagate.

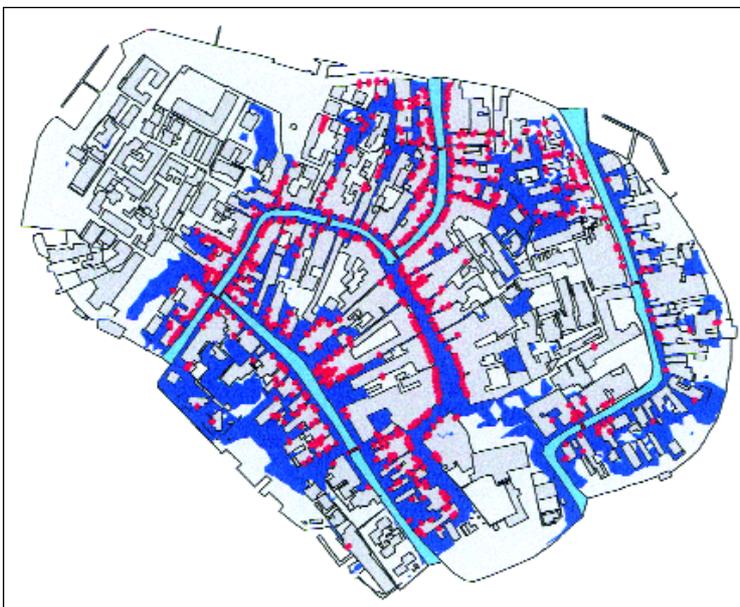
Livello di marea: + 120 cm P.S. ▶

Superficie accessibile allagata: 31.103 m² (35,9% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 4792 m²
 (13,6% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 35.895 m²
 (29,5% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 15%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +120 cm P.S. all'anno): 1,5
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +120 cm P.S.): 2,5 ore.
 L'allagamento si diffonde rapidamente dalle fondamenta verso le strade più centrali: tutte le fondamenta dei rii sono allagate, così come il centro dell'isola.
 Il numero di abitazioni allagate raddoppia rispetto al caso precedente. Ciò avviene mediamente più di una volta all'anno e crea notevoli disagi.



◀ **Livello di marea: + 130 cm P.S.**

Superficie accessibile allagata: 43.649 m² (50,4% della superficie accessibile complessiva)
Superficie non accessibile allagata: 8244 m²
 (23,5% della superficie non accessibile complessiva)
Superficie non edificata allagata: 51.893 m²
 (42,63% della superficie non edificata complessiva)
Percentuale di soglie tracimate: 45%
Frequenza annua dell'evento (numero medio di superamenti del livello +130 cm P.S. all'anno): 0,5
Durata media dell'evento (durata media degli eventi che superano il livello +130 cm P.S.): 2,3 ore.
 Fatta eccezione per la parte centrale dell'isola di San Mauro, Burano si trova ad essere quasi del tutto allagata (oltre metà della superficie pubblica è sommersa dall'acqua). L'acqua comincia ad avanzare anche dal perimetro esterno dell'isola.



verificatesi nel periodo 1966-1997), presupponendo che la chiusura avvenga alla quota più depressa attualmente presente e pari a +80 cm.

Le due alternative progettuali di difesa dalle maree

Le mappe riportate nelle due pagine precedenti evidenziano l'estensione e la localizzazione delle aree dell'isola soggette attualmente ad esondazione con riferimento a sei differenti livelli di marea. Sono specificate, oltre alle superfici allagate, le percentuali di soglie tracimate, la frequenza annua e la durata media degli eventi di alta marea.

Partendo da questi dati sono state elaborate le due seguenti alternative di difesa dalle acque medio alte considerate dal progetto.

Alternativa 1: soluzione con i soli rialzi e senza paratoie

La soluzione basata esclusivamente sulla difesa locale dalle acque alte attraverso i rialzi ha richiesto una progettazione zona per zona del recupero altimetrico della pavimentazione fino a quote compatibili con l'ambiente architettonico circostante. Più precisamente i criteri seguiti sono stati i seguenti:

- limitazione delle operazioni di rialzo della pavimentazione a 30 cm, salvo situazioni di interesse particolare in quanto collegate ai principali percorsi di collegamento ed in ogni caso non superiori a 40 cm;
- minimo coinvolgimento del patrimonio privato con i rialzi;
- rialzo, compatibilmente con i punti precedenti, delle pavimentazioni pubbliche fino a quota +1,30 m P.S.;
- collettamento di tutte le acque nere e invio a depuratore remoto (Sant'Erasmus) con conseguente eliminazione di tutti gli scarichi reflui in rio e laguna;
- protezione perimetrale di viale Galuppi e zone attigue e della parte nord dell'isola di San Martino fino a quota +1,30 m, a mezzo di collettamento delle acque meteoriche a stazioni di pompaggio e quindi conseguente eliminazione del rigurgito dell'acqua lagunare all'interno dei collettori, dato che la stazione di pompaggio effettua di fatto il sezionamento tra laguna e collettori;
- rialzo dei marginamenti esterni almeno fino a quota +1,45 m.

Tale metodologia comporta il seguente risultato:

- protezione totale dell'abitato di Burano fino a quota +1,10 m P.S., poiché a quote superiori

alcuni tratti di fondamenta vengono esondati;

- esondazione a quota +1,30 m di 9000 mq circa di superficie non edificata accessibile.

Alternativa 2: soluzione con paratoie e rialzi

Questa alternativa ha previsto i seguenti interventi:

- rialzo delle pavimentazioni pubbliche fino a quota +1,10 m P.S. allo scopo di diminuire il numero di interventi delle paratoie. Attualmente la quota minima delle fondamenta è di +0,77 m e pertanto la difesa richiederebbe la chiusura fin da quota +0,70 m circa e quindi mediamente per 114 volte all'anno;
- collettamento di tutte le acque nere e invio a depuratore remoto (Sant'Erasmus) con conseguente eliminazione di tutti gli scarichi reflui in rio e laguna;
- protezione perimetrale di viale Galuppi fino a quota +1,10 m, a mezzo di collettamento delle acque meteoriche alla stazione di pompaggio situata nella parte sud di San Martino e quindi conseguente eliminazione del rigurgito dell'acqua lagunare all'interno dei collettori, dato che la stazione di pompaggio effettua di fatto il sezionamento tra laguna e collettori;
- rialzo dei marginamenti esterni almeno fino a quota +1,45 m;
- costruzione di paratoie mobili ai cinque imbocchi dei rii.

Questa metodologia comporta il seguente risultato:

- protezione totale dell'intero abitato di Burano fino a quota +1,10 m P.S., dovuta esclusivamente ai soli rialzi;
- ulteriore protezione totale dell'intero abitato di Burano fino a quota +1,35 m P.S. (quota di salvaguardia), dovuta alla chiusura delle paratoie mobili allo sbocco dei rii.

Scelta delle quote di salvaguardia

Per la scelta delle quote di riferimento sulle quali impostare il progetto delle chiusure mobili sono stati adottati i seguenti criteri:

- la quota minima delle fondamenta interne doveva consentire un numero di chiusure compatibile con l'attuale utilizzo dei rii;
- la quota minima dei marginamenti esterni avrebbe dovuto consentire un livello di riduzione degli eventi elevato, limitando, tuttavia, le modifiche alla percezione e all'utilizzo dei luoghi.

La quota minima delle fondamenta è stata assunta pari a +110 cm sulla base delle seguenti considerazioni:

- l'alternativa di difesa affidata ai soli rialzi aveva individuato la possibilità di raggiungere un livello di protezione minima pari a +110 cm senza particolare impatto ambientale;
- la fase di esercizio delle paratoie, per motivi associati al moto ondoso e alla precisione di lettura degli strumenti, deve essere avviata con un margine di anticipo pari a 10 cm sul livello minimo di difesa, e pertanto la chiusura avviene al raggiungimento di quota +100 cm;
- la frequenza di maree a quota +100 cm è di 8 eventi annui per una durata media di 2 ore e 24 minuti con limitate conseguenze negative sulla navigazione interna.

La quota minima dei marginamenti è stata definita sulla base dell'analisi dei livelli raggiunti dalle maree superiori a +80 cm nel periodo di 32 anni che inizia nel 1966 e finisce al 1997 e in funzione dell'attuale quota del perimetro dell'isola.

Partendo da tale analisi, che ha ipotizzato anche scenari futuri di innalzamento del mare (vedi Appendice 2, pag. 56) è stata individuata la quota minima dei marginamenti esterni pari a +145 cm sulla base delle seguenti considerazioni:

- le quote perimetrali delle aree accessibili a Burano variano attualmente da un minimo di +103 cm a un massimo di +174 cm;
- la percentuale maggiore (circa un terzo) delle aree perimetrali accessibili si trova a quota compresa tra +140 e +150 cm;
- il recente intervento (1999) eseguito dal Magistrato alle Acque per il rifacimento di un tratto di marginamento nell'isola di San Mauro in corrispondenza dell'imbocco di rio del Pontinello è stato realizzato a quota +145 cm;
- nelle isole di San Mauro e San Martino sono presenti alcune attività produttive destinate alla cantieristica e un eccessivo rialzo perimetrale comporterebbe l'esecuzione di onerosi interventi anche sulle strutture a terra;
- la quota di riferimento per la salvaguardia risulta di 10 cm inferiore alla quota minima di protezione perimetrale per motivi correlati al moto ondoso e al grado di precisione nella previsione delle maree e, pertanto, pari a +135 cm;
- alla quota di salvaguardia di +135 cm corrisponde un abbattimento di eventi rispetto alla situazione attuale del 99,3% (dei 1540 eventi che negli anni 1966-1997 hanno superato la quota di +80 cm, solo 11 hanno raggiunto quota +135 cm) e del 90% circa rispetto a una situazione con la quota minima delle fondamenta pari a +110 cm;

- se si verificasse un aumento del medio mare pari a 20 cm durante il tempo di vita delle opere, l'alternativa con paratoie produrrebbe concreti miglioramenti rispetto alla situazione dell'alternativa con i soli rialzi in quanto la riduzione degli eventi sarebbe pari a 16-17 casi su 19, anche se solamente per il 10% del territorio;
- i benefici derivanti da un ulteriore incremento di quota rispetto a +135 cm appaiono poco significativi in confronto agli impatti derivanti dalle modifiche territoriali necessarie, soprattutto perché risulta difficilmente ipotizzabile il raggiungimento di un livello di protezione tale da escludere definitivamente il verificarsi di una esondazione;
- alcune problematiche relative al sistema di gestione degli sbarramenti, di cui si tratterà nel successivo capitolo, suggeriscono di contenere entro limiti non eccessivi il dislivello tra aree interne protette e livello esterno di salvaguardia.

La quota di salvaguardia viene pertanto assunta pari a +135 cm, anche se la quota minima del perimetro risulterà di +145 cm e l'avvio delle manovre di chiusura avverrà a +100 cm con quota minima di protezione lungo i rii interni di +110 cm.

Con tale soluzione è possibile contenere gli incrementi di quota della viabilità rispetto all'alternativa priva di chiusure mobili e quindi coinvolgere un numero minore di unità immobiliari pubbliche e private.

Impatto dei rialzi sulle unità immobiliari

Nel corso dell'indagine sono stati raccolti complessivamente dati per 217 unità immobiliari su un totale di 266 casi coinvolti. La differenza è da attribuire in parte alla presenza di unità inutilizzate,



per le quali non è stato possibile contattare la proprietà, e in parte al diniego di accesso da parte del proprietario o del conduttore.

Il quadro che ne è derivato ha evidenziato le seguenti caratteristiche:

alternativa affidata ai soli rialzi

- le unità coinvolte sono 266, di cui 217 indagate, per cui i valori di seguito riportati (ad esclusione dei dati espressi in percentuale) sono presunti e derivano da una operazione di incremento del 20% rispetto al dato rilevato;
- il 61% dei casi è a destinazione d'uso residenziale;
- in 34 situazioni la pavimentazione interna è già a quota superiore rispetto a quella di progetto della viabilità e la soglia risulta coinvolta in quanto è stata realizzata una bussola di accesso più depressa;
- 23 sono i casi critici, ovvero quelli che, dopo aver operato il rialzo richiesto, non conservano una altezza regolamentare del piano terra che nel caso di destinazione d'uso residenziale è pari a 220 cm;
- nel 70% circa delle situazioni esaminate si renderà necessario un adeguamento dei fori porta e finestra a piano terra;
- la superficie coinvolta è di 9000 mq circa di cui 6800 mq edificati e 2200 mq di pertinenze scoperte.

alternativa con chiusure mobili

- le unità coinvolte sono 98, di cui 67 indagate, per

cui i valori di seguito riportati (ad esclusione dei dati espressi in percentuale) sono presunti e derivano da una operazione di incremento del 30% rispetto al dato rilevato;

- il 53% dei casi è a destinazione d'uso residenziale;
- in 17 situazioni la pavimentazione interna è già a quota superiore rispetto a quella di progetto della viabilità e la soglia risulta coinvolta in quanto è stata realizzata una bussola di accesso più depressa;
- 8 sono i casi critici, ovvero quelli che, dopo aver operato il rialzo richiesto, non conservano una altezza regolamentare del piano terra;
- nel 75% circa delle situazioni esaminate si renderà necessario un adeguamento dei fori porta e finestra a piano terra;
- la superficie coinvolta è di 3000 mq circa di cui 2600 mq edificati e 400 mq di pertinenze scoperte.

Il significato da attribuire ai valori sopra riportati è stato quello di evidenziare e quantificare un contesto su cui operare una stima di massima delle risorse economiche necessarie per il suo adeguamento. Appare evidente che ogni intervento sulle singole situazioni coinvolte deve essere successivamente analizzato puntualmente, sulla base delle esigenze espresse dagli aventi titolo e, solo a seguito di tale operazione, risulterà possibile una precisa valutazione degli importi effettivi di spesa necessari.

alternativa 1 riepilogo degli interventi sui privati per la soluzione senza paratoie										
	unità immobil. coinvolte	unità immobil. indagate	unità immobil. non indagate	unità nelle quali bisogna rialzare solo la bussola int.	casi critici	soglie da rialzare	architravi da rialzare	finestre da rialzare	superf. interna da rialzare (mq)	superf. esterna da rialzare (mq)
Giudecca	36	31	5	2	4	43	23	28	812	260
Terranova	19	16	3	2	0	21	7	13	433	350
San Martino	115	99	16	16	10	131	68	76	2.540	336
San Mauro	96	71	25	8	5	107	44	33	1.854	858
totale	266	217	49	28	19	302	142	150	5.639	1.804
alternativa 2 riepilogo degli interventi sui privati per la soluzione con paratoie										
	unità immobil. coinvolte	unità immobil. indagate	unità immobil. non indagate	unità nelle quali bisogna rialzare solo la bussola int.	casi critici	soglie da rialzare	architravi da rialzare	finestre da rialzare	superf. interna da rialzare (mq)	superf. esterna da rialzare (mq)
Giudecca	9	6	3	1	0	10	3	0	76	15
Terranova	2	2	0	0	0	3	0	1	107	29
San Martino	51	38	13	8	5	58	28	30	936	160
San Mauro	36	21	15	4	1	50	20	12	845	138
totale	98	67	31	13	6	121	51	43	1.964	342

Tab. 5 - Numero delle unità immobiliari e delle soglie coinvolte nelle due alternative progettuali

**Rialzi
dell'alternativa 1**



**Rialzi
dell'alternativa 2**



- Edificato zona A: insediamento storico ad uso residenziale
- Edificato zona B:
insediamento posteriore alla metà dell'ottocento ad uso residenziale
- impianti produttivi
- edifici pubblici ad uso pubblico
- Emergenze architettoniche
- Progetto
- Rialzi pavimentazioni pubbliche:
da 0 a 10 cm.
- da 10 a 20 cm.
- da 20 a 30 cm.
- > di 30 cm.

Planimetria delle aree sensibili e indicazione delle pavimentazioni soggette a rialzo nelle due alternative