

3. I LITORALI

3.1 TRA LA FOCE DELL'ADIGE E LA FOCE DEL BRENTA: IL LITORALE DI ISOLA VERDE

3.1.1 Generalità

Il litorale di Isola Verde, compreso dal punto di vista amministrativo nel Comune di Chioggia, è delimitato dalla foce del fiume Brenta a nord e da quella dell'Adige a sud. Il litorale si estende per 2,7 km, con alle spalle un territorio parzialmente urbanizzato nel quale sorgono numerose abitazioni e importanti strutture turistiche e ricreative. Nella parte nord si trovano ancora aree di particolare pregio naturalistico caratterizzate dalla presenza di dune costiere. Sebbene l'alimentazione della spiaggia trovi origine direttamente dagli apporti solidi dei due fiumi che lo delimitano, da tempo il litorale è investito da processi erosivi che provocano l'arretramento della linea di riva. L'erosione si manifesta essenzialmente nella parte meridionale, a partire dalla foce dell'Adige verso nord per quasi 1,5 km. Procedendo in direzione della foce del Brenta vi è invece una spiaggia di larghezza via via crescente.

Per fronteggiare la tendenza erosiva, è stato di recente (tra il 1998 e il 2002) effettuato un intervento di riqualificazione ambientale con la realizzazione di un rifluimento e di alcune strutture difensive nel retrospiaggia e lungo riva.

3.1.2 Evoluzione storica

L'evoluzione storica di questo tratto di litorale è una delle più articolate di tutto il settore costiero veneto, in virtù della complessa evoluzione degli apparati di delta dei due fiumi che lo delimitano alle estremità.

La documentazione più antica, risalente ai rilievi del Denaix del 1809-1811 mostrava infatti un apparato di sbocco del fiume Adige e del Brenta (Brenta Vecchio) come un *continuum* deltizio, costituito da numerose biforcazioni, isolotti e banchi sabbiosi circondati da bassi fondali. L'arenile in senso stretto non esisteva, lasciando posto ad una fascia ad elevata dinamicità, in cui dominavano le forze costruttive dei due fiumi e quelle di modellamento del moto ondoso (ZUNICA, 1971).

Già dal 1860 e, in modo più eclatante, intorno al 1892 si delineò una netta separazione tra Adige e Brenta; la foce del primo si era infatti ampliata e biforcata per la presenza dell'Isola di Bacucco, ed il ramo settentrionale si incrociava con la foce del Brenta Vecchio, ormai soppiantata dal nuovo taglio del Brenta, concluso definitivamente nel 1896, ma di cui si ha già la prima documentazione ufficiale nella levata IGM del 1892.

Delineati nettamente i due alvei fluviali, soprattutto a seguito del taglio nuovo del Brenta e dell'atrofizzazione dell'ansa del Brenta Vecchio, l'evoluzione del tratto di Isola Verde conosce, durante il periodo 1908-1962 una fase di continuo accrescimento, che ha portato alla configurazione rettilinea di questo litorale.

Il periodo immediatamente successivo alla realizzazione del nuovo taglio del Brenta mostra infatti una tendenza ripascitiva molto marcata, con tassi di avanzamento della linea di riva fino 36 m/anno nel tratto centrale di Isola Verde (periodo 1892-1908), probabilmente dovuti all'effetto contrapposto dei due getti di foce, che hanno favorito la convergenza del trasporto proprio in corrispondenza della porzione mediana del litorale.

Negli anni successivi il trend accrescitivo è continuato con ritmi inferiori e oscillanti, variando in media da 3 a 7 m/anno circa durante i periodi 1908-31 e 1931-62, rispettivamente (ZUNICA, 1971). Unica eccezione a questa tendenza è costituita dal tratto costiero in sinistra di foce del fiume Adige che, analogamente a quanto accadeva in destra foce, ha denunciato cospicui arretramenti soprattutto durante l'ultimo trentennio citato (1931-62). Questa apparente anomalia è in realtà un fenomeno caratteristico dei tratti terminali dei fiumi, che in assenza di armature di foce tendono normalmente a divagare, a seconda del mutuo bilancio tra carico solido e modellamento da parte del moto ondoso.

Secondo ZUNICA (1971) le ottimistiche conclusioni circa un generale avanzamento della linea di riva non trovavano analogo riscontro nella parte sommersa della spiaggia, stante ai rilievi dell'Istituto Idrografico della Marina. Il confronto cartografico 1868-1951 mostrava infatti una vasta area erosiva che interessava tutti i fondali alle profondità superiori a 7-8 m. Sempre secondo lo stesso Autore, questo fenomeno era imputabile ad una intensa fase di asporto sedimentario intercorsa durante il periodo 1868-1905 a cui è succeduto, nel 1905-1938, un periodo ripascitivo di entità volumetrica nettamente inferiore al precedente ed infine una nuova fase erosiva durante il 1938-51, localizzata prevalentemente sotto costa ed in prossimità della foce dell'Adige.

3.1.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti IVA...IVE)

L'analisi dei dati relativi all'evoluzione della linea di riva nel periodo 1987-1998 aveva evidenziato l'instaurazione di un regime erosivo soprattutto per il settore centrale e meridionale, che aveva in parte compromesso la struttura delle dune esistenti, a seguito di un arretramento medio della spiaggia di 46 m circa. Solamente la porzione più settentrionale di Isola Verde denunciava una tendenza ripascitiva di circa 3 m/anno.

Per contenere il fenomeno erosivo lungo il tratto meridionale, già verso la fine degli anni '80 (datazione incerta per mancanza di documentazione; l'intervento è successivo al 1987 in quanto non riportato nella cartografia tecnica regionale) furono realizzate 7 dighe frangiflutti. Dalle foto aeree del 1998 le dighe non mostravano aver sortito grandi benefici, poiché le deboli salienze della spiaggia prodottesi alle spalle delle difese erano accompagnate da profonde falcature nelle aree di spaziatura tra le stesse.

Nel corso del 1998 il Magistrato alle Acque di Venezia e il Consorzio Venezia Nuova hanno avviato dei lavori di rinforzo lungo i litorali di Isola Verde, conclusi nel 2002.

L'intervento ha previsto l'ampliamento delle spiagge in erosione del tratto meridionale (circa 1500 m) attraverso lo sversamento di 300.000 m³ di sabbia, la rimozione delle dighe frangiflutti realizzate alla fine degli anni '80, la realizzazione di un argine "paraonde" nel retrospiaggia per 700 m di lunghezza, la costruzione di 7 pennelli in massi, il consolidamento e la sistemazione delle sponde delle foci del Brenta e dell'Adige, la messa in posto di staccionate frangivento per facilitare la formazione di nuove dune.

Con riferimento alle opere lungo le sponde dei due fiumi, gli interventi hanno riguardato essenzialmente il prolungamento delle dighe foranee per contenere l'inquinamento delle acque balneabili, attraverso l'infissione di palancole metalliche a pelo d'acqua in prosecuzione delle sponde in massi. Per quanto riguarda la foce del Brenta, le sponde nord e sud sono state prolungate di 365 m e 170 m rispettivamente; le due sponde dell'Adige sono state prolungate di 540 m e 170 m, rispettivamente per quella settentrionale e meridionale.

A seguito dell'intervento di rifluimento, l'ampiezza media della spiaggia nel tratto meridionale immediatamente a ridosso della foce dell'Adige ha subito un incremento passando da 63 m nel 1995 a 107 m nel 2004. Nonostante il rifluimento, il trend erosivo di questa parte di litorale resta in ogni caso confermato dal confronto tra la CTR 1987 ed i rilievi del Consorzio Venezia Nuova del 2004, che indicano un tasso medio annuo di evoluzione della linea di riva per il tratto centro-meridionale (tratti IVA, IVB, IVC) che va da -0.36 m a -2 m.

Relativamente ai fondali, rilievi risalenti al 1976 (CNR, 1980) hanno messo in luce che nel periodo 1968-1975 il tratto in esame aveva subito significative erosioni lungo tutta la sezione batimetrica (fino a -10 m di profondità), soprattutto in corrispondenza della foce dell'Adige. Risulta tuttavia controversa l'interpretazione di tali fenomeni, poiché sulla base degli stessi studi è stato evidenziato che nel tratto di dominio di foce dell'Adige - che si estende per almeno metà del litorale di Isola Verde (tratto meridionale) - prevalevano dinamiche complesse e alterne, soprattutto a breve scala temporale. Infatti, i bilanci volumetrici di erosione e ripascimento dei fondali intercorsi a scala annuale entro la batimetrica -5 m (rilievi svolti nell'estate 1974, 1975, 1976 e 1977 risultavano infatti alternati, con valori anche molto dissimili tra loro. I dati mostrano infatti un primo periodo ripascitivo di ca. 94.000 mc nell'anno 1974-75, seguito da una fase erosiva di ca. 217.000 mc (1975-76) e da una successiva ampia ripresa volumetrica di ca. 818.000 mc nel 1976-77 (CNR, 1980).

E' chiaro, quindi, che almeno fino a tale periodo le complesse modificazioni subite sia dal tratto costiero subaereo, che dai fondali antistanti sono da porsi in relazione soprattutto all'azione costruttiva-distruttiva da parte del fiume, capace di rimaneggiare o deporre quantità di sedimento paragonabili a quelle prese in carico dalle mareggiate.

Rilievi successivi, svolti nel 1980 a cura del Genio Civile OO.MM. di Venezia, hanno evidenziato una ripresa dei fenomeni deposizionali per le due sezioni di riferimento del litorale di Isola Verde (settore centrale e settentrionale) che hanno quasi compensato totalmente la precedente fase erosiva.

Allo stato attuale non sono disponibili confronti sulla base di rilievi più recenti, in quanto non è stato possibile reperire i rilievi più vecchi in formato utilizzabile per il confronto. In ogni caso, dati recenti relativi alla pendenza dei fondali (CVN, 2004) evidenziano, rispetto alle misure effettuate nel 1995, un incremento dell'acclività della spiaggia sottomarina per tutti i tratti del litorale in esame. L'acclività risulta più accentuata nel tratto meridionale mentre il tratto più a nord presenta un incremento lieve (da 0.0100 a 0.0108).

3.1.4 Tipologie difensive

Le difese del tratto più meridionale (IVA) sono costituite da un terrapieno continuo in sabbia della lunghezza di circa 600 m, parzialmente rinforzato da massi nel tratto più settentrionale, con sommità a quota 5 m sul l.m.m. Nel tratto successivo (IVB) è stata realizzata una palancola con struttura paraonde, la cui quota è 2.6 m s.l.m. (CVN, 2004). In questo tratto è stata inoltre ricostruita la duna, che si presenta fissata da staccionate frangivento, scarsamente vegetata, con una quota media approssimativa di 3.5 m. Il successivo breve tratto IVC, di lunghezza 139 m, è stato anch'esso interessato dall'intervento di ricostruzione della duna, la cui quota è la medesima (3.5 m), mentre non è presente la struttura rigida di difesa parallela alla linea di riva.

I tratti settentrionali del litorale (IVD e IVE) presentano un esteso cordone dunoso con creste elevate (4.4 – 5.7 m). Nel primo caso le dune sono caratterizzate da numerosi varchi, discontinuità che non garantiscono un'efficienza ottima nella protezione del litorale in caso di mareggiate. Gli ultimi 700 m (IVE), sono caratterizzati dalla presenza di un duplice cordone di dune, di cui quello verso mare appare formato in conseguenza del posizionamento di staccionate frangivento. Esse hanno determinato la rapida formazione di un accumulo eolico a tratti ripido e parzialmente colonizzato da vegetazione spontanea, con sporadica presenza di piccoli accumuli incipienti. La superficie di spiaggia antistante è sufficientemente ampia (circa 60 m) da garantire un efficace interscambio sedimentario con la duna, condizione necessaria per la sua conservazione. Da rilevare, come ultima osservazione, l'utilizzo di materiale plastico per la costruzione delle reti frangivento su tutto il litorale, che appare discutibile in termini sia estetici che di compatibilità ambientale.

Questo settore si configura come zona di particolare pregio naturalistico e come tale è stata individuata come area SIC denominata "Dune residue del Bacucco" (codice IT 3250034).

3.2 TRA LA FOCE DEL BRENTA E IL PORTO DI CHIOGGIA: IL LITORALE DI SOTTOMARINA

3.2.1 Generalità

Il litorale di Sottomarina rappresenta la propaggine più meridionale dei sistemi di lidi che chiudono verso mare la Laguna di Venezia. Si estende per 5 km tra la foce del fiume Brenta a

sud e la bocca di porto di Chioggia a nord. L'ampio arenile, intensamente sfruttato turisticamente, delimita verso mare l'abitato di Sottomarina, che occupa quasi tutto il settore centro-settentrionale, e un'ampia area agricola, con infrastrutture turistiche (campeggi e villaggi) nella porzione meridionale.

La configurazione dell'arenile, orientato in direzione NNW-SSE, lo rende esposto alle mareggiate di Bora, ma sufficientemente protetto da quelle di Scirocco a causa della prominenza morfologica del delta del Po.

La spiaggia è storicamente in accrescimento, grazie agli apporti solidi dei fiumi meridionali (Po, Adige e Brenta) ed alla deriva litoranea diretta verso Nord, che tende ad accrescere le spiagge sopraflutto alla diga di Chioggia.

L'instabilità della porzione meridionale, prossima alla foce del Brenta, è stata di recente contrastata, ad opera del Magistrato alle Acque – CVN, attraverso un rifluimento di sabbia lungo i 500 m più meridionali.

3.2.2 Evoluzione storica

Il litorale di Sottomarina è l'unico a presentare, sin dalle prime documentazioni geodetiche, un continuo accrescimento della spiaggia. In realtà il fenomeno ebbe origine con la deviazione del corso del Brenta-Bacchiglione, immessi nel taglio artificiale del Brenta Nuovo, conclusosi nel 1896 e con la successiva costruzione delle dighe del porto di Chioggia, avvenuta in fasi alterne tra il 1911 e il 1933.

Se si analizza, infatti, l'evoluzione del litorale dalla prima levata IGM del 1892 si può notare che l'antico nucleo dell'abitato di Sottomarina era direttamente affacciato al mare, e difeso dai murazzi costruiti nel 1773-1760 ed oggi in parte demoliti o in abbandono (ROTONDI & ZUNICA, 1995). I murazzi, prima della realizzazione delle dighe di Chioggia, raccordavano il tratto compreso tra il forte S.Felice e Sottomarina, quasi in continuità con le difese collocate lungo Pellestrina.

Gli effetti della nuova immissione a mare del sistema Brenta-Bacchiglione furono così immediati che già nel 1908, cioè prima che venissero costruite le dighe della bocca di Chioggia, l'arenile era avanzato in modo considerevole rispetto al 1892, nel tratto compreso tra la nuova foce e il punto mediano dei murazzi di Sottomarina, in corrispondenza del limite settentrionale dell'abitato. La spiaggia presentava infatti ampliamenti variabili da 115 a 185 m, corrispondenti a tassi di 7-11 m/anno (ZUNICA, 1971).

Nel 1931 si era formato un arenile ampio 225 m nel tratto antistante i murazzi settentrionali, quasi in radice della nuova diga sud di Chioggia, i cui lavori erano stati quasi completamente ultimati. L'avanzamento della spiaggia di Sottomarina era proseguito con ritmi inferiori rispetto al periodo precedente, fatta eccezione per il tratto meridionale, che denunciava un processo erosivo (arretramento di 140 m circa nella sezione tipo: ZUNICA, 1971) molto probabilmente legato ad una fase di fluttuazione verso nord della foce del Brenta. Anche in

questo periodo, fatto salvo il già citato apice settentrionale, l'accrescimento si era manifestato in modo variabile, tra 55 e 190 m.

La levata IGM del 1962 mostra un arenile piuttosto omogeneo e molto ampio, in virtù di una fase ripascitiva che aveva interessato la spiaggia in modo uniforme, con avanzamenti rispetto al 1931 superiori a 150 m lungo tutto il litorale.

Complessivamente, considerato il periodo 1892-1962 la spiaggia è avanzata di 300 m in corrispondenza della foce dell'Adige, fino ad un massimo di 480 m nel tratto centrale. Anche l'estremità settentrionale presenta una crescita superiore a 400 m nel settantennio citato.

Analogamente a quanto riscontrato per il litorale di Isola Verde, i dati storici relativi all'evoluzione dei fondali, desunti dai rilievi dell'Istituto Idrografico della Marina svolti nel 1868, 1905, 1938 e 1951, mostrano tendenze controverse, con fasi ripascitive alternate a fasi erosive. La massima crisi erosiva si era instaurata nei fondali superiori a 5 m nel periodo 1868-1905, seguita da un generale ripascimento nel periodo successivo (1905-1931). Nel 1951, infine, gran parte dei fondali di Sottomarina denunciano un approfondimento, localizzato soprattutto nella fascia più sottocostiera entro i 5 m di profondità, in particolar modo nel settore più settentrionale e in quello antistante alla foce del Brenta (ZUNICA, 1971).

3.2.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti SA...SK)

L'evoluzione recente del litorale di Sottomarina è contraddistinta da un trend accrescitivo della linea di riva desumibile, sia attraverso i dati dei rilievi eseguiti in più annate a partire dal 1968, sia attraverso le levate aero-fotogrammetriche aggiornate al 1998. Tale tendenza è confermata inoltre dal confronto tra la CTR del 1987 ed i rilievi del Consorzio Venezia Nuova del 2004.

Nei periodi 1968-1980, 1980-1987 e 1987-1998 tutto il litorale si presentava in accrescimento, con valori corrispondenti a 40-50 m in media per i tre periodi considerati ad indicare avanzamenti uniformi per il settore centro-settentrionale.

Il settore meridionale, immediatamente a sud dell'abitato di Sottomarina, presentava fino al 1998 un sensibile decremento dei tassi di crescita, attestati su valori inferiori al metro annuo, fatta salva un'oscillazione positiva più marcata (4.6 m/anno) in corrispondenza della foce del Brenta nell'ultimo decennio, determinata però da fattori non naturali (rifiuto di sabbie). Infatti, nell'ambito del Progetto per la Salvaguardia di Venezia sono stati realizzati dal Magistrato alle Acque – CVN alcuni interventi, consistenti nell'ampliamento della spiaggia a ridosso della diga nord della foce del Brenta e nel prolungamento della diga stessa di 360 m con una fila di palancole metalliche a pelo d'acqua, con il fine di veicolare le acque fluviali inquinate verso il largo.

I rilievi più recenti (CVN, 2004) evidenziano, per la porzione centro meridionale del litorale, l'esistenza di tratti in erosione e stabili (escluso il tratto più prossimo alla foce del

Brenta), con tassi pari a -1.09 m/anno e -0.11 m/anno (1987-2004). Per quanto riguarda il settore centro-settentrionale la tendenza ripascitiva fa registrare un tasso di avanzamento che va da 1.95 m/anno per il tratto SF a 6.53 m/anno nel tratto SK, immediatamente a ridosso della bocca di porto di Chioggia (periodo 1987-2004).

In generale pertanto, si può affermare che il trend di crescita per la porzione settentrionale della spiaggia di Sottomarina nell'ultimo ventennio non ha subito decrementi di rilievo, risultando in media di poco inferiore ai valori medi a scala secolare. I trend diminuiscono procedendo verso sud, dove le sensibili diminuzioni del carico solido possono essere imputate alle continue regimentazioni operate dall'uomo lungo l'asta terminale del Brenta e alle modificazioni ed allungamenti del suo molo foraneo.

Viceversa, analogamente a quanto riscontrato a scala secolare, il trend dei fondali risulta piuttosto variabile e non è sempre correlato con la crescita della linea di riva.

Il confronto tra i rilievi svolti nel 1968 e il 1975 (CNR, 1980) segnalava infatti una marcata fase erosiva su quasi tutti i fondali di Sottomarina, soprattutto nel tratto più profondo (fino a 10 m di profondità) ma anche in quello sottocostiero (fino a 5 m di profondità). Quest'ultima fascia presentava tassi di erosione media annua variabili da 8 a 138 m³/m/anno, con la sola eccezione del tratto centrale che registrava un debole incremento volumetrico pari a poco meno di 6 m³/m/anno.

A scala annuale, con riferimento al confronto batimetrico 1975-76, è stata registrata una ripresa ripascitiva per il settore settentrionale e ad una fase erosiva per quello meridionale, con tassi variabili da 29 a 18 m³/m per il primo e da -11 a -18 m³/m per il secondo. I dati successivi, riferiti al periodo 1976-1982, indicavano una situazione di generale ripresa dei fondali, con tassi di accrescimento molto variabili e compresi entro 4 e 60 m³/m/anno, rispettivamente per il settore settentrionale e meridionale.

Il bilancio volumetrico complessivo del periodo 1968-1982 ha risentito inevitabilmente dei forti squilibri determinati dai processi erosivi occorsi durante il 1968-76 soprattutto per l'area sottocostiera più settentrionale. Questo settore presentava infatti un deficit sedimentario in un intervallo di quattordici anni, con valori compresi tra 17 e 58 m³/m/anno, in apparente contrasto con il trend marcatamente ripascitivo della linea di riva. Al contrario, per lo stesso periodo, è stato rilevato nel settore meridionale un accumulo variabile tra 7 e 20 m³/m/anno.

Il dato di confronto più recente, relativo al periodo 1982-2004 evidenzia una situazione differente, in quanto si registra l'esistenza di una fase erosiva nel tratto meridionale (tasso di erosione medio annuo tra -36 e -17 m³/m) e di stabilità per quella centrale (SG), mentre per i tratti settentrionali la tendenza è ripascitiva, con tasso medio annuo che si attesta sui 14 m³/m. La pendenza della spiaggia sottomarina rimane compresa all'interno di un range piuttosto ristretto, con valori compresi tra 0.0063 e 0.0070.

I dati relativi alla spiaggia sottomarina confermano l'elevata dinamicità della stessa nei tratti costieri fortemente influenzati dalle opere aggettanti, che possono provocare vortici di

ritorno e “squilibri” idrodinamici capaci di innescare profonde scalzature sui fondali; alla stessa stregua, tratti prossimi alle foci fluviali risentono fortemente delle modificazioni morfologiche determinate dal getto del corso d’acqua, soprattutto nei momenti di piena.

3.2.4 Tipologie difensive

Tutto il litorale risulta privo di difese a mare, sia di tipo parallelo che trasversale, in virtù del regime ripascitivo che interessa la linea di riva.

Le difese attualmente esistenti sono rappresentate da rilevati dunosi naturali o da strutture rigide del retrospiaggia in conseguenza del diverso uso del territorio retrostante e del conseguente sfruttamento intensivo a scopi turistici dell’arenile. Nel primo caso si fa riferimento al settore meridionale, compreso entro i tratti SA, SB, SC e SD, il cui entroterra è infatti per gran parte d’uso agricolo e solamente la fascia più prossima al mare è oggi occupata da insediamenti turistici (in prevalenza villaggi e campeggi). Il ridotto carico turistico ha consentito in questa zona la sopravvivenza di dune costiere anche se in varia misura antropizzate. Nel secondo caso i tratti centrali (settori SE, SF, SG ed SH) sono costituiti invece dall’arenile che fronteggia l’abitato di Sottomarina, sul quale si trova il maggior numero di stabilimenti balneari ed infrastrutture turistiche. L’arenile termina con un tratto (compreso entro i settori SI, SJ e SK) non urbanizzato, con alcune infrastrutture (parcheggi, ristoranti) direttamente sulla spiaggia.

Con riferimento alle difese, il tratto più meridionale (SA), che si estende per 480 m a partire dal molo nord del Brenta, presenta una spiaggia molto ampia anche grazie al rifluimento eseguito dal Magistrato alle Acque - CVN, protetta da un fronte dunoso con altezze medie superiori ai 6 m sul l.m.m. Le dune si trovano in buono stato, soprattutto nella parte più meridionale dove sono presenti in più ordini, hanno buona copertura vegetale e fianchi poco ripidi, mentre man mano che si procede verso nord aumenta lo stress antropico cui sono sottoposte e vi è la presenza di alcuni varchi e di aree denudate. Di recente vi sono state posizionate, allo scopo di favorire l’accumulo eolico e proteggere la duna, delle reti frangivento in materiale plastico.

Nei tratti successivi, la spiaggia tende a ridursi in ampiezza (100 m in media per il tratto SB), con un cordone di dune meno elevate rispetto alle precedenti (in media a circa 5 m di altezza), ma soprattutto fortemente destabilizzate, con più filari frangivento in stato precario di conservazione. La destabilizzazione delle dune è determinata dalla reiterazione di operazioni di sbancamento eseguite dagli operatori turistici per cercare di spianare e ricaricare la spiaggia antistante i campeggi.

Tale situazione perdura anche nei due settori più a nord (SC e SD), lunghi 214 m e 234 m rispettivamente. Qui la spiaggia, pur con ampiezze superiori a 100 m, è difesa alle spalle da un cordone di dune piuttosto ripido ed instabile, dapprima piuttosto elevato (6 m circa), ma poi via via decrescente verso nord, fino a raggiungere quote medie di 3 m circa. Nei tratti in cui la

spiaggia tende a ridurre la sua ampiezza, la duna presenta evidenti segni di erosione al piede, probabilmente a causa di ingressioni marine di particolare intensità.

Il tratto di arenile che fronteggia la parte più meridionale dell'abitato di Sottomarina non presenta alcun tipo di difesa per circa 300 m (settore SE). Tuttavia la spiaggia è piuttosto ampia (circa 200 m) con una linea di riva stabile nel corso degli ultimi 17 anni (confronto 1987-2004).

Tutto il settore centrale della spiaggia di Sottomarina, di fronte all'abitato (settori SF e SG) presenta una struttura paraonde (muretto) con un marciapiede, con sommità a quota variabile tra 4.1 (SF) e 3.2 m (SG). Il muretto con marciapiede, che si sviluppa per oltre 2,5 km a fianco della sede stradale del lungomare, presenta numerose interruzioni, in corrispondenza dei varchi di accesso agli stabilimenti balneari. Moltissime strutture di ristoro e tutte le infrastrutture balneari sono ubicate sul lato non protetto. Contrariamente a quanto previsto per analoghe strutture nel settore più orientale della provincia di Venezia (cfr. Caorle) i varchi non hanno sistemi modulari di chiusura in caso di mareggiata; va tuttavia segnalato che la spiaggia presenta ampiezze considerevoli (superiori a 200 m) e quote comunque tali da contenere gli effetti di ingressione da parte del mare.

I settori costieri più settentrionali (SH, SI, SJ e SK) presentano una spiaggia piuttosto ampia (da 200 a 311 m), generata dal continuo avanzamento della linea di riva. Le difese sono limitate ad un breve tratto centrale (SJ) di 100 m di lunghezza, dove sono presenti dune costiere piuttosto basse (2 m di altezza) e scarsamente vegetate. L'entroterra in questa zona è occupato solamente da campeggi, con varie strutture di fruizione turistica.

3.3 TRA IL PORTO DI CHIOGGIA E IL PORTO DI MALAMOCCO: IL LITORALE DI PELLESTRINA

3.3.1 Generalità

Il lido di Pellestrina è compreso tra la bocca di Malamocco e quella di Chioggia, dei cui bacini limita a mare rispettivamente la porzione meridionale e quella settentrionale. Su un'estensione totale di poco più di 11 km, completamente priva di sfruttamento turistico, si sviluppano tre centri abitati: Pellestrina, Portosecco e S. Pietro in Volta.

A causa delle imponenti dighe di regimazione presenti alle bocche, può essere considerato un sistema privo di apporti sedimentari esterni.

Rispetto ai restanti lidi veneziani, è quello in cui ha agito maggiormente la capacità distruttiva del mare, e conseguentemente si sono concentrati gli interventi di difesa con la costruzione di murazzi e pennelli che lo proteggono per quasi tutta la sua lunghezza. La larghezza dell'isola varia da alcune centinaia a poche decine di metri in corrispondenza dell'ansa di Ca'Roman, dove la linea di separazione tra mare e laguna consiste soltanto nel murazzo e nella scogliera antistante. Prima dell'intervento di rifluimento, realizzato a partire dal 1994, la spiaggia

emersa era quasi del tutto scomparsa già da alcuni secoli.

Una situazione opposta caratterizza l'estremità meridionale (Ca'Roman), uno dei rari esempi di spiaggia in forte progradazione, favorita sia dalla posizione geografica che vede la linea di riva in posizione arretrata rispetto all'allineamento litoraneo generale, sia dalla costruzione del molo nord del Porto di Chioggia, che ha funzionato da ostacolo pressoché insormontabile per il trasporto solido lungo riva. L'avanzamento progressivo della linea di riva ha determinato la formazione di più ordini di dune costiere, che costituiscono attualmente un'oasi naturale protetta (area SIC).

3.3.2 Evoluzione storica

L'evoluzione del litorale nel periodo 1809–1951 è ampiamente descritta da ZUNICA (1971). Già nel 1809 la spiaggia emersa era completamente assente ed era presente lungo tutto il litorale un argine in muratura con speroni in pietrame. Dopo la costruzione dei moli alle bocche di Malamocco (terminato nel 1872) e di Chioggia (iniziato nel 1911 e terminato nel 1933), la situazione si era ulteriormente aggravata, determinando una rapida erosione anche della spiaggia sottomarina e accentuando così gli effetti del moto ondoso sulle difese.

Le uniche modificazioni del litorale, essendo la spiaggia emersa assente e la linea di riva rappresentata dai murazzi, riguardano i fondali antistanti le difese. Fino al 1938 si erano registrati, a riguardo, fatti erosivi variamente localizzati (ZUNICA, 1971), pur essendo prevalenti nel tratto centro-settentrionale. A ridosso del molo nord del Porto di Chioggia era invece presente una prima formazione di spiaggia che aveva insabbiato un tratto di circa 1 Km di difese per un'ampiezza di circa 400 m. Dal 1938 al 1951 divenne evidente la fase erosiva che interessò i fondali lungo tutto il litorale di Pellestrina tra i -5 e i -10 m e per buona parte anche a profondità inferiori (ZUNICA, 1971). Pur essendo i fatti erosivi non molto massicci dal punto di vista quantitativo, la loro estensione fu tale da determinare un'elevata vulnerabilità del cordone litoraneo. Contemporaneamente la linea di riva nella zona di Ca'Roman andava soggetta a rapido avanzamento (tasso medio di 8.3 m/anno per il periodo 1933-1955).

Gli effetti della fase erosiva in atto lungo il litorale di Pellestrina si fecero sentire durante la mareggiata del 4 novembre 1966, quando i murazzi subirono il sormonto da parte del moto ondoso e cedettero in più punti.

Contemporaneamente, in quel periodo (1955-1968) e in quello immediatamente successivo, (1968-78) per la spiaggia di Ca'Roman si manifestò un netto calo dei tassi di avanzamento della linea di riva, con una media di 5.3 m/anno nel primo caso e di 2.8 m/anno per il secondo (BOSCOLO, 1999).

3.3.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti PA...PJ)

L'arenile di Ca'Roman attualmente ha raggiunto un'estensione di circa 70 ettari ed è un

ambiente di estrema importanza ecologica, si tratta infatti di uno dei pochi tratti di litorale del Nord Adriatico con un sistema ampio e articolato di dune costiere. Esso è costituito da terra verso mare da dune stabilizzate, avandune, avandune incipienti, e presenta le tipiche successioni vegetali di questi ambienti. Inoltre è sito di nidificazione per alcune specie protette di uccelli. La spiaggia emersa vera e propria ha ampiezza limitata come in tutti i sistemi dove la vegetazione si sviluppa naturalmente (60 m circa). Considerando la fascia di dune attive la spiaggia raggiunge un'ampiezza di 152 m. Attualmente, sulla base del confronto tra la CTR del 1987 ed i più recenti dati del Consorzio Venezia Nuova (2004) sembra essersi in parte esaurita la forte tendenza ripascitiva, con tassi di accrescimento ulteriormente ridimensionati (2.1 m/anno).

L'andamento evolutivo dei fondali antistanti il litorale di Pellestrina è indicato dai computi volumetrici relativi al periodo 1968-1992 riportati in CASTELLI et al.(1994); essi registrano modificazioni sia in senso erosivo che ripascitivo in tratti diversi del litorale. I volumi in gioco sono comunque tali da poter indicare la situazione come stabile per tutti i tratti, almeno per quel che riguarda la fascia attiva della spiaggia sottomarina (entro i 5 m di profondità). Essa, nel periodo 1988-1992, è stata caratterizzata da una diminuzione delle pendenza (RUOL, 1994).

Nonostante i rinforzi operati sulle difese dopo il 1966, si erano manifestati nei periodi successivi frequenti problemi dovuti al sormonto e a filtrazioni d'acqua oltre il murazzo e allagamento delle zone abitate, sollevamento delle lastre di pavimentazione, rimozione dei massi della scogliera ed erosione al piede della stessa. Per fornire un'adeguata difesa al lido di Pellestrina si è ritenuto che la soluzione più efficace fosse la costruzione di una nuova spiaggia, la cui realizzazione ebbe inizio nel 1994 ad opera del Consorzio Venezia Nuova - Magistrato alle Acque. Il sistema della nuova spiaggia comprende un'organizzazione in celle delimitate da pennelli laterali di lunghezza variabile tra 150 e 210 m e collegati tramite setti di prolungamento ad una scogliera sommersa (berma), posta parallelamente alla costa a circa 300 m da essa. L'intervento si sviluppa per circa 9 Km a partire dalla zona situata immediatamente a nord dell'ansa di Ca'Roman, fino alla diga sud della bocca di Malamocco e comprende 17 celle, le cui dimensioni variano da un minimo di 400 ad un massimo di 540 m (CVN, 1995).

Per la formazione della nuova spiaggia, sono stati utilizzati 4.600.000 m³ di sabbia prelevata da un'area residuale di piattaforma, che si trova ad una distanza di circa 20 km dalla costa, ad una profondità compresa tra 17 e 22 m. Oltre al ripascimento sono stati messi a punto degli interventi complementari, quali il rinforzo delle difese a mare già esistenti: sono stati collocati dei nuovi blocchi di roccia, sistemati i massi deteriorati, sostituiti quelli rimossi dal mare, in modo che la nuova scogliera abbia una pendenza più dolce di quella precedente.

Dopo la formazione della nuova spiaggia di Pellestrina, si sono verificati notevoli episodi di deflazione che hanno trasportato ingenti quantità di sabbia oltre il murazzo, sulla strada, nei campi e anche nelle abitazioni. Per ovviare al problema è stata inizialmente studiata, dal Consorzio Venezia Nuova, una barriera frangivento costituita da piante di tamerici in tripla fila, da posizionare nella parte alta della spiaggia a qualche metro dalla scogliera. Per garantire la

difesa durante il periodo impiegato dalle piante per raggiungere dimensioni adeguate, è stata posizionata una struttura frangivento artificiale, mobile o fissa a seconda delle celle, atta a bloccare una elevata percentuale del trasporto eolico.

Relativamente all'evoluzione della linea di riva, i rilievi eseguiti dal Consorzio Venezia Nuova successivamente all'intervento (2004), evidenziano una situazione di assestamento; si sottolinea però come il confronto non sia stato ritenuto significativo nell'ambito degli scopi del presente lavoro, dato il breve intervallo di tempo intercorso dalla conclusione dei lavori e data la particolarità del sistema spiaggia, nel quale ogni cella costituisce di fatto un sistema chiuso senza scambi sedimentari con l'esterno. Fa eccezione il tratto più settentrionale (PJ), che presenta un tasso di avanzamento della spiaggia di 2.4 m/anno.

Dal confronto tra i rilievi batimetrici del 2004 ed i precedenti (CVN, 1999), la pendenza della spiaggia sottomarina ha registrato un generale lieve incremento, fatta eccezione per il tratto PC la cui pendenza è diminuita passando da 0.0234 a 0.0121 e per i tratti PA e PB il cui dato resta sostanzialmente invariato.

3.3.4 Tipologie difensive

La zona di Ca'Roman, è occupata da un bosco litoraneo nel quale sono presenti alcune case, e risulta naturalmente difesa in modo efficace. Sono infatti presenti, da mare verso terra, una fascia ad avandune incipienti, una ad avandune e più ordini di dune stabilizzate con vegetazione naturale. Le quote sono variabili trattandosi di un sistema naturale piuttosto articolato. Per salvaguardare in quest'area la presenza di componenti vegetazionali e faunistiche di pregio, essa è stata compresa all'interno del SIC "Lidi di Venezia, biotopi litoranei" (IT 3250023).

La fascia di dune più prossima alla linea di riva è caratterizzata da quote molto irregolari, comprese tra 1.7 e 2.4 m, da vegetazione discontinua e da frequenti piccoli varchi naturali (blowout), orientati nella direzione del vento dominante (bora), alcuni dei quali periodicamente invasi dall'acqua. Verso l'interno il sistema di dune si fa più continuo con quote comprese tra 2.3 e 3.5 m, e ben vegetato. Le dune secondarie, completamente ricoperte dalla vegetazione, presentano quote variabili tra 3 e 7 m e costituiscono nell'insieme una struttura continua, fatta eccezione per alcune brevi interruzioni costituite da solchi scavati dal passaggio antropico.

Dopo l'intervento di rinforzo, il litorale di Pellestrina risulta difeso per tutta la rimanente lunghezza dai "murazzi", in alcuni tratti costituiti dalla struttura storica in pietra d'Istria, in altri da strutture meno pregiate dal punto di vista storico/architettonico, ma del tutto simili dal punto di vista dell'efficacia. In particolare due tipologie sono facilmente identificabili. In un primo caso (tratto PC) il murazzo è costituito da un muro verticale in pietra di spessore di circa 1 m, la cui sommità raggiunge la quota di 4.8 m, con una rampa antistante debolmente inclinata (attualmente sepolta dalla sabbia) ulteriormente protetta da una scogliera in massi. A partire

dall'abitato di Pellestrina per tutto il rimanente litorale, il muro paraonde in pietra, meno profondo (circa 50 cm), raggiunge la quota media di 5.2 m, ed è preceduto, verso terra, da un camminamento posto a quota di poco inferiore e seguito verso mare da due rampe inclinate a diverso angolo, prima della consueta scogliera.

Lungo tutto il litorale, nelle celle interessate dal rifluimento, la massicciata è preceduta verso mare da una spiaggia, ampia da 50 a 70 m, protetta a sua volta da una barra sommersa in massi. Quest'ultima ha la funzione di provocare la frangenza dell'onda ad una certa distanza dalla linea di riva e nello stesso tempo di limitare le perdite di sabbia verso il largo per la presenza di correnti di ritorno. La presenza della barra sommersa e della spiaggia impediscono che i murazzi vengano direttamente investiti dall'azione delle onde, come accadeva nel passato.

3.4 TRA IL PORTO DI MALAMOCCO E IL PORTO DI LIDO: IL LITORALE DI LIDO

3.4.1 Generalità

Il litorale del Lido è compreso tra la bocca di Malamocco e quella di Lido ed ha un'estensione totale di circa 11.5 km; di essi soltanto 8 km circa sono costituiti da spiaggia, suddivisa in due tratti posti alle estremità meridionale e settentrionale. Nella porzione centrale, completamente priva di spiaggia, la linea di riva è di fatto costituita da una difesa radente, "i murazzi". Gli scambi sedimentari sono limitati dalla presenza dei due moli aggettanti che limitano il litorale a sud ed a nord e che ne fanno un sistema chiuso: rispettivamente la diga nord della bocca di Malamocco e quella sud del Porto di Lido. Sull'isola sono presenti gli abitati di Alberoni, Lido e Malamocco, questi ultimi sono ormai un unico comprensorio urbanizzato a forte vocazione turistica.

3.4.2 Evoluzione storica

L'evento principale che ha condizionato l'evoluzione del litorale nell'ultimo secolo fu la costruzione delle dighe foranee delle bocche di Malamocco e di Lido. Dopo la costruzione della diga sud della bocca di Lido (terminata nel 1891), la porzione settentrionale del litorale (per una lunghezza di circa 5.5 km a partire dalla bocca stessa) fece registrare, fino al 1951, avanzamenti massimi della linea di riva di circa di 450 m (ZUNICA, 1971). Si ebbe così la formazione di un arenile di forma falcata, che risultava via via più sottile verso sud fino a scomparire nella zona protetta dai murazzi e che sarebbe divenuto la spiaggia turistica del Lido. Notevoli modificazioni si verificarono anche sui fondali antistanti dove, nel periodo immediatamente successivo alla costruzione della diga (1886-1905), si assistette alla scomparsa dell'ampia barra sabbiosa che, parallelamente alla spiaggia, si protendeva fino al Forte Quattro Fontane, e contemporaneamente al protendersi verso il largo dell'isobata dei -5 m.

Analogamente, nel tratto meridionale a ridosso della diga nord di Malamocco, si sviluppò una falcatura di circa 2 km, con un accrescimento massimo in radice alla diga stessa di oltre 300

m accompagnati da un consistente accumulo di sedimenti sui fondali fino all'isobata -5m.

La parte centrale del litorale, protetta dai murazzi per circa 4500 m, risultava già priva di arenile e pertanto la linea di riva fu da allora artificialmente stabilizzata. I fondali fecero registrare, estesi asporti di materiale in un'ampia fascia a cavallo dell'isobata dei -5 m già nel periodo 1898-1938; nel periodo successivo (1938-1951) l'erosione interessò una fascia ben più ampia, dall'isobata -10 m fino ai bassi fondali.

Gli andamenti appena citati vengono confermati dai dati riportati da BRAMBATI (1987) relativamente al periodo 1933 - 1968, che indicano per la zona degli Alberoni avanzamenti della linea di riva compresi tra 60 e 100 m, mentre per il litorale a nord i valori registrati sono compresi tra 35 e 205 m, con i valori massimi nella zona di S. Nicolò di Lido.

3.4.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

Tratto meridionale (Tratti LA... LG)

BRAMBATI (1987) riporta per il litorale degli Alberoni tassi di avanzamento significativi compresi tra 12 m/anno in radice alla diga e 1.7 m/anno nella porzione centrale per il periodo 1968-80. A questo periodo ha fatto seguito una fase erosiva nel periodo 1980-87 con tassi di arretramento compresi tra -1.4 e -3 m/anno, ad eccezione dell'estremità meridionale dove si è registrato un ulteriore avanzamento della linea di riva di 7 m/anno. Il periodo più recente (1987-98) per il quale sono disponibili dati, vede una stabilizzazione di questo tratto di litorale, che si attesta su valori di debolissima crescita (tassi massimi di 0.6 m/anno). Accanto a ciò la situazione dei fondali antistanti appare stabile con una tendenza ripascitiva per il tratto più prossimo alla diga. Dal confronto dei più recenti profili batimetrici disponibili, relativi alle annate 1968-92 e riportati in CASTELLI et al. (1994), si ricava infatti un tasso positivo di 12 m³/m anno per la sezione S12 prossima alla diga, ed un tasso di soli 6 m³/m anno per la sezione S11. La morfologia del fondale è caratterizzata dalla presenza di barre multiple e da pendenze medio basse che tendono ad aumentare verso nord, passando da 0.0068 a 0.0076 rispettivamente nella sezioni S12 e S11 (rilievi CVN, 1997).

Questa porzione del litorale del Lido è caratterizzata dalla presenza di dune naturali in buono stato (tratti LA e parzialmente LC) o dai residui delle dune un tempo presenti con una distribuzione continua ed ora ormai antropizzate e spesso rese discontinue o addirittura ridotte a lembi. La spiaggia risulta a tratti interessata da sfruttamento turistico ed è quindi occupata dalle relative strutture di fruizione. Nei tratti dove la spiaggia non viene spianata sono presenti vegetazione spontanea ed accumuli eolici, in genere di piccole dimensioni.

Tra i tratti che conservano caratteri naturali, la zona degli Alberoni (LA) comprende una vasta zona a bosco e dune fossili anche piuttosto alte (oltre i 7 m). Verso mare è presente una fascia ad avanduna stabilizzata, che non presenta una linea di cresta continua, bensì una morfologia irregolare; la vegetazione è invece piuttosto continua, prevalentemente erbacea. Sono inoltre frequenti blowout (anche innescati dal passaggio di persone), evidenti segni d'erosione al

fianco di alcuni degli accumuli ed ampie aree denudate con evidente deflazione eolica. Segue ancora, verso mare, una fascia ad avanduna incipiente dove avviene, per la presenza di vegetazione spontanea, l'accumulo della sabbia trasportata dal vento. La spiaggia emersa vera e propria si estende per un'ampiezza media di 81 m.

Sul resto del litorale la spiaggia emersa si presenta con ampiezze estremamente variabili da tratto a tratto, proprio in dipendenza della presenza o meno di avandune sulla parte alta della spiaggia. Considerando l'insieme spiaggia emersa/avanduna le ampiezze della spiaggia risultano sempre molto elevate (tra 129 e 204 m), riducendosi drasticamente solo nei 400 m di arenile a sud dei murazzi, dove le medie si abbassano a 73 e 34 m (rispettivamente per il tratto LF ed LG). In corrispondenza dell'inizio del murazzo la spiaggia emersa risulta praticamente assente.

Tratto dei murazzi (Tratti LH-LI)

La porzione centrale del litorale del Lido, per una lunghezza totale di 4500 m, è difesa dai "murazzi". Essi sono costituiti da un muro paraonde in cemento preceduto verso mare da una sponda inclinata e da una massicciata, seguita verso terra da un camminamento. Nella porzione settentrionale, per circa 1800 m, sono inoltre presenti pennelli trasversali posti a circa 80 m l'uno dall'altro.

Di fatto la struttura del murazzo costituisce una linea di riva artificiale per tutto questo tratto del litorale. La spiaggia emersa infatti è completamente assente ad eccezione di una piccolissima falcatura sabbiosa (pochi metri) presente all'estremità settentrionale.

La tendenza evolutiva della zona può essere desunta pertanto solamente dall'analisi delle variazioni dei fondali intercorse nel periodo 1968-92 che indicano una situazione di sostanziale stabilità (CASTELLI et al., 1994), desumibile da tassi di erosione/accrescimento variabili da $-1.8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ a $6.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$. La spiaggia sottomarina è inoltre configurata con pendenze medie comprese tra 0.0082 e 0.0087 (dati CVN, 1997); barre multiple sono presenti solo nella porzione meridionale (sezione S9-S10), mentre procedendo verso nord è presente una sola barra (sezioni S8-S6).

Si segnala che la spiaggia sottomarina immediatamente antistante il murazzo presenta un truogolo piuttosto marcato, alla distanza di circa 130 m dalla riva, con profondità comprese tra 2.5-3.0 m. Questa morfologia è sicuramente imputabile alla presenza dei murazzi, che pur smorzando l'onda, tendono in parte a rifletterla producendo una progressiva sovraescavazione dei fondali.

Tratto settentrionale (Tratti LJ... LN)

L'arenile settentrionale è caratterizzato da una spiaggia emersa, la cui ampiezza passa da valori minimi di 6 m nella zona più prossima ai murazzi, a valori via via maggiori man mano che si procede verso nord, fino a raggiungere valori estremamente elevati (177 m presso i Bagni Comunali). Si tratta, salvo rare eccezioni, di una spiaggia emersa del tutto antropizzata, spianata

e occupata da strutture di fruizione turistica di svariata tipologia, molte delle quali anche piuttosto rilevanti. Gli unici tratti non soggetti a sfruttamento turistico (la zona dell'Ospedale al Mare e quella più prossima alla bocca di Lido) conservano alcuni caratteri di naturalità, costituiti dalla presenza di avandune costiere a vegetazione erbacea spontanea, di dimensioni piuttosto modeste (quote massime di 3.2 m nella zona dell'Ospedale). Esse occupano una buona parte della spiaggia, soprattutto nel secondo caso, dove la porzione di spiaggia emersa propriamente detta si riduce a poco meno di 50 m.

Nella porzione meridionale, per una lunghezza di circa 2 km sono presenti pennelli trasversali alla linea di riva con spaziatura variabile tra 90 e 190 m.

L'evoluzione recente della linea di riva ha conservato la passata tendenza all'avanzamento lungo tutto l'intervallo di tempo compreso tra il 1968 e il 1998. I tassi di avanzamento della linea di riva sono massimi in corrispondenza dell'estremità settentrionale (S. Nicolò di Lido) e via via minori procedendo verso sud. I più elevati sono riferibili al periodo 1980-1987 (BRAMBATI, 1987), nel quale la linea di riva nella zona di S. Nicolò è avanzata di 8.6 m/anno. Nell'ultimo periodo (1987-98) i tassi appaiono ridotti e sono compresi tra 3.7 m/anno a nord e 1.1 m/anno a sud. La spiaggia sottomarina è generalmente caratterizzata dalla presenza di una barra sottomarina e da pendenze basse, con massimi valori (0.0053 in media) nella porzione meridionale (LJ), prossima ai murazzi (dati CVN, 1997). Sulla base dei rilievi eseguiti nel periodo 1968-1992 (CASTELLI et al., 1994) risulta tuttavia che i fondali sono interessati da un debole processo erosivo, con valori variabili da 8.9 a 29.3 m³/m/anno, eccezion fatta per l'estremità settentrionale a ridosso del molo di Lido, dove i fondali denunciano un incremento pari a ca. 10 m³/m/anno.

3.4.4 Tipologie difensive

Tratto meridionale (Tratti LA – LG)

Nella parte meridionale del litorale di Lido in cui i principali nuclei di urbanizzazione sono costituiti dal centro abitato di Alberoni e dal comprensorio ospedaliero S. Camillo, sono presenti tipologie di difesa esclusivamente naturali, con efficienza medio alta.

L'estremità meridionale, per un tratto di circa 870 m (tratto LA) a partire dal molo guardiano della bocca di Malamocco appare naturalmente ben munita, per la presenza sia di una spiaggia sottomarina con buone caratteristiche dissipative (pendenza medio bassa e presenza di barre multiple), sia di una spiaggia emersa abbastanza ampia (81 m). La presenza di più ordini di dune costituisce inoltre un'efficace barriera nei confronti dell'ingressione marina: la duna fossile raggiunge infatti quote ragguardevoli ed è preceduta da un sistema articolato di avandune più o meno stabilizzate dalla vegetazione e di avandune incipienti, evidenza di deposizione eolica in atto. Questo sistema è in grado di dissipare l'energia del moto ondoso e quindi di proteggere il fianco della duna stabilizzata dall'azione diretta del mare. La presenza di aree denudate dove la deflazione eolica non viene in alcun modo ostacolata potrebbe invece rappresentare un fattore

d'instabilità e di debolezza del sistema e andrebbe quindi limitata attraverso opportuna rivegetazione.

Nei tratti successivi, verso nord, l'efficacia della presenza delle dune viene spesso limitata dalla presenza di interruzioni e varchi di varia natura e dalla totale antropizzazione. Laddove sono presenti sistemi articolati di avandune o avandune incipienti (tratti LC - LD) la continuità laterale, assai scarsa, ne limita l'efficacia difensiva. In corrispondenza delle strutture del comprensorio ospedaliero S. Camillo mancano completamente strutture di difesa; lo spianamento della spiaggia provoca deflazione eolica che porta la sabbia ad accumularsi sulle recinzioni dell'ospedale. L'ospedale, inoltre, si trova ad una quota più bassa rispetto al limite della spiaggia emersa.

Il tratto compreso tra l'ospedale e l'inizio dei murazzi (LF - LG) presenta strutture difensive costituite da un muro (tratto LF) e da un argine (tratto LG), che raggiungono entrambi quote comprese tra 4 e 4.5 m.

In tutta questa porzione del litorale la spiaggia sottomarina, che presenta barre multiple e pendenze medio-basse, costituisce un ulteriore elemento di difesa per il litorale.

Per salvaguardare in quest'area la presenza di componenti vegetazionali e faunistiche di pregio, essa è stata compresa all'interno del SIC "Lidi di Venezia, biotopi litoranei" (IT 3250023).

Tratto dei murazzi (Tratti LH - LI)

La porzione centrale del litorale del Lido, per una lunghezza totale di 4500 m, è difesa dai "murazzi". Essi sono costituiti da un muro paraonde in cemento preceduto verso mare da una sponda inclinata e da una massicciata, e verso terra da un camminamento. La sommità del muro paraonde raggiunge quote di poco superiori ai 5 m. Alle spalle del murazzo, nella porzione meridionale (tratto LH) per circa 900 m, l'entroterra si presenta poco ampio (da 100 a 200 m), di poco elevato sul livello del mare e in prevalenza poco urbanizzato, con vaste aree agricole. La porzione settentrionale (tratto LI) è invece più ampia (circa 400 m) e in prevalenza urbanizzata attorno al centro abitato di Malamocco. Sebbene si tratti di strutture difensive rinforzate a seguito dei danni arrecati dalla mareggiata del 1966, e con quote di sicurezza che non consentono il sormonto da parte delle onde di mareggiata, i fondali antistanti i murazzi presentano sovraescavazioni accentuate, che non favoriscono l'attenuazione e la dissipazione del moto ondoso in prossimità della costa.

Tratto settentrionale (Tratti LJ - LN)

Tutto il tratto settentrionale è privo di strutture di difesa vere e proprie sia morbide che rigide. Per la maggior parte del litorale una difesa indiretta è data dal rilevato stradale del lungomare Marconi che, raggiungendo quote elevate (in media sui 4 m), costituisce di fatto un elemento separatore e di protezione nei confronti dell'entroterra, costituito dal nucleo

maggiormente urbanizzato del litorale di Lido. Esso infatti ospita edifici storici e complessi residenziali e alberghieri. Sul lato verso mare della strada si sviluppa una spiaggia spesso non sufficientemente ampia, parzialmente occupata da strutture di fruizione turistica di tipo sia mobile che fisso e in qualche caso da vere e proprie aree edificate.

Gli unici tratti in cui sono presenti tipologie di difesa morbide, quali le dune costiere, sono costituiti dalla zona di litorale che fronteggia l'Ospedale al Mare (tratto LK) e dalla zona più prossima alla bocca di Lido (tratto LN). In entrambi i casi si sviluppa un sistema di avandune naturali, che raggiungono quote più rilevanti nel primo caso (3.2 m) e meno nel secondo (2.8 m), precedute da una fascia di avandune incipienti. Tra questi due tratti è presente però un'ampia zona priva di difese (tratti LL e LM), in cui l'unico elemento positivo può essere rappresentato dall'ampiezza elevata della spiaggia.

Anche quest'area (tratti LL, LM e LN) per salvaguardare la presenza di componenti vegetazionali e faunistiche di pregio, è stata compresa all'interno del SIC "Lidi di Venezia, biotopi litoranei" (IT 3250023).

3.5 TRA IL PORTO DI LIDO E LA FOCE DEL SILE: IL LITORALE DEL CAVALLINO

3.5.1 Generalità

Il Lido del Cavallino, che si estende per 13.5 km dalla diga nord del Porto di Lido al Porto di Piave Vecchia (già foce del Piave e poi dal 1682 apparato di sbocco del Sile), limita a mare la porzione nord-orientale del bacino lagunare di Lido. Si tratta di una tipica freccia litorale originatasi per dispersione verso ovest del materiale terrigeno alluvionale, in seguito fortemente condizionata dall'intervento antropico. Per il particolare orientamento del litorale, i venti del settore di bora sono pressoché paralleli alla spiaggia, mentre quelli del settore di scirocco la colpiscono quasi ortogonalmente. Il litorale, interessato da sfruttamento turistico intensivo di natura prevalentemente non insediativa (campeggi), è stato oggetto, in tempi recenti, di un vasto intervento di rifluimento della spiaggia, accompagnato da interventi, innovativi, di ricostruzione e rinaturalizzazione delle dune costiere.

3.5.2 Evoluzione storica

L'evoluzione storica del litorale è stata fortemente condizionata dall'intervento antropico: in particolare, si deve ai primi anni del 1800 l'inizio dei progetti di regimentazione della bocca di Lido per contrastarne la tendenza all'interramento. L'esecuzione della prima serie di lavori riguardanti la diga nord venne iniziata nel 1882, l'opera completa fu terminata nel 1925 con uno sviluppo di 3625 m.

In seguito alla costruzione della diga nord il materiale solido proveniente da NE, principale fonte di alimentazione per queste spiagge, ha trovato un ostacolo al proprio cammino non solo nella diga, ma anche nel pennello liquido da essa determinato. Tutto il paraggio è andato così

evolvendosi alla ricerca di un nuovo equilibrio in funzione delle mutate condizioni imposte dall'uomo, tanto che si sono verificate modificazioni sostanziali, sia nella parte emersa che in quella sommersa (ZUNICA, 1971).

Per quanto riguarda la parte emersa Zunica riporta i dati fino al 1964 per le zone più prossime al Porto di Lido, rilevate a cura dell'Istituto Idrografico della Marina, e fino al 1956 per la parte rimanente del litorale. All'epoca tali aree apparivano distinte: una zona in netto ripascimento che si estendeva dalla diga nord verso NE per una lunghezza di 6500 metri, l'altra comprendente il successivo tratto fino alla foce del Sile, dove invece era in atto una profonda fase erosiva. Il massimo dell'arretramento della linea di battigia pari a 280 metri si verificò a qualche centinaio di metri dal faro di Piave Vecchia, mentre il massimo avanzamento, pari a 1800 metri, a ridosso della diga. L'analisi dei fondali mostrava un'analogia situazione. Secondo ZUNICA (1971) il materiale depositatosi a monte della diga era costituito non solo da quello asportato dalle zone in erosione ma anche da quello proveniente dalle fonti sedimentarie. La diga nord aveva determinato quindi una drastica interruzione del nastro trasportatore litoraneo.

Nella parte nord-orientale del litorale si ebbe, negli anni quaranta, un progressivo asporto di materiale in concomitanza di mareggiate con episodi di tracimazione ed allagamento dei territori del comprensorio di bonifica del Cavallino. In seguito a questi eventi furono adottati alcuni provvedimenti quali la costruzione di pennelli in pietrame e, in arretrato alla spiaggia, di un muro di sponda in calcestruzzo, in parte protetto da scogliere. Esso resse alla mareggiata del novembre '66 ma non poté, ancora una volta, contenere la tracimazione.

3.5.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti CVA...CVU)

Durante il periodo 1968-87 si assistette ad una progressiva riduzione dei tassi di avanzamento della linea di riva nella porzione occidentale del litorale, contemporaneamente ad uno spostamento vero ovest del punto di fulcro (BRAMBATI, 1987), che determinava il passaggio tra la zona in accumulo e quella in erosione.

In tempi più recenti, la tendenza ripascitiva del tratto occidentale sembrava essersi ormai esaurita. Il confronto tra la CTR del 1987 e l'ortofoto del 1998 mostrava infatti un debole arretramento della linea di riva (valori compresi tra -0.8 e -1.6 m/anno), accentuato nel tratto verso nord. I rilievi effettuati nel 2004 dal Consorzio Venezia Nuova mettono in evidenza al contrario una ripresa della tendenza ripascitiva direttamente a ridosso del molo foraneo, con un tasso medio di 1.16 m/anno; i tratti immediatamente successivi presentano in ogni caso una lieve tendenza erosiva con tassi medi di -0.17 e -0.69 m/anno. La spiaggia presenta un'ampiezza considerevole, con valori che vanno da 227 m (compresa la duna) presso la diga a circa 160 m procedendo verso est; questa parte di litorale è interessata, per due brevi tratti che si estendono per un totale di circa 1.4 Km, da campi dunari naturali, abbastanza ben sviluppati (con ampiezze

che raggiungono anche i 100 m) e con forme embrionali attualmente in formazione (avandune incipienti).

Il tratto centro orientale (tratti CVD-CVU) è stato interessato da un vasto progetto ad opera del Magistrato alle Acque – CVN, che ha previsto un ripascimento artificiale della spiaggia con materiale prelevato dai fondali al largo. Si è inoltre provveduto al rinforzo del muro paraonde preesistente, alla risistemazione dei pennelli con una nuova spaziatura e, in alcune aree, alla ricostruzione delle dune.

I dati più recenti relativi alla linea di riva (rilievi CVN 2004) mettono in evidenza alcune modificazioni avvenute nel periodo post rifluimento (1998-2004), caratterizzate in generale da assestamenti della linea di riva all'interno delle celle con avanzamenti anche cospicui sul lato sopraflutto dei pennelli e corrispondenti arretramenti su quello sottoflutto. Considerando il periodo di confronto 1987-2004 si ottengono trend positivi, con tassi medi massimi (2.43 e 3 m/anno) nella zona centrale del litorale (tratti CVJ e CVK rispettivamente).

L'analisi delle variazioni volumetriche dei fondali, basata sul confronto tra i rilievi del Genio Civile OO. MM. del 1976 e i rilievi del CNR del 1992 indicava, per la porzione occidentale del litorale (per circa 2 Km a partire dalla diga), una tendenza ripascitiva con tassi compresi tra 3.8 e 19.4 m³/m/anno. Questo dato appariva in armonia con quello storico, testimoniando, contrariamente ai corrispondenti dati sulla tendenza evolutiva della linea di riva, una certa capacità di intrappolamento dei sedimenti da parte della diga della bocca di Lido.

Tale andamento è confermato dall'analisi dei dati più recenti; il confronto tra i rilievi del 1992 (CNR) e quelli del 2004 (CVN) evidenzia il perdurare nella zona occidentale di un fenomeno di incremento volumetrico con tassi compresi tra 10.3 e 13.7 m³/m/anno. Le pendenze della spiaggia sottomarina risultano inoltre più dolci rispetto al dato precedente (CVN, 1999) con pendenze della spiaggia sottomarina comprese tra 0.0083 e 0.0111, contro un'acclività compresa tra 0.0064 e 0.0098 per il 1999.

Prima dell'intervento di ripascimento, tutto il restante tratto di litorale, a nord di quello in accrescimento, presentava una tendenza erosiva via via crescente verso settentrione. Inizialmente, per circa 4-5 km, i tratti in erosione (tra 17.6 e 21.3 m³/m/anno) si presentavano in alternanza a quelli stabili (con tassi compresi tra 1.3 e 2.3 m³/m/anno), mentre il settore più orientale (tra Ca' Ballarin e la foce del Sile) presentava tassi di erosione progressivamente crescenti e compresi tra 0.6 e 11.1 m³/m/anno (eccezion fatta per l'area più prossima alla foce del fiume, dove il tasso erosivo piuttosto contenuto è pari a 2.1 m³/m/anno).

Il confronto più recente (CNR, 1992; CVN 2004) segnala come l'evoluzione dei fondali abbia subito una significativa inversione di tendenza. Escludendo i tratti CVD e CVE, che presentano un fenomeno erosivo con un tasso medio annuo di -2.7 m³/m, tutti i restanti tratti sono caratterizzati da tassi positivi di evoluzione dei fondali, con valori compresi tra 0.3 e 18 m³/m/anno. Tale fenomeno può essere conseguenza della ricarica sedimentaria effettuata sulla spiaggia emersa, con conseguente movimentazione di sabbie dall'arenile in direzione della

spiaggia sottomarina. Solo il tratto CVT presenta un tasso di evoluzione negativo, pari a $-2.6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$. Nel complesso i fondali di questo tratto sono caratterizzati da basse pendenze (comprese tra 0.0050 e 0.0075), con debole incremento dei valori in direzione est. Tale andamento, desunto dai dati del CVN del 1999, resta sostanzialmente invariato, con valori di pendenza rilevati nel 2004 (CVN) compresi tra 0.0050 e 0.0075.

3.5.4 Tipologie difensive

La parte sud-occidentale del litorale, presenta tipologie difensive di tipo morbido, costituite da due campi di avandune e dune stabilizzate naturali (tratti CVA, CVC). Questi sistemi si presentano particolarmente efficaci ai fini difensivi, sebbene non presentino quote particolarmente elevate con medie di 2.8 m (Bezzi, 1996) e 4.35 m rispettivamente (CVN; 1999). E' la loro estensione in senso perpendicolare alla linea di riva, unitamente al fatto che sono costituite da un sistema articolato di creste ed avvallamenti di varie dimensioni e con discreta copertura vegetale, che ne fa dei sistemi capaci di arrestare e assorbire l'energia del moto ondoso, nel caso ne fossero direttamente investiti. Anche i varchi naturalmente presenti sotto forma di blowout, per la loro particolare orientazione (obliqui e non perpendicolari rispetto alla linea di riva) e per il loro numero non elevato, costituiscono un limite minimo all'efficienza del sistema. Un limite può invece essere rappresentato dalla scarsa continuità laterale degli apparati dunosi e dalla mancanza di adeguate protezioni che impediscano danneggiamenti antropici, purtroppo frequentemente presenti soprattutto nel campo di dune a ridosso di Punta Sabbioni. Si tratta comunque di aree a limitato sfruttamento turistico; l'attività turistica è infatti la causa principale del mancato sviluppo delle dune nei tratti di spiaggia in concessione dove, attraverso continui spianamenti e "pulizie" della spiaggia, si impedisce l'attecchimento della vegetazione spontanea e la formazione di accumuli embrionali. Un esempio è dato dalla spiaggia antistante il Camping Marina di Venezia (tratto CVB), che si presenta privo di accumuli eolici naturali ed è difeso da un argine in sabbia che raggiunge quota 3.2 m (CVN, 1999). I varchi, che consentono l'accesso alla spiaggia, vengono chiusi d'inverno con grossi cumuli di sabbia. In questo modo si offre un ostacolo all'eventuale ingressione marina e nello stesso tempo si limita la deflazione verso l'interno.

Nel resto del litorale la difesa dalle mareggiate è stata affrontata attraverso il già citato progetto sistematico, che ha previsto il rinforzo delle opere rigide preesistenti, il rifluimento della spiaggia e la ricostruzione delle dune.

Dove la spiaggia si presentava sufficientemente ampia si è provveduto alla ricostruzione delle dune attraverso movimentazione di materiale (tratti CVD, CVG, CVK, CVM, CVP, CVR, CVT). Le dune sono state ricostruite con un profilo molto dolce, diverso da quello naturale, difese da staccionate permeabili e fitostabilizzate con graminacee autoctone (*ammophila littoralis*). Le quote variano a seconda dei siti rimanendo in genere comprese tra 3 e 4 m (CVN, 2004). L'accesso alla spiaggia è consentito, nella maggior parte dei casi, soltanto attraverso

passerelle di legno sopraelevate alle dune stesse e con andamento curvilineo, in modo tale da prevenire fenomeni di erosione locale della duna, dovuti al calpestio. L'andamento delle passerelle previene eventuali flussi di vento incanalati lungo il percorso con conseguenti perdite di sedimento verso l'entroterra. Ciononostante la vegetazione erbacea, ha subito negli ultimi anni un evidente degrado con diffuse morie e progressiva diffusione di specie ruderali, che pregiudicano soprattutto gli aspetti ambientali ed ecologici degli interventi effettuati. In molti tratti si sono formati degli ulteriori accumuli di sabbia sulle staccionate frangivento di protezione, collocate in prossimità delle dune ricostruite; si tratta di accumuli di dimensioni significative (anche 3 m), ripidi e solo parzialmente vegetati.

Nei tratti in cui la superficie di spiaggia non era stata giudicata sufficiente alla ricostruzione delle dune, si è provveduto alla risistemazione del cordolo in calcestruzzo preesistente (tratti CVF, CVH, CVJ), che è dotato di una struttura dissipativa antistante e raggiunge quote comprese tra 2.9 e 3.4 m (CVN, 2004). Tale struttura è presente, benchè parzialmente sepolto, anche in corrispondenza di tratti, con dune ricostruite (CVG, CVK), mentre nei tratti CVO, CVQ, CVS, CVU, viene sostituito da un muro con diaframma antisifonamento ma privo della struttura dissipativa.

Alcuni tratti si discostano dalle tipologie difensive appena descritte: si tratta in particolare del tratto CVI privo di difese e CVL e CVN dove è presente una passeggiata lastricata tra la spiaggia e il campeggio (quota 2.6 e 2.8 m rispettivamente, CVN, 2004),

Alle spalle della spiaggia si sviluppa in prevalenza una serie quasi ininterrotta di campeggi, seguiti verso il margine lagunare da un'ampia fascia agricola caratterizzata da una significativa densità di urbanizzazione. I centri abitati di Ca'Savio, Ca'Ballarin e Cavallino sono di piccole dimensioni. Sono in prevalenza situati nell'entroterra ad esclusione di Ca' Di Valle. Lungo il litorale si conservano alcune aree di bosco litoraneo, localizzate nella zona di Punta Sabbioni (CVA), tra il Camping Marina di Venezia e Ca'Savio, e sull'arenile antistante Ca'Ballarin.

Per salvaguardare in quest'area la presenza di componenti vegetazionali e faunistiche di pregio, alcuni tratti di arenile e di cordoni dunosi (tratti CVA, CVD, CVJ, CVK, CVL, CVO, CVP, CVQ, CVR, CVS, CVT, CVU) e di retrospiaggia (tratti CVR, CVS, CVT, CVU) sono stati inclusi all'interno del SIC "Penisola del Cavallino: biotopi litoranei" (IT 3250003).

3.6 DALLA FOCE DEL SILE ALLA FOCE DEL PIAVE: IL LITORALE DI JESOLO

(Tratti JA...JK)

3.6.1 Generalità

Il litorale di Jesolo si estende per 13 km tra le foci del Piave e del Sile. Il litorale viene alimentato dal carico solido del Piave che, anche in funzione delle divagazioni della sua foce, ha modificato notevolmente l'aspetto del litorale stesso.

Densamente urbanizzato, soprattutto nel suo tratto sud-occidentale, ha alle spalle un'ampia area trasformata in pianura coltivabile, con quote inferiori al livello del mare, in conseguenza della bonifica.

La spiaggia è interessata da intenso sfruttamento turistico, specialmente nel tratto occidentale, dove gli edifici poggiano direttamente sulla spiaggia stessa. Il tratto orientale, in cui sono conservati ampi appezzamenti di pineta, è interessato in misura maggiore dalla presenza di campeggi. Di recente il litorale di Jesolo, compresa l'area di foce del Sile, è stato interessato da un intervento di rinforzo e sistemazione da parte del Magistrato alle Acque - Consorzio Venezia Nuova, ultimato nel 2003. L'intervento è consistito nella realizzazione di una struttura a gradoni per la difesa dal moto ondoso, nell'ampliamento di una porzione di litorale tramite ripascimento e nella ricostruzione di dune nei pressi della foce del Piave. Sono stati inoltre ristrutturati i pennelli lungo riva e ne sono stati realizzati di nuovi, unitamente a 4 pennelli di roccia.

3.6.2 Evoluzione storica

Alla fine del secolo scorso l'area retrostante il litorale di Jesolo appariva costituita per la quasi totalità da superfici paludose, e la costa protetta in tutta la sua estensione da apparati dunosi che si sviluppavano fino alla massima altezza di 7 m e nel tratto più orientale presentavano due o tre ordini (ZUNICA, 1971). Negli anni venti venne completata la bonifica dell'entroterra ed ebbe inizio lo sviluppo turistico di questo litorale, che fu estremamente rapido e intenso, ma che non fu preceduto da alcuna considerazione preventiva sul regime dei litorali.

Nel tratto centro orientale, le costruzioni edilizie furono effettuate anche in aree non idonee, smantellando le dune e costruendo troppo vicino al mare, fino al tratto di spiaggia normalmente battuto dalle mareggiate. Si constatò così ben presto la necessità di difendere i manufatti dall'ingressione marina attraverso la realizzazione di casse di colmata intorno ai fabbricati, che furono messe a dura prova dalle mareggiate del 1966 cedendo in più punti. Si provvide pertanto alla costruzione di una difesa aderente in cemento armato, consistente in una palancolata in calcestruzzo profondamente infissa sulla spiaggia per 5 km a partire dalla foce del Sile verso est, completata verso mare da pennelli trasparenti ad elementi prefabbricati o in pietrame. In un tratto di 1700 m circa, immediatamente a ovest del Villaggio Marzotto, fu posta in opera una difesa costituita dalla palancolata già descritta sormontata da una gradonata in

cemento armato, terminata verso terra da un muro paraonde. Tale opera fu costruita, nonostante le proteste dell'opinione pubblica, sull'esempio di un'opera simile presente in un tratto del litorale di Valle Altanea, che aveva resistito bene alla mareggiata del '66.

La linea di riva, dal confronto delle tavolette I.G.M., risultava in arretramento tra il 1892 e il 1961 per la parte più occidentale. Nel tratto mediano si segnalavano fasi alterne, mentre per il tratto più orientale, nei dintorni del Villaggio Marzotto, si evidenziava un fatto erosivo verificatosi dopo il 1938, che aveva portato la linea di riva in posizione più arretrata rispetto al 1892 (ZUNICA, 1971).

L'estremità orientale del litorale è legata nelle sue variazioni alle divagazioni della foce del Piave. La sua attuale posizione (Cortellazzo) è tale dal 1683 in seguito alla rotta della Landrona. Una successiva rotta si ebbe nel 1935 dando inizio all'attuale deflusso verso sud delle acque del fiume e provocando rapidi mutamenti nel lobo sinistro e destro della foce. Nel 1940 il Piave si riversava in mare solamente attraverso la rotta, essendo interrata la vecchia foce (attuale Lago Morto). Successivamente la direzione di deflusso principale (1950) si orientò verso sud-ovest, con la formazione di un banco sabbioso parallelo al litorale. Per impedire il depositarsi di fango in un'area balneabile furono costruiti dei pennelli ed una diga che deviarono lo sbocco del fiume verso sud rinsaldando nel contempo il banco al litorale.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei fondali, si può notare che ad una erosione in sinistra Sile si contrappose un ripascimento nella restante parte del litorale nel periodo compreso tra il 1810 ed il 1910. Successivamente (1910-1958), malgrado i dati siano molto disomogenei, si assiste ad un'inversione di tendenza che ha portato a fenomeni ripascitivi localizzati in prossimità della foce del Piave e a sensibili erosioni nella parte mediana del litorale di Jesolo (ZUNICA, 1971).

3.6.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

Di recente (2000-2003) tutto il litorale di Jesolo è stato oggetto di interventi di riqualificazione da parte del Magistrato alle Acque - Consorzio Venezia Nuova, tra i quali il rifluimento con sabbie prelevate da fondali marini situati a 10 km dalla costa, ridistribuite lungo 9 km circa di litorale, corrispondente alla fascia maggiormente urbanizzata e per 1 km a Cortellazzo. Sono stati inoltre allungati i pennelli in calcestruzzo e legno già esistenti, realizzate alcune opere di difesa dell'abitato, ricostruite le dune nella porzione orientale del litorale.

Tratto occidentale (JA-JD)

La situazione pre-rifluimento, registrata dal confronto tra la CTR del 1987 e la foto aerea del 1998 m non evidenziava fenomeni significativi di accrescimento o erosione, se si esclude il tratto più prossimo al recente molo guardiano est del fiume Sile. Il confronto in questo tratto (JA) aveva messo in evidenza un accumulo con una progradazione della spiaggia di 16 m, pari ad un tasso di accrescimento di 1.5 m/anno. A seguito dell'intervento di rifluimento, il confronto 1987

- 2004 (rilievi CVN) dà come risultato una situazione di avanzamento del litorale, con tassi medi annuali compresi tra 0.8 m nel tratto JD e 3.2 m nel tratto JA, corrispondenti ad ampiezze della spiaggia emersa comprese tra 196 e 81 m rispettivamente.

L'evoluzione della spiaggia sottomarina resta debolmente positiva nell'area a ridosso del molo guardiano (tratti JA e JB), con un tasso di incremento che aumenta passando da 3.8 m³/m/anno nel periodo 1968-88 (LIBERATORE et al., 1997) a 7.1 m³/m/anno nel periodo 1988-2003. Procedendo verso est, il tasso di incremento dei fondali diminuisce, fino al valore di 2 m/anno in corrispondenza del tratto JD, che si presentava in debole erosione (-6 m³/m/anno) nel periodo precedente.

Tratto occidentale (JE-JK)

Per quel che riguarda l'evoluzione della linea di riva la situazione pre-rifluimento (1987-1998) non mostrava variazioni significative ad esclusione di un avanzamento nella zona del Villaggio Marzotto (tratti JG e JH) e nel tratto terminale (JI, JJ e JK), che presentava le maggiori modificazioni con significativi arretramenti (-4.7 m/anno). La posizione più recente della linea di riva (CVN, 2004) resta pressoché invariata per il tratto JE rispetto a quella del 1987, mentre risulta avanzata per i successivi 2 km circa (tratti JF e JG) con valori di 2 e 1.7 m/anno e con l'ampiezza della spiaggia pari a circa 90 m e arretrata nei rimanenti, con valori anche rilevanti (-3.8 per il tratto terminale, JK).

L'evoluzione recente dei fondali, basata sul confronto dei rilievi del Genio Civile OO.MM. di Venezia del 1988 e quelli del Consorzio Venezia Nuova del 2003, risulta in continuità con il periodo precedente (1968-88) e più precisamente denota un aggravamento della fase erosiva per la zona dell'ospedale (tratto JE), con un tasso di perdita di sedimento pari a circa -20 m³/m/anno per l'ultimo periodo, contro i circa -10 m³/m/anno del periodo precedente. Analogamente si ha una conferma della stabilità per i successivi 1700 m (JI, JH) e della tendenza erosiva per la rimanente porzione di litorale, dove si registra un'erosione massima che va da -17 m³/m/anno nell'area più orientale a -53 m³/m/anno nella zona antistante la foce del Piave.

Per tutto il litorale considerato, le pendenze della spiaggia sottomarina sono da moderatamente a mediamente accentuate (tra 0.0061 e 0.0081), con i valori più alti in sinistra Sile.

3.6.4 Tipologie difensive

Nonostante l'alta densità urbana, specialmente nel settore centro-occidentale, e la presenza di edifici sull'arenile, non vi sono strutture difensive continue. Il tratto più prossimo al molo est del fiume Sile (JA) è privo di qualsiasi struttura difensiva, ma usufruisce di una spiaggia ampia più di 190 m alle spalle della quale si trova solamente un edificio turistico, oltre il quale scorre il fiume. Proseguendo verso est è invece presente una difesa morbida costituita da un piccolo argine piantumato che recinta un campeggio (JB) e che raggiunge una quota di 3.2 m (CVN,

2004). Anche questi due tratti di litorale immediatamente successivi alla foce del Sile, allo scopo di preservare le componenti vegetazionali e faunistiche di pregio qui presenti, sono stati inseriti nell'area SIC "Penisola del Cavallino: Biotopi Litoranei" (Codice IT3250003).

Nel tratto successivo (JC), lungo poco più di 2 km, è stata realizzata nell'ambito degli interventi di rinforzo dei litorali realizzati dal Consorzio Venezia Nuova una struttura di difesa nel retrospiaggia, che consta di un'ampia gradonata che sale dalla spiaggia fino ad un percorso pedonale, pavimentato con lastre di calcestruzzo e posto ad una quota media di 2.5 m (CVN, 2004).

Continuando verso est il successivo tratto (JD) si presenta privo di qualsiasi protezione, in un settore che presenta un'alta intensità di urbanizzazione. Lungo il retrospiaggia corre una passeggiata, realizzata in piastrelle di cemento, poste a livello della spiaggia. Come rilevato in precedenza, in questo settore si è edificato fin dagli anni '50 senza nessun criterio di compatibilità ambientale né di sicurezza degli edifici stessi. L'unica difesa, posta in opera dopo la mareggiata del 1966, consiste in una palancola in calcestruzzo infissa nella spiaggia ad una distanza di 30 m circa dagli edifici. Tale opera è da intendersi più come un diaframma antisifonamento piuttosto che una barriera vera e propria contro le mareggiate, in quanto benché infissa fino alla profondità di 3 m ha la sommità posta solamente a 1 m circa sul l.m.m., attualmente sepolta nella spiaggia. Ogni edificio è in realtà circondato da una recinzione in muratura, ma la varietà di quote e la presenza di aperture per l'accesso agli edifici ne inficiano l'utilità.

Nei pressi del complesso ospedaliero (JE) è stato smantellato l'argine-duna, relitto degli antichi cordoni dunari presenti in questo litorale, che presentava un'altezza di 2.7 m. A seguito di ripetuti interventi di spianamento, resta solamente un esiguo accumulo sabbioso a ridosso della rete, di ampiezza minima e di quota non superiore a 2.5 m s.l.m. Il tratto si presenta pertanto, allo stato attuale, privo di difese.

Il litorale prosegue con un tratto (JF) che si sviluppa per quasi 1.7 km, in cui è presente una gradonata recentemente restaurata, sulla cui sommità corre una passeggiata limitata verso terra da un muro paraonde alto 2.7 m.

Nel tratto seguente (JG Villaggio Marzotto) è presente un muretto di difesa, di quota 2.4 m, con varchi predisposti per la chiusura. Oltre il Villaggio Marzotto si sviluppa un tratto (JH) di 670 m circa privo di difese. Gli edifici, villette e alberghi, sono sparsi all'interno della pineta.

Nel tratto II è presente un argine in sabbia (2.7 m), privo di copertura vegetale il cui fianco verso mare si presenta poco ripido; procedendo verso occidente tale argine si allarga fino a sdoppiarsi e sono presenti passerelle in legno. Proseguendo in direzione di Cortellazzo, l'argine si interrompe e si sviluppa un ulteriore tratto (JJ) privo di qualsiasi tipo di difesa.

Infine, l'ultimo tratto (JK) lungo circa 1800 m è stato oggetto di un intervento di ripristino delle dune, nell'ambito della predetta riqualificazione. Sull'esempio di quanto già eseguito sul litorale del Cavallino, sono state costruite nuove dune e rinforzate quelle vecchie (quota media di

3m). L'intervento è stato completato con una recinzione di staccionate in legno e passerelle di accesso alla spiaggia. Sulle dune di nuova costruzione è stato eseguito un intervento di fitostabilizzazione con l'utilizzo di ammofila. L'insieme spiaggia/duna attualmente presenta un'ampiezza notevole, di circa 120 m, mentre l'area alle spalle delle dune è caratterizzata dalla presenza di campeggi e villette immersi nella pineta.

3.7 DALLA FOCE DEL PIAVE ALLA FOCE DEL LIVENZA: IL LITORALE DI ERACLEA E VALLE ALTANEA

3.7.1 Generalità

Il litorale di Eraclea-Valle Altanea si estende per poco più di 12 km dalla foce del Piave (Porto di Cortellazzo) a quella del Livenza (Porto di S. Margherita). Ha un andamento pressochè rettilineo e non presenta interruzioni se non in corrispondenza della vecchia foce del Piave, che mette in comunicazione il "Lago Morto Pasti" con il mare.

A causa della sua orientazione ENE-OSO, che lo espone ai flutti di scirocco, e alla difficoltà di alimentazione ad opera dei due fiumi che lo sottendono, il litorale ha sempre sofferto di fenomeni erosivi. Infatti, il pur scarso carico solido del fiume Livenza viene deviato verso il largo dai lunghi moli guardiani, mentre gli apporti del Piave, comunque non elevati, seguono la corrente litoranea che ha direzione NE-SO, allontanandoli quindi dal litorale stesso.

Pur non offrendo ampi spazi a causa del ridottissimo arenile, questo litorale è molto sfruttato turisticamente, soprattutto nei tratti antistanti gli abitati di Eraclea Mare, Duna Verde e Porto S. Margherita, mentre nei tratti in cui sono assenti i servizi la presenza turistica è sporadica. Di recente (2003-2004), una porzione del litorale è stata interessata da un intervento di ampliamento e ricostruzione dell'arenile tramite ripascimento, unitamente alla risistemazione dei pennelli preesistenti.

3.7.2 Evoluzione storica

Nel passato il tratto costiero di Eraclea-Valle Altanea presentava due interruzioni: una in corrispondenza del ramo meridionale del Livenza (Livenza Vecchia) e una seconda poco più a nord (porto di Altanea), foce della Valle Altanea stessa.

Dal punto di vista della dinamica litorale il tratto più occidentale (litorale di Eraclea), dopo la rotta della Landrona (1683), mostra un'evoluzione che può essere semplificata con la tendenza dell'asta terminale del Piave a rivolgersi verso levante e quindi ad un maggiore sviluppo del lobo destro della foce. Lo scanno sabbioso così sviluppato verso est subì una rotta nel 1935. Successivamente il troncone di scanno rimasto isolato si è riaccolato alla sponda sinistra del fiume, determinando uno specchio d'acqua che comunica con il mare attraverso la

vecchia foce (Lago Morto Pasti). Tale scanno era occupato da un cordone dunario che fu quasi completamente asportato dalla mareggiata del 1966.

Il tratto costiero di Eraclea Mare era quindi alimentato direttamente dagli apporti del Piave prima che questo mutasse di foce. Dalla cartografia IGM (ZUNICA, 1971) si può infatti notare un incremento della spiaggia di ca. 130 m tra il 1892 e il 1937; una volta venuto meno l'apporto solido, si è verificata dapprima una ridistribuzione del materiale già depositato, con conseguente rettificazione del litorale ed erosioni contenute e, successivamente, un notevole fatto erosivo (pari a -110 m tra il 1937 e il 1961) tanto che il fanale che segnava la sinistra della foce del Piave fu sommerso dal mare. L'assetto del litorale può essere considerato invariato a partire da questa data, poiché la linea di riva era già stata fissata attraverso la costruzione della palancolata in cemento nel 1953, e dei gradoni e dei pennelli dopo il 1966-67.

I dati relativi all'assetto batimetrico, seppur limitati storicamente ai rilievi svolti nel 1947, 1954 e 1956 (ZUNICA, 1971) denunciano un'erosione generalizzata dei fondali, con la sola esclusione del tratto più orientale, a ridosso della foce del Livenza, allora non armata.

I 7 km più orientali di litorale (Valle Altanea) limitano verso mare un vasto territorio in buona parte al di sotto del livello medio del mare, la cui bonifica, iniziata dopo la prima guerra mondiale, si è protratta fino al 1964.

La situazione del litorale si è fatta nel corso degli anni sempre più critica: particolarmente intensi sono stati gli approfondimenti dei fondali e la regressione della spiaggia e del cordone dunoso, che in origine si estendeva con continuità raggiungendo altezze anche di 8 metri (ZUNICA, 1971). Questa situazione di progressivo degrado è sicuramente stata favorita anche dalla crescente domanda turistica.

Proprio a causa della cronica instabilità del paraggio, nell'ultimo secolo sono stati intrapresi numerosi tentativi di proteggere il litorale. Si ritiene opportuno riportare, secondo lo schema di FASSETTA (1977), la cronologia delle opere eseguite.

Già a partire dagli anni 20 si riconoscevano i problemi di esondazione dovuti alle mareggiate violente. Gli interventi ebbero, in questo periodo, carattere privato, poiché le richieste alle Opere Marittime venivano ignorate. I lavori consistettero soprattutto in riparazioni dei varchi nei cordoni dunari, costruzioni di arginelli, piantumazioni per stabilizzare le dune.

Nel 1926 si proposero i primi "repellenti" in cemento armato, mentre nel 1927 vennero costruiti i primi pennelli. Negli anni dal 1932 al 1936 si posero in opera pennelli (costituiti da pali e palancole prefabbricati) su tutto il fronte di 7 Km della Valle Altanea, a distanze variabili. I pennelli però dimostrarono poca resistenza alle mareggiate a causa della loro scarsa elevazione e della facilità con cui venivano aggirati. Nello stesso periodo proseguiva l'impovertimento del cordone dunoso.

Nel 1940-41 il Magistrato alle Acque costruì, a titolo sperimentale, tre pennelli trasparenti in legno. I pennelli risposero positivamente alle mareggiate e garantirono la

necessaria protezione al litorale di competenza. Ma il costo costrinse a proseguire la ricerca in direzione di soluzioni più economiche.

Nel 1951 si verificò una mareggiata con un innalzamento di livello del mare di 1,51 m, che causò grossi danni ai litorali e al cordone dunoso.

Nel 1953 si effettuarono la ricostruzione del litorale tramite riporti di sabbia e la costruzione di una palancolata cementizia aderente alla linea di spiaggia. Contemporaneamente furono costruiti i pennelli in pietrame in Valle Altanea, sull'arenile di Ca' Gamba e nel tratto Cortellazzo-Colonie.

Nel 1964 in Valle Altanea si procedette alla costruzione di una gradonata in calcestruzzo con muretto verso terra e palancolata a mare, prolungato fino a 1 km nel 1965.

Nel 1965, in corrispondenza dell'inizio di un'intensa attività turistica in destra alla foce del Livenza, la foce stessa venne imbrigliata attraverso due moli, la cui lunghezza iniziale di 300 metri venne successivamente (1976) portata a circa 600 metri (ZUNICA, 1971; BONDESAN, 1992).

Nel 1966 si verificò la nota mareggiata: l'unico tratto a resistere fu quello protetto dalla gradonata suddetta. La gravità dei danni subiti dal resto del litorale costrinse gli enti locali a ricercare una soluzione rapida. Il Consorzio di Bonifica reclamava la competenza, proponendo l'estensione delle difese, appena collaudate con successo in Valle Altanea, a tutto il litorale. Il Genio Civile si oppose dissentendo dalla soluzione proposta, desistendo solo all'impegno del Consorzio a sgomberare il litorale in caso di insuccesso delle opere. Gli enti locali si opposero congiuntamente ai lavori, soprattutto per questioni estetiche, ma anche funzionali, proponendo un più lungo periodo di studio e di valutazione.

Un nuovo evento di mareggiata nel 1967 costrinse all'intervento immediato, accumulando pareri favorevoli alla proposta del Consorzio. Vennero apportate alcune modifiche al progetto iniziale, con la costruzione in alcuni fronti di Jesolo e di Caorle di pennelli trasparenti costituiti da pali in cemento, ma con la struttura di quelli lignei costruiti nel 1940-41, dimostratisi particolarmente efficaci.

3.7.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti EA...EH – DVA...DVD e SMA...SMC)

Per comodità di trattazione il litorale è stato suddiviso in tre porzioni così denominate: Eraclea, Duna Verde, Porto S. Margherita.

Come evidenziato in precedenza la costa si presenta per la quasi totalità protetta da opere di tipo trasversale e parallelo, a costituire di fatto una linea di riva artificiale. Per questo motivo in generale nell'ultimo trentennio non sono state osservate variazioni di rilievo sull'assetto della linea di riva. L'opera di difesa più imponente, e che interessa quasi metà del tratto costiero in esame, è costituita dal frangiflutti gradonato, che interessa praticamente quasi tutto il litorale, con l'eccezione di brevi tratti. Accanto a quest'opera, verso mare è sempre presente una

palancolata in cemento armato, che di fatto ha incrementato i fenomeni di instabilità sottocostiera per effetto di riflessione d'onda e sovraescavazione alla base.

I processi erosivi, innescatisi già a seguito della mareggiata del 1966 avevano determinato già all'epoca in molti casi la completa scomparsa della spiaggia emersa ed erano stati successivamente aggravati proprio per la presenza della palancola, sulla quale le onde venivano riflesse causando un asporto completo della sabbia della spiaggia sottostante. A causa di questa azione si era prodotta nel tempo una sovraescavazione, che aveva iniziato a destabilizzare il manufatto in più punti, tanto che il Consorzio di Bonifica aveva provveduto a collocare dei rinforzi in massi sparsi entro due punti mediani all'interno di ciascuna delle celle delimitate dai pennelli. Anche quest'ultimi, realizzati in pietrame, non hanno operato alcun beneficio in quanto la loro funzionalità è stata compromessa da un errato rapporto spaziatura-lunghezza e dalla scarsità di sedimento che transita long-shore (BALSILLIE & BERG, 1972). Di fatto, il già scarso trasporto lungo riva viene intercettato per buona parte dai moli che prolungano la foce della Livenza. In particolare il prolungamento a 600 m dei suddetti moli foranei nel 1976 aveva accelerato l'erosione sottoflutto e il ripascimento sopraflutto (BONDESAN, 1993). L'errato rapporto spaziatura-lunghezza ha reso le celle troppo piccole non permettendo al seppur scarso sedimento di entrare e di rimanere intrappolato.

Per tentare di fronteggiare i cronici problemi erosivi dell'area e per migliorarne la fruizione turistica, è stato avviato dalla Regione Veneto un intervento di riqualificazione su tutto il litorale per mezzo di un rifluimento con ricostituzione della spiaggia di circa 50 m e risistemazione dei pennelli in pietrame, secondo un maggiore rapporto spaziatura-lunghezza. Tale intervento è stato effettuato nel 2004 nel tratto di arenile di pertinenza di Eraclea Mare, per un tratto di litorale di circa 1700 (dal tratto EC al tratto EF) compreso tra la bocca del lago Morto Pasti e l'Agenzia Pasti. Nei tratti successivi la messa in opera dei nuovi pennelli e la ricarica della spiaggia non sono ancora stati eseguiti.

I dati più recenti relativamente alla linea di riva sono rappresentati dai rilievi eseguiti nel 2002 dalla TE.MA. per conto del Magistrato alle Acque di Venezia – Consorzio Venezia Nuova e riguardano quindi il periodo antecedente il rifluimento. Viste le condizioni descritte in precedenza, il confronto 1987-2002 non evidenzia modificazioni di rilievo, poiché lungo tutto il litorale i valori rimangono compresi all'interno dell'intervallo di stabilità (tra -1 e 1 m/anno).

I dati batimetrici (CVN, 2002) evidenziano invece il perdurare e l'aggravarsi delle condizioni di instabilità di tutto il litorale in quanto generalmente tutti i fondali, a partire dalla foce del Piave fino alla foce del Livenza, presentano per il periodo 1988-2002 tassi di erosione da medi ad elevati. Il fenomeno di maggiore entità è in atto nel tratto immediatamente successivo alla foce del Piave (tratto EA), che denuncia un tasso di perdita di sedimento nel periodo 1988-2002 pari a circa $-40 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$. Proseguendo verso est, nei tratti EB ed EF i tassi sono ugualmente significativi (compresi tra -14.1 e $-11.8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$), soprattutto se confrontati con i tassi relativi al periodo 1968-1988 (LIBERATORE et al., 1997), che negli stessi tratti risultavano

compresi tra -0.2 e -7.8 m³/m/anno. La pendenza della spiaggia sottomarina appare significativamente elevata (valori compresi tra 0.099 e 0.0107).

Procedendo in direzione di Duna Verde si assiste ad un ulteriore incremento del fenomeno erosivo, con una perdita media annua di sedimento compresa tra -11.4 e -15.1 m³/m/anno (tratti EG-DVD) nel periodo 1988-2002, rispetto ad una generale situazione di stabilità nel periodo precedente (LIBERATORE et al., 1997). I fondali presentano anche qui significativi valori di acclività, compresi tra 0.0087 e 0.0103.

La zona di Porto S.Margherita, sottoflutto rispetto agli imponenti moli guardiani della foce del fiume Livenza, ha sofferto nel passato di erosione cronica fronteggiata con scarsi risultati da due interventi di rifluimento protetto con barre sottomarine in geotessile, nel 1985 e nel 1991 (Liberatore, 1993; Bondesan, 1993). Quest'area presenta nel periodo più recente bassi tassi erosivi (-6 m³/m/anno) che divengono più elevati solo nel tratto prossimo al fiume Livenza (SMC), con valori di -13.9 m³/m/anno. La spiaggia sottomarina si presenta qui molto acclive con un valore di 0.0099.

3.7.4 Tipologie difensive

Eraclea (Tratti EA – EH)

Il cordone litorale del Lago Morto Pasti è difeso nel suo tratto più occidentale, per una lunghezza di circa 1100 m (tratto EA), da un diaframma in calcestruzzo e da pennelli che proseguono internamente alla spiaggia e che creano un doppio sistema: da un lato una spiaggia pensile a configurazione depressa in molti casi invasa dall'acqua; dall'altro una spiaggia naturale quasi del tutto assente. L'effetto riflettente è macroscopico, la base del diaframma in calcestruzzo si presenta sovraescavata, con frequenti sifonamenti ed emerge anche di 1 metro dalla superficie sabbiosa. Nonostante la presenza di ulteriori massicciate poste in difesa dello stesso diaframma, esso si presenta a tratti in pessime condizioni. L'acqua pertanto raggiunge quasi la base delle avandune, che pur presentandosi attualmente in buono stato (quote medie di 3.35 m, CVN 2002), non hanno alcuna possibilità di alimentazione futura. Al primo cordone di avandune segue un cordone di dune stabilizzate. Il tratto successivo (1280 m fino alla bocca del Morto) non ha alcun carattere di naturalità essendo protetto dalla già descritta gradonata (quota media 2.9 m, CVN 2002) ed essendo praticamente del tutto sprovvisto di arenile (EB). Questi due tratti sono in territorio comunale di Jesolo, ma per uniformità della trattazione attuale vengono descritti in questa sede.

La difesa a gradoni, con quote medie comprese tra 2.9 e 3 m (CVN, 2002) interessa tutta la rimanente estensione del litorale di Eraclea (tratti EC, EH) ad eccezione di un tratto di circa 1300 m (tratti ED, EE, EF, EG), in cui prima del rifluimento era presente la sola palancola che offriva scarsa protezione dall'ingressione marina. Attualmente a seguito della ricarica dell'arenile la palancolata risulta sepolta per una lunghezza di 750 m circa. Nel tratto (EE) è inoltre presente

una duna in discrete condizioni, con quote di oltre 6 m e con presenza occasionale di avandune incipienti. La vegetazione è presente ma discontinua e il fianco a mare della duna non presenta una ripidità tale da generare instabilità. La duna è nuovamente presente nel tratto EG per 500 m circa con quote medie di 5 m. La vegetazione è abbondante e comprende anche specie arboree. Vi sono rare interruzioni consistenti in viottoli di accesso alla spiaggia. Alle spalle di tutta questa sezione priva della gradonata si trova un'area a pineta in cui sono presenti costruzioni ad uso turistico. Riprende poi (EH) la gradonata, alle spalle della quale è presente una fascia a pineta che delimita l'area rurale retrostante.

Tutto il litorale di Eraclea, il Lago Morto Pasti e le retrostanti pinete litoranee sono stati inseriti, al fine di preservarne le componenti vegetazionali e faunistiche di pregio, nell'area SIC "Laguna del Mort e pinete di Eraclea" (IT3250013).

Duna Verde (Tratti DVA – DVD)

Dal punto di vista delle difese dall'ingressione marina il litorale di Valle Altanea, come precedentemente esposto, si presenta quasi senza soluzione di continuità. Da un punto di vista amministrativo e turistico è comunque necessaria una suddivisione, poiché il litorale di Eraclea Mare ricade nel territorio comunale di Eraclea, mentre Duna Verde e Porto S.Margherita ricadono in quello di Caorle.

Nel primo tratto occidentale, lungo 1800 m circa, continua la gradonata precedentemente descritta con sommità posta a 3 m, alle spalle della quale si trova una spiaggia pensile digradante verso l'abitato di Duna Verde. Si tratta per lo più di abitazioni di tipo residenziale-turistico (DVA). Proseguendo verso est vi è un tratto lungo 300 m circa in cui la gradonata si interrompe (DVB); in questo tratto è presente la sola palanca, peraltro sepolta nella sabbia, mentre si trovano unicamente lembi relitti di quello che anticamente era un rilevato dunale che si presentava continuo lungo tutto il litorale. La duna raggiunge quote medie di 5 m e si presenta abbondantemente vegetata anche da specie arboree, con fianco a mare a debole pendenza. Alcuni sentieri interrompono la continuità della duna, ma sono attrezzati per impedire il degrado della duna stessa. Solo per questo tratto si può parlare di una spiaggia vera e propria ampia in media 87 m. Al termine di questo breve tratto la gradonata riprende per altri 1500 m circa. Il primo tratto di un chilometro (con quota sommitale di 2.7 m, CVN 2002) difende un vasto villaggio turistico (DVC), mentre l'ultimo (quota 2.9 m, CVN 2002) difende una sottile fascia a pineta alle spalle della quale fino a pochi anni fa si estendevano ampi appezzamenti agricoli, di recente interessati da un massiccio intervento di urbanizzazione a fini turistici.

Porto S. Margherita (Tratti SMA-SMC)

Il primo tratto a ovest (SMA), lungo un chilometro e mezzo circa, presenta le stesse caratteristiche dell'ultimo tratto di Duna Verde. Anche qui, alle spalle della gradonata, dove erano presenti ampi appezzamenti agricoli si sta ora procedendo all'edificazione di nuovi

complessi di appartamenti ad uso turistico. Il successivo tratto di 1300 m (SMB), risulta, a partire dagli anni '70, intensamente urbanizzato. Alle spalle della gradonata, che raggiunge i 3 m di quota (CVN, 2002) si trova infatti l'abitato di Porto S. Margherita. Infine, in destra Livenza vi è l'ultimo tratto di 280 m circa (SMC). Qui non è presente alcuna difesa rigida. Alle spalle di una spiaggia ampia più di 100 m si ritrovano dune residuali con quota media di 6 metri, con vegetazione spontanea discontinua e fianco mare debolmente acclive. Alcuni sentieri che interrompono la continuità del rilevato dunale, consentono l'accesso alla spiaggia dai campeggi retrostanti. La duna è protetta in parte da staccionate che ne impediscono il calpestio e presenta, limitatamente all'estremità orientale, sporadici accumuli incipienti.

3.8 DALLA FOCE DEL LIVENZA (PORTO S. MARGHERITA) AL PORTO DI FALCONERA: IL LITORALE DI CAORLE

3.8.1 Generalità

Il litorale di Caorle si estende per oltre 5 km, fra il Porto di S.Margherita (foce principale del Livenza) a sud-ovest ed il Porto di Falconera a nord-est. Un promontorio, costituito dal nucleo storico della cittadina, divide i due lembi di spiaggia detti di Ponente e Levante. Il centro storico è difeso dal mare tramite un insieme di opere radenti, simili ai murazzi dei lidi veneziani, delle quali si ha notizia fin dalla fine del XVII secolo.

Il litorale di Ponente ha un andamento rettilineo ed orientato a 70° N. È delimitato a sud-ovest dalla foce principale del Livenza, caratterizzata dai due moli foranei lunghi 600 m circa, mentre a nord-est è circoscritto dai murazzi. Nel suo segmento più orientale sono presenti quindici pennelli in scogliera perpendicolari alla spiaggia, la cui lunghezza è stata aumentata nel tempo in conseguenza della progradazione della spiaggia stessa.

Il litorale di Levante è costituito da un'ampia falcatura che congiunge il promontorio con il Porto di Falconera, foce del canale Nicessolo. Tale canale scola parte delle acque del Livenza e della laguna di Caorle. Un molo di stabilizzazione delimita la spiaggia di Levante a nord-est, costruito nel 1976 per allontanare le acque del canale dalla spiaggia, mentre sono tredici i pennelli in massiciata presenti, peraltro ormai completamente insabbiati dalla spiaggia fortemente progradata.

I litorali di Ponente e Levante sono oggetto di intenso sfruttamento turistico di tipo alberghiero con spiagge completamente attrezzate.

3.8.2 Evoluzione storica

L'evoluzione del litorale di Caorle dal 1822 al 1970 è ampiamente documentata da ZUNICA (1971).

Tra il 1822 e il 1907 la spiaggia denuncia una netta regressione tra il Porto di S.Margherita e Caorle, anche se leggermente meno marcata nei pressi della foce del Livenza. Si osserva inoltre una leggera progradazione della spiaggia nei pressi dell'abitato di Caorle, probabilmente in conseguenza delle difese poste in opera a protezione dell'abitato stesso. Nella spiaggia di Levante si nota invece un netto avanzamento in prossimità del Porto di Falconera, mentre la falcatura compresa tra il promontorio di Caorle e l'inizio della spiaggia di Levante stessa risulta in leggero arretramento. Nel 1824 si era cercato di proteggerla tramite la costruzione di un pennello, normale alla direzione di bora, lungo 500 m e lontano della stessa misura dalla falcatura, il quale però già nel 1868 risultava sommerso.

Profondi mutamenti si sono rilevati anche nei fondali. Nella rada di Falconera si passa da profondità massime di 16 m nel 1822 a profondità massime di 7 m nel 1868, con la presenza di un banco sabbioso che si stacca dalla sinistra del Nicessolo spingendosi verso Caorle, rendendo estremamente difficile la navigazione. Dai rilievi che vanno dal 1907 al 1950 viene evidenziata l'evoluzione del banco sabbioso che chiude la rada limitando il battente d'acqua a 1.5 m.

Per quanto riguarda i fondali antistanti la spiaggia di Ponente non si verificano variazioni sostanziali, se non la naturale tendenza delle isobate a seguire l'arretramento della spiaggia emersa.

Nel ventennio 1950-1970 notevole e favorevole è stato lo sviluppo della spiaggia di Ponente, in conseguenza delle difese poste in opera in questi anni. Per contrastare l'aggiramento dell'abitato storico di Caorle si era provveduto ad irrobustire le difese preesistenti con un manufatto in calcestruzzo alle spalle della spiaggia, struttura di raccordo con i murazzi. Inoltre in varie fasi sono stati posti in opera i pennelli trasversali, in corrispondenza dei quali si è verificato un cospicuo ripascimento. Anche la costruzione dei moli foranei del Livenza, avvenuta in un prima fase nel 1965, ha contribuito alla progradazione della spiaggia di Ponente.

Per quanto riguarda la spiaggia di Levante, la barra antistante il porto di Falconera, in parte emergente, preclude l'entrata al porto stesso. Tale insabbiamento presenta condizioni negative dal punto di vista idraulico. Attraverso questa uscita si scaricano quasi tutte le acque delle bonifiche del Veneto orientale, ma a causa della diminuita portata, conseguenza delle bonifiche e della chiusura delle valli da pesca, il flusso uscente non riesce a espandersi perpendicolarmente alla costa. Piegando parallelamente alla spiaggia, tale flusso di acqua fredda e ricca di sospensione argillosa, rende poco fruibile, dal punto di vista balneare-turistico, l'area a sud-ovest del Porto di Falconera. A difesa dalle mareggiate di scirocco, particolarmente efficaci, sono stati costruiti il muro di sponda di Falconera e una serie di pennelli trasversali.

3.8.3 Evoluzione recente e stato attuale dei litorali

Il litorale di Ponente è in costante e significativo avanzamento, anche in virtù dell'aumentata lunghezza dei moli foranei alla foce del Livenza, portati a 600 m circa nel 1976. Sono state inoltre ulteriormente rafforzate le difese del nucleo storico di Caorle.

Le maggiori variazioni sono intervenute lungo il litorale di Levante, che ha mantenuto un trend erosivo fino al 1976, anno in cui viene costruito il molo di Falconera. Tale molo risolve i problemi di balneazione portando le acque fredde, fangose e cariche di inquinanti (acque scolanti di tutti i terreni agricoli situati in zone di bonifica) lontano dalla spiaggia. Contemporaneamente accentua però il fenomeno di insabbiamento della rada invertendo così il trend della spiaggia di Levante, che comincia ad avanzare. L'avanzamento ha avuto il suo massimo negli anni '80, ma prosegue tuttora e nonostante gli interventi, i fenomeni di insabbiamento caratterizzano ancora la bocca di porto, che necessita di operazioni di escavazione per essere mantenuta fruibile al diporto.

Rilievi morfobatimetrici quantitativi del litorale di Caorle sono disponibili a partire dal 1968, a cura del Genio Civile OO. MM. di Venezia. In particolare sono disponibili i dati delle campagne del 1968 del CNR, del 1976, 1980 e 1988 del Genio Civile OO. MM. di Venezia e di una campagna effettuata nel 1996 per conto del Comune di Caorle (BENETTI, 1997). Rilievi più recenti sono stati effettuati nel 2002 dal Consorzio Venezia Nuova, in tutto il litorale che va dalla foce del Piave alla foce del Tagliamento.

Spiaggia di Ponente (Tratti CA...CC)

Tra il 1969 e il 1996 la spiaggia emersa ha subito un avanzamento notevole testimoniato da tassi compresi tra 1.4 e 1.5 m/anno, progradazione avvenuta a causa della presenza dei moli foranei che intercettano parte del trasporto lungoriva. Tale processo in ogni caso non è avvenuto in maniera continua bensì attraverso una serie di oscillazioni. La tendenza rimane confermata per il confronto 1987-2002 che individua tassi di avanzamento compresi tra 1.95 e 2.24 m/anno, con il valore massimo corrispondente al tratto più orientale. Il settore più prossimo al murazzo (CC) si può invece considerare stabile. La spiaggia presenta un'ampiezza che diminuisce progressivamente da ovest a est, da un valore di circa 160 metri per il tratto in sinistra Livenza ai quasi 80 m per il tratto prossimo al murazzo.

Per quanto riguarda le variazioni della spiaggia sottomarina, nel periodo 1969-1996 l'aumento di volume è stato inferiore a quello della spiaggia emersa per le prime due fasce (0/-3 e -3/-5 m), rispettivamente +60.5% e +5.1%, mentre nella terza fascia (-5/-8 m) vi è stata una diminuzione. Questa situazione era evidentemente da addebitare alla protezione offerta dai moli foranei che si spingono fino alla profondità di 3.5 m (LIBERATORE, 1997). Più recentemente, come risulta dal confronto tra i rilievi del Genio Civile OO.MM del 1988 e i rilievi del Consorzio Venezia Nuova del 2002, la situazione di bilancio della spiaggia sottomarina in questo tratto si è modificata verso valori nettamente negativi, anche entro la batimetrica dei -5 m. In particolare si registra un'erosione pari a $-10.1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ in prossimità del molo di foce del Livenza, fenomeno che aumenta progressivamente verso est fino ad un valore medio di -32.9 e $-29.7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ nei fondali antistanti il murazzo. La spiaggia sottomarina presenta una significativa acclività (0.0093) nel suo estremo occidentale, mentre la sezione centro orientale

risulta meno acclive (0.0073) e quindi in grado di dissipare almeno in parte l'energia di una mareggiata.

Spiaggia antistante il murazzo (Tratto CD)

Per questo tratto è possibile considerare solo le variazioni della spiaggia sommersa, in quanto la spiaggia emersa è assente ed è sostituita dalle opere di difesa. Nel periodo 1968-1996 (LIBERATORE, 1997), la fascia compresa tra 0 e -3 m risultava in diminuzione con un -2.54%, mentre le altre due fasce (-3/-5 m e -5/-8 m) presentavano un lieve aumento, con variazioni avvenute in due fasi distinte: una prima fase ripascitiva (68-76/80) ed una seconda fase erosiva (76/80-96).

Più di recente, nel periodo 1988-2002 si assiste, come per la spiaggia di Ponente, ad un vistoso fenomeno di erosione dei fondali, con un tasso di decremento pari a -31.1 m³/m/anno. La spiaggia sottomarina risulta leggermente più acclive (0.0076) rispetto a quella immediatamente a ovest.

Spiaggia di Levante (Tratti CE...CI)

Relativamente al periodo 1968-1996 i dati di Liberatore (1997) evidenziano un vistoso incremento nella spiaggia emersa pari a 395.301 m³ (+759.92%); il periodo di maggiore crescita è quello compreso tra il 1980 e il 1988. Nella prima sezione di spiaggia sommersa (0/-3 m) il bilancio complessivo si presentava positivo, anche se con valori percentuali (+46.5%) nettamente inferiori rispetto alla spiaggia emersa. L'incremento più cospicuo si è verificato nel 1976, in coincidenza con la regressione massima della spiaggia emersa, a testimonianza del fatto che il fenomeno dell'insabbiamento riguardava, fino alla costruzione del molo di Falconera, unicamente la spiaggia sommersa.

Per le altre due fasce (-3/-5 m e -5/-8 m) si è potuto assistere ad una evoluzione simile alla fascia 0/-3 m, con valori percentuali via via inferiori e con una lieve regressione per la fascia più profonda negli ultimi due rilievi.

Attualmente la variazione della linea di riva, sulla base dei dati di confronto per il periodo 1983-2002, denuncia una situazione ripascitiva, particolarmente intensa nella sezione centrale della falcatura. Il tratto retrostante il murazzo orientato NO-SE risulta stabile, mentre proseguendo verso est la linea di riva è avanzata con tassi crescenti da 2.5 m/anno a 7.5 m/anno e a 6.7 m/anno procedendo da ovest a est, riducendosi lievemente a 4.2 m/anno lungo il tratto terminale in destra Falconera (CI). Attualmente la spiaggia presenta ampiezze elevate comprese tra un valore minimo di 108 m a sud-ovest (CE) e uno massimo di 230 m nel tratto centrale (CG), fino ai quasi 190 m del tratto terminale (CI).

Se per il litorale di Ponente la causa del ripascimento è, come evidenziato in precedenza, la presenza dei moli foranei che intercettano parte del trasporto lungoriva, nella spiaggia di Levante interagiscono due fattori: il fenomeno dell'insabbiamento della rada, causato dalla parziale

intercettazione del trasporto litoraneo da parte del promontorio della Madonna dell'Angelo, e la progradazione della spiaggia emersa favorita dal molo di Falconera. Bisogna comunque ricordare che l'aumento della spiaggia emersa era nel passato in parte dovuto al trasferimento meccanico di materiale sabbioso tra la spiaggia emersa e quella sommersa ad opera dei gestori (LIBERATORE, 1997).

I fondali antistanti il litorale di Levante si presentano a bassa pendenza, con valori che passano da 0.0042 all'estremo sud-occidentale a 0.0036 per l'estremo nord-orientale. Tali pendenze sono giustificate dall'evoluzione storica del paraggio, discussa in precedenza, e assicurano un'efficace dissipazione dell'energia del moto ondoso. Il tasso di evoluzione dei fondali relativamente al periodo 1988-2002 indica in generale una tendenza della spiaggia sottomarina alla stabilità, con tassi di evoluzione compresi tra $-6.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ nel tratto centrale (CG) a $14.9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ nel tratto antistante il molo di Falconera.

3.8.4 Tipologie difensive

Spiaggia di Ponente (Tratti CA-CC)

Alla radice del molo foraneo ovest del fiume Livenza è presente un campo di dune molto elevate (anche 8 m) per il quale è stata assunta una quota media di 6 m (Fontolan, 2001), su cui è stato costruito un campeggio. Le dune sono stabilizzate e vegetate con specie arboree, con fianchi mediamente ripidi e percorsi da numerosi viottoli (scheda CA). Oltre il campeggio si estende un'area molto urbanizzata delimitata dal Canale dell'Orologio. Al termine del campeggio, verso est, inizia un tratto (CB) in cui l'unica difesa è costituita da una passeggiata lastricata, rilevata rispetto alla spiaggia, il cui piano di calpestio si trova ad una quota di 2.6 m (CVN, 2002), alle spalle della quale si trovano alberghi il cui seminterrato giace ad una quota inferiore rispetto al piano di calpestio della passeggiata stessa. Oltre gli alberghi si estende una vasta area residenziale-turistica delimitata a nord dal predetto canale (scheda CB). Dopo 400 m circa la passeggiata si eleva ad una quota di 2.9 metri (CVN, 2002). Alle sue spalle è presente un'area densamente edificata, con quota del piano stradale sensibilmente inferiore a quella della passeggiata, pari a circa 1.4 m, e che diminuisce progressivamente verso nord. Le zone prossime al canale dell'Orologio si trovano a quote inferiori al livello del mare (scheda CC).

Murazzo (Tratto CD)

In questo tratto la linea di costa corrisponde alle cospicue difese presenti. Il sistema di protezioni, simili a quelle che si trovano a Pellestrina, risale al XVII sec. ma nella sua forma attuale risente di secoli di modifiche e miglioramenti. Il manufatto è costituito da una massicciata fronte mare, seguita da un piano inclinato che termina ai piedi di uno spesso muro paraonde, la cui sommità raggiunge i 4.6 m (CVN, 2002), oltre il quale vi è una passeggiata. La distanza tra la sommità del muro paraonde e i massi frangiflutti è di circa 14 m. Alle spalle del murazzo è

situato il centro storico di Caorle, le cui quote del piano stradale partono da 1 m circa alla base del murazzo e decrescono verso nord fino allo zero (scheda CD).

Spiaggia di Levante (Tratti CE-CI)

Alle spalle del murazzo l'ampia falcatura del litorale di Levante è chiusa verso terra da un muretto, la cui sommità ha una quota di 3.3 m (Fontolan, 2001), alle spalle del quale si trova una passeggiata. Oltre la passeggiata si sviluppa il centro storico di Caorle che, come precedentemente detto, ha il piano stradale a quote molto basse (scheda CE). Il tratto seguente (scheda CF) è difeso dalla sola passeggiata con piano di calpestio a 2.65 m (Fontolan, 2001). Oltre la passeggiata si estende una zona alberghiera sopraelevata rispetto al centro storico, ma con quote comunque digradanti verso nord, area in cui sono presenti ampi terreni agricoli. Nel punto in cui la strada si avvicina alla passeggiata, quest'ultima è sormontata da un muro (scheda CG), la cui sommità si trova a 3.8 m (Fontolan, 2001). Il muro presenta numerosi varchi di accesso alla spiaggia predisposti per l'inserimento di setti di chiusura. Lungo tutto questo tratto ampio circa 1500 m, vi è una zona residenziale oltre gli alberghi le cui quote digradano verso nord-ovest, fino a scendere allo zero nelle aree agricole. Il muro termina in corrispondenza della curva con cui la strada lungomare piega verso l'entroterra. Procedendo verso nord-est vi è un settore di 500 m circa, occupato da campeggi e colonie estive, in cui le difese sono del tutto assenti poiché le recinzioni consistono unicamente in reti o siepi (scheda CH). Gli ultimi 300 metri fino al molo di Falconera sono difesi da una struttura, costruita negli anni 70, del tipo paraonde con sommità posta a 2.8 m (CVN, 2002), completamente ricoperta di sabbia. La struttura funge da recinzione del campeggio retrostante, i cui accessi alla spiaggia non interrompono la continuità del manufatto. Come già evidenziato nel paragrafo sullo stato attuale del litorale, la conformazione molto piatta dei fondali di questo settore garantisce un'ulteriore difesa assorbendo parte dell'energia del moto ondoso.

3.9 DAL PORTO DI FALCONERA AL PORTO DI BASELEGHE: IL LITORALE DI VALLE VECCHIA

3.9.1 Generalità

Il litorale di Valle Vecchia, che ha un'estensione di circa 5 km, è delimitato a ponente dal Porto di Falconera e a levante da quello di Baseleghe, foci rispettivamente del canale Nicessolo e dei Lovi. Il regime sedimentologico di questa spiaggia dipende essenzialmente dal trasporto verso ovest delle sabbie tilaventine e dalla regimazione delle bocche che la delimitano.

E' uno dei pochi tratti costieri del Nord Adriatico che si presenta quasi del tutto indenne da qualsiasi forma di sfruttamento turistico e di urbanizzazione. Per tutta la sua lunghezza il litorale

è costituito da una spiaggia emersa accompagnata da morfologie costiere attuali (*dune, beach ridges*, aree barenicole), da morfologie costiere relitte e da una pineta di origine antropica. L'area retrostante il litorale è quasi esclusivamente agricola se si eccettua ciò che rimane dei vecchi canali lagunari ed un paio di ristoranti. Un'unica strada, di cui l'ultimo tratto non asfaltato, collega il litorale all'abitato più vicino (Brussa).

Alcune differenze morfologiche sono evidenti lungo questa porzione di costa. L'estremità occidentale presenta una superficie di spiaggia piuttosto limitata ed è tuttora caratterizzata dalla presenza di morfologie in via di formazione, riconducibili ad una struttura tipo *beach ridges*. Alle spalle si susseguono dei cordoni sabbiosi alternati a depressioni a carattere paludoso (*lame*). Procedendo verso est il litorale presenta un'avanduna ben sviluppata, che nella parte occidentale è preceduta da accumuli eolici in via di formazione (*avandune* incipienti). La fascia paludosa alle spalle della spiaggia tende a scomparire lasciando il posto alla pineta, nella quale sono ancora visibili le antiche dune che assumono dimensioni sempre maggiori procedendo verso est. Le opere costiere sono del tutto assenti; soltanto nell'area centro orientale esistono sette pennelli in massi costruiti nel 1966, ormai quasi totalmente insabbiati.

3.9.2 Evoluzione storica

In epoca storica (prima del secolo XVI) l'attuale spiaggia costituiva un'isola-barriera della cui retrostante laguna rimane oggi soltanto una minima parte. L'evoluzione del litorale dal 1892 al 1961 è descritta in MORTILLARO (1957) e ZUNICA (1971). Dal confronto dei documenti cartografici storici effettuato dagli Autori, si ricava per il litorale una generale tendenza all'avanzamento, che è stato particolarmente consistente per il settore occidentale e centrale ad esclusione di un limitato fenomeno erosivo per il periodo 1890 – 1908. Per il settore orientale, successivamente ad una fase di lento avanzamento fino al 1937, si verificò un sensibile fatto erosivo (ZUNICA, 1971).

Negli anni '50 ebbe inizio una marcata erosione del tratto centro orientale, accompagnata però da accrescimenti alle estremità. In particolare cominciò a formarsi una freccia litorale (*spit*) lunga circa 600 m verso est, che dopo il 1968 subì una rotazione verso l'interno. Nel 1966 per contrastare la tendenza erosiva furono realizzati sette pennelli in massi nella porzione centro orientale. Tra le aree barenicole e la spiaggia fu inoltre effettuato un intenso rimboschimento e posto in opera un sottile argine in terra, interventi questi vanificati dalla mareggiata del 1966.

Le bonifiche, che avevano avuto inizio già nel periodo della Repubblica di Venezia, si sono protratte fino alla fine degli anni '60, quando con lo sbarramento del canale di Baseleghe si provvide alla bonifica della palude Dossetto e delle aree barenicole alle immediate spalle della spiaggia. In funzione di queste ultime bonifiche è stata costruita la strada che attualmente conduce al mare.

La trasformazione degli specchi lagunari in aree agricole e valli da pesca ha avuto notevoli effetti sul regime idraulico di tutto il paraggio, favorendo l'atrofizzazione delle bocche lagunari.

Nel 1970 a causa di tali fenomeni l'efficienza sia della rada del Porto di Falconera che della rada del Porto di Baseleghe era quasi compromessa a tal punto che quest'ultima, anche in seguito al protendimento verso ovest della spiaggia di Bibione, risultava ampiamente insabbiata e ingombra di scanni con ovvie difficoltà per i natanti. Nel 1951 l'imboccatura del porto appariva ampia 1500 metri, mentre i rilievi del 1968 davano un valore di appena 300 m e quelli del 1977 di circa 70 m (CATANI ET AL., 1978).

3.9.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

Rilievi quantitativi del litorale sono disponibili a seguito delle campagne del 1968 del CNR, del 1976, 1980 e 1988 del Genio Civile OO. MM. di Venezia e, limitatamente alla porzione occidentale, anche rilievi batimetrici effettuati nel 1996 per conto del Comune di Caorle (BENETTI, 1997). I dati più aggiornati provengono da rilievi effettuati dalla TE.MA. per conto del Consorzio Venezia Nuova nel 2002.

Tratto occidentale e centrale (Tratti VA –VB)

Per quel che riguarda l'evoluzione della linea di riva continua, nella porzione orientale del litorale, l'accrescimento stadiale, come testimoniato dalla presenza di morfologie anche recenti tipo *beach ridges* (BEZZI, 1995), che assumono forma chiaramente uncinata all'estremità occidentale per rettificarsi e fondersi verso est. Si tratta di cordoni sabbiosi colonizzati dalle vegetazione, disposti parallelamente alla linea di riva. Per le loro dimensioni modeste (quote intorno ai 2-2.5 m) essi sono difficilmente distinguibili con continuità sul terreno, ma risultano ben visibili in foto aerea. Il cordone che occupa la posizione più avanzata verso mare, si trova molto vicino alla linea di riva, poiché la spiaggia emersa vera e propria è ampia circa 40 m, di conseguenza esso viene perciò periodicamente intaccato dall'azione delle onde durante gli eventi di alta energia.

Per una corretta ricostruzione delle fasi di avanzamento delle linea di riva e della costruzione delle *beach ridges*, pur in mancanza di dati completi, sulla base di confronti cartografici e aereofotogrammetrici sono state messe in evidenza due fasi di avanzamento nel periodo 1968-1978 e 1978-83, seguite da una fase debolmente erosiva intercorsa dal 1983 al 1995 (FONTOLAN & SCORTEGAGNA, 1996). I dati cartografici sono parzialmente confermati dall'analisi delle sezioni 14 e 13 del Genio Civile OO. MM. di Venezia. Esse hanno evidenziato un avanzamento della spiaggia emersa avvenuto durante gli intervalli di tempo 1968-1976 e 1976-80, con tassi meno marcati per la più orientale delle due sezioni (2.3 m/anno contro 6.6 m/anno per il primo periodo, 0.7 m/anno contro 1.1 m/anno per il secondo periodo); segue un certo arretramento generalizzato nell'intervallo 1980-88. Sulla base del confronto tra la CTR del 1983 e la foto aerea del 1998, la linea di riva si presentava stabile per la porzione più occidentale del litorale e leggermente in avanzamento per quella centrale (tasso di 1.1 m/anno), anche se in

realtà l'avanzamento è avvenuto prevalentemente nella porzione più orientale di quest'ultimo tratto.

I dati più recenti infine indicano per l'ultimo ventennio (1983-2002) una linea di riva che può essere definita stabile con tassi di avanzamento compresi tra 0.30 e 0.80 m/anno.

I tassi di avanzamento meno elevati della porzione centrale, unitamente ad un'orientazione leggermente più favorevole al trasporto eolico, hanno permesso la formazione di una vera e propria avanduna che raggiunge quote significative, intorno ai 3 m (CVN 2002). Essa appare stabilizzata da vegetazione spontanea sia erbacea che arbustiva e presenta il fianco verso mare poco ripido. La precede verso mare una fascia abbastanza ampia di avandune incipienti, che raggiungono quote comprese tra 2.1 e 2.4 m e sulle quali la vegetazione erbacea appare più discontinua. La spiaggia emersa in senso stretto si presenta ampia in media 35 m), limitata verso terra dallo sviluppo della vegetazione spontanea.

Per quel che riguarda l'evoluzione dei fondali, dai computi volumetrici riportati in LIBERATORE (1997) le variazioni apparivano modeste ed il bilancio complessivo 1968-88 indicava per la porzione occidentale una condizione di stabilità ($6.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$) e al contrario una tendenza erosiva per quella centrale (in media $-10.5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$). In relazione al periodo di confronto 1988-2002, si conferma la stabilità del tratto occidentale e si evidenzia un peggioramento del regime erosivo per quello centrale, con un tasso di decremento pari $-17.4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$.

Tratto orientale (Tratti VC...VE)

Il tratto orientale del litorale di Valle Vecchia può essere ulteriormente suddiviso in due porzioni distinte. Quella che di fatto occupa una posizione geograficamente più centrale rispetto al litorale (tratto VC) presenta una spiaggia emersa piuttosto ampia (in media circa 80 metri) interessata sporadicamente da spianamenti antropici e limitata verso terra da un'avanduna parzialmente vegetata. La linea di riva in questo tratto si presenta stabile, sulla base del più recente confronto tra la CTR del 1983 e i rilievi del Consorzio Venezia Nuova del 2002.

Tale confronto evidenzia al contrario, per la parte orientale del litorale, le modifiche più rilevanti che si traducono in un rapido avanzamento della linea di riva ($4.5 \text{ m}/\text{anno}$) per un tratto di circa 700 m (VC), in contrasto con un'evoluzione nettamente negativa nel tratto prossimale al Porto di Baseleghe ($-3.7 \text{ m}/\text{anno}$). Dati così contrastanti sono da mettere in relazione con l'elevato dinamismo di questo settore, costituito di fatto da una freccia litorale (spit), formatasi prima della costruzione, avvenuta negli anni '70, del porto turistico di Bibione all'interno del Porto di Baseleghe.

Dopo una fase di relativa stabilità nel periodo 1976-1980, la dinamica legata alla bocca ed alla presenza di un canale di accesso al porto scavato in direzione nord-sud, ad incidere perpendicolarmente il sistema di barre (mantenuto alla profondità di circa 3 m attraverso continui asporti di materiale) ha determinato la tendenza della linea di riva a ruotare attorno ad un punto

di perno posto a circa 500 m dall'estremità. Ciò si è concretizzato contemporaneamente in un accrescimento sostanziale della parte più occidentale dello spit (FURLANI, 1998) mediante un meccanismo di formazione, emersione e rinsaldamento alla linea di riva di ampi scanni sabbiosi e in un arretramento di quella orientale. Intorno alla metà degli anni '90, nel tentativo di limitare i fenomeni di erosione è stata costruita una duna artificiale con struttura in sacchi di geotessile, davanti alla quale è stata successivamente posta una massicciata; già dopo breve tempo dalla loro realizzazione i manufatti si trovavano in uno stato precario di conservazione a causa di un forte scalzamento al piede e di collassi della struttura (FONTOLAN & SCORTEGAGNA, 1996). Tuttora per un tratto di circa 300 m la massicciata, oltre a rimanere separata dalla spiaggia, risulta sommersa e non esercita più alcuna funzione significativa di difesa.

Per quel che riguarda l'evoluzione dei fondali, i computi volumetrici riportati in LIBERATORE (1997) indicano variazioni dei fondali modeste ed il bilancio complessivo 1968-88 indicava una condizione di stabilità (valori compresi tra -0.3 e 9.5 m³/m/anno). La spiaggia sottomarina allo stato attuale (confronto 1988-2002) è caratterizzata da un trend erosivo, accentuato nella porzione centrale con un tasso pari a -14.3 m³/m/anno e da modificazioni modeste in quella orientale con tassi compresi tra -1.9 e -2.5 m³/m/anno.

3.9.4 Tipologie difensive

Non sono presenti opere di difesa significative se si esclude la presenza di alcune vecchie difese (pennelli nella porzione centrale e massicciata in quella orientale) che ormai hanno completamente perduto la loro funzionalità sia per la mancanza di manutenzione che per le mutate condizioni del litorale.

La tipologia difensiva presente sul resto del litorale può essere individuata nella presenza di dune costiere, che pur raggiungendo quote poco elevate (poco meno di 3 m), sono sempre presenti alle spalle della spiaggia emersa ad eccezione dell'estremità occidentale dove sono sostituite dalle già citate *beach ridges* (tratto VA). Le *beach ridges* non possono essere considerate dune costiere a causa delle loro dimensioni modeste (raggiungono in media una quota di 2.2 m) e della loro genesi. Dal punto di vista della difesa dall'ingressione marina possono esercitare un'efficace funzione, nonostante le dimensioni limitate, in quanto nel loro insieme costituiscono una fascia abbastanza ampia. Nel tratto centrale (VB) alle *beach ridges* si sostituisce una duna costiera vera e propria, la quale, nonostante le dimensioni non rilevanti, appare piuttosto continua ed interrotta soltanto per brevi tratti da sentieri di accesso alla spiaggia. Le buone condizioni in cui si presenta ne garantiscono l'efficacia dal punto di vista difensivo, prima fra tutte la presenza della fascia ad avandune incipienti, molto ben sviluppate e vegetate. Essa, unitamente alla spiaggia emersa, costituisce una fascia lungo la quale l'energia del moto ondoso può dissiparsi; in questo modo la duna nel suo complesso può mantenersi nel tempo, nonostante i frequenti attacchi da parte del moto ondoso che vi determinano a volte evidenti zappature erosive.

Procedendo verso est (tratto VC) la duna perde alcune delle caratteristiche positive che la contraddistinguevano. Non è casuale che ciò avvenga nel tratto di più comodo accesso e quindi maggiormente frequentato dal turismo balneare, a causa del quale vengono saltuariamente eseguiti alcuni interventi di spianamento. Ne consegue la mancanza della fascia ad avandune incipienti ed un minor grado di copertura vegetale, che rendono la duna più vulnerabile all'azione del mare.

Le condizioni della duna migliorano leggermente nel tratto successivo (VD) dove ricompare, benchè solo a tratti, la fascia ad avanduna incipiente, sebbene molto meno sviluppata rispetto al tratto VB.

La struttura della spiaggia sottomarina offre un'ulteriore efficace protezione alla spiaggia e all'entroterra lungo il litorale, presentandosi con pendenze abbastanza lievi (comprese tra 0.0049 e 0.0065) unitamente alla frequente presenza di barre multiple.

In tutto il litorale, alle spalle delle dune si sviluppa una fascia occupata da pineta con dune relitte, mentre l'entroterra vero e proprio è costituito da aree agricole che occupano specchi lagunari bonificati in tempi recenti. Alle due estremità sono presenti, alle spalle della spiaggia e delle dune, aree barenicole o a carattere paludoso.

3.10 DALLA FOCE DEL TAGLIAMENTO AL PORTO DI BASELEGHE: IL LITORALE DI BIBIONE

3.10.1 Generalità

Il litorale di Bibione, che ha un'estensione di circa 10 Km, è delimitato a ponente dal Porto di Baseleghe e a levante dalla foce del fiume Tagliamento. Il regime sedimentologico di questa spiaggia è direttamente legato alle vicende del delta tilaventino, di cui costituisce l'ala destra, e il cui trasporto solido a mare viene prevalentemente veicolato dalle correnti in direzione ovest e rielaborato dal moto ondoso (ZUNICA, 1971).

Lo sfruttamento turistico e l'urbanizzazione, che interessano quasi tutto il litorale, sono avvenuti in tempi relativamente recenti, ovvero a partire dagli anni '60. Per buona parte della sua lunghezza il litorale è oggi costituito da una spiaggia emersa molto ampia accompagnata dai tipici insediamenti a nastro e quasi totalmente interessata da sfruttamento turistico, con numerose ed ampie aree in concessione a stabilimenti balneari o campeggi.

Alle spalle dell'abitato di Bibione si estende ciò che resta di un'area lagunare un tempo ben più vasta.

In prossimità del delta si possono osservare cospicui residui dell'antico bosco che, nei secoli passati, orlava tutta la fascia costiera dell'Adriatico settentrionale; al suo interno sono ancora riconoscibili gli antichi cordoni di dune, la cui presenza è legata alle fasi di costruzione del delta.

3.10.2 Evoluzione storica

L'evoluzione del litorale dal 1822 al 1951 è descritta in ZUNICA (1971); essa è strettamente dipendente da quella della foce del Tagliamento, del cui delta il litorale di Bibione costituisce il lobo destro.

Nel 1822 il tratto terminale del fiume Tagliamento si presentava rettilineo per circa 1500 metri ed aveva una direzione abbastanza simile all'attuale. I documenti cartografici fino al 1891 non permettono una ricostruzione sufficientemente accurata dell'evoluzione della linea di costa, ma mostrano che le modificazioni più sensibili si verificarono proprio nell'ala destra del delta con eventi alterni di avanzamento ed arretramento. Questa evoluzione, assieme ai resti di otto cordoni di dune fossili presenti ancora oggi nell'entroterra, intervallati da bassure, contribuisce ad identificare il meccanismo di costruzione del delta. Esso risulterebbe formatosi nel tempo attraverso la giustapposizione di fasci di cordoni sabbiosi avvenuta attraverso fasi stadiali, secondo un accrescimento intermittente (MAROCCO, 1991). Nel periodo 1891-1951 il tratto del litorale di Bibione mostrava ancora una variabilità evolutiva piuttosto controversa, soprattutto in prossimità della foce, dove si esplicavano maggiormente le attività erosive e di trasporto fluviale.

La porzione centrale del litorale ha sofferto i maggiori fenomeni erosivi durante tale periodo, con punte massime (arretramento di 245 m) nel periodo 1927-37. Nel settore centro occidentale si segnalavano fasi marcatamente deposizionali con massimi di 380 m di avanzamento della linea di riva nel periodo 1937-51 in vicinanza della bocca di Baseleghe. In questa zona l'avanzamento complessivo della linea di riva tra il 1891 e il 1951 fu di 550 m.

Relativamente al periodo 1950 - 1970 mancano dati sia da confronti cartografici che da profili. Nel 1968 per contrastare la forte erosione che, nella parte più prossima alla foce, poneva in pericolo la struttura del faro, furono costruiti tre frangiflutti in massi, che nei mesi successivi favorirono un discreto accumulo di sabbie (BRAMBATI, 1970).

3.10.3 Evoluzione recente e stato attuale del litorale

(Tratti BA...BV)

Rilievi quantitativi del litorale sono disponibili a partire dalle campagne del 1968 del CNR, del 1976, 1980 e 1988 del Genio Civile OO. MM. di Venezia. Rilievi più recenti sono stati eseguiti nel 2002 dal Consorzio Venezia Nuova, all'interno del monitoraggio eseguito nell'area costiera compresa tra le foci del Piave e del Tagliamento.

La tendenza evolutiva attuale del litorale può essere sintetizzata con una forte tendenza erosiva nella parte orientale, il cui materiale, seguendo il verso della corrente di deriva principale, subisce trasporto verso ovest. Una parte di esso va a depositarsi nella porzione centrale del lobo deltizio, esattamente sul fronte della parte maggiormente urbanizzata del litorale di Bibione, mentre l'altra concorre all'accrescimento verso ovest dell'apice del sistema sedimentario situato nella zona di Baseleghe, comportando l'interramento di una porzione orientale del canale di Baseleghe.

Quest'ultima zona si estende per circa 1600 m a partire dal canale (tratti BA-BE) e presenta avanzamenti della linea di riva con tassi decrescenti da ovest verso est, compresi tra 3.9 e 1.6 m/anno per il periodo 1987-2002. A tratti (BA e BF) sono presenti residui delle dune che un tempo limitavano la spiaggia lungo tutto il litorale e che si presentano fortemente antropizzate.

I fondali, sulla base del confronto 1988-2002, effettuato sull'unica sezione disponibile per il 1988, presentano in questa zona un tasso di accrescimento pari a $12.3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ con l'eccezione del tratto più orientale (BF) i cui fondali possono ritenersi stabili; la spiaggia sottomarina presenta due barre ed acclività compresa tra 0.0069 e 0.0071. La restante parte del litorale occidentale di Bibione (Bibione Pineda tratti BG-BI) è caratterizzata da fondali e linea di riva in leggero avanzamento; la spiaggia è piuttosto ampia, con valori medi compresi tra 89 e 147 m. La spiaggia sottomarina presenta due barre e pendenze non molto elevate (comprese tra 0.0070 e 0.0072).

La porzione centro-occidentale (tratti BJ-BN) del litorale è caratterizzata da deboli tassi erosivi della spiaggia sottomarina, con tassi di erosione che da $-4.9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ aumentano fino a $-12.3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ nel tratto BM, per poi diminuire nuovamente a $-2.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$. La linea di riva si presenta invece in avanzamento, con tassi significativi compresi tra 1.4 e 4.1 m/anno. La spiaggia sottomarina è caratterizzata da una morfologia piuttosto dolce con pendenze comprese tra 0.0072 e 0.0076 e barre che da due tendono a diventare tre verso est.

Procedendo verso est (tratti BO-BQ) si ha nuovamente un'inversione di tendenza nel trend di evoluzione dei fondali, che risultano dapprima in accrescimento con tassi che da $7.9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$ aumentano a $30.6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$, fino a presentare un tasso di accrescimento/erosione pari a 0. La linea di riva continua anche in quest'area ad essere interessata da un trend accrescitivo, con tassi compresi tra 3.6 m/anno e 5.3 m/anno e la spiaggia emersa presenta i valori di ampiezza più alti registrati su questo litorale, compresi tra 190 e 250 m. La morfologia della spiaggia, sulla quale sono presenti numerose strutture di fruizione dovute alla presenza di stabilimenti balneari, è completamente artificiale, in quanto spianata per esigenze turistiche. In particolare, man mano che si procede verso est, il profilo di spiaggia assume alcune caratteristiche anomale: ad una spiaggia sottomarina costituita da alcune barre intertidali segue una berma ben evidente. Dopo la berma, il tratto che nei profili di spiaggia naturali è spesso caratterizzato da lieve contropendenza, assume in questo caso proporzioni che si discostano dalla norma. Esso interessa infatti una fascia di più di 200 m e porta ad una diminuzione della quota di 30-40 cm. Questa morfologia è legata alla modalità con cui la spiaggia si è generata, ovvero attraverso l'emersione di una barra litorale, che ha lasciato alle sue spalle una zona depressa, tuttora invasa dall'acqua durante gli eventi di alta marea significativi.

Nella sua porzione più orientale questa barra litorale racchiude tuttora un'area a carattere paralagunare a ridosso dei primi insediamenti turistici di Bibione (tratti BS-BT: Lama di Revelino). La barra aveva subito notevoli effetti erosivi nel periodo 1983 – 1998 diminuendo in

ampiezza e arretrando in media di 142 m. L'opera di smantellamento progressivo è culminata nel novembre 2000, in occasione di un evento di mareggiata, con il sormonto della barra stessa da parte del moto ondoso, che ha allagato le aree interne. Attualmente, come risulta dal confronto tra la CTR del 1983 e i rilievi del Consorzio Venezia Nuova del 2002, la linea di riva presenta un ulteriore arretramento rispetto al 1998, nonostante gli estemporanei interventi di ripascimento effettuati in seguito alla mareggiata del 2002. I tassi medi annui calcolati per il periodo 1987-2004 risultano compresi tra -8.8 e -12.8 m/anno. La spiaggia si presenta di dimensioni molto ridotte, pari a circa 26 metri, assottigliandosi ulteriormente procedendo verso est e nella porzione di litorale successiva (tratto BU), che presenta un arretramento medio della linea di riva pari a -11.8 m/anno nel medesimo periodo di confronto. In quest'area la linea di riva è caratterizzata da numerose falcature di piccole dimensioni. Le vecchie dune vegetate ad ammophila e tamerici presentano evidenti zappature, con frequenti strutture di esondazione. Sulla battigia emergono strati consolidati di argilla con presenza di radici e fusti di ammophila, ad ulteriore testimonianza del fatto che la linea di riva si trovava un tempo in posizione ben più avanzata verso mare.

Tutto il tratto di litorale in corrispondenza della Lama di Revelino, compresa la porzione immediatamente ad est, è interessato da un bilancio negativo dei fondali. Nel periodo 1968 – 1988 la perdita di materiale era stata quantificata da LIBERATORE (1997) con un tasso di circa -48 m³/m/anno; il più recente confronto 1988-2002 evidenzia, a conferma di tale tendenza, tassi di erosione medi annui pari a circa -22 m³/m/anno. Nella parte più occidentale dell'area (tratto BS) si riscontrano i tassi di erosione dei fondali più elevati di tutto il litorale di Bibione, pari a -52.1 m³/m/anno.

La spiaggia sottomarina presentava nel 1988 valori di pendenza piuttosto elevati nell'area più orientale, con valori di 0.0092 e 0.0101 nei tratti BT e BU; nel 2002 tali valori sono diminuiti, risultando compresi tra 0.0082 e 0.0088. Tale comportamento è tipico di una spiaggia in condizioni di arretramento, ove non siano presenti opere rigide a limitare i gradi di libertà del sistema. Il sedimento asportato dalla spiaggia emersa tende infatti ad essere trasportato verso le parti più profonde del profilo di spiaggia, rendendone il profilo più dolce.

Il tratto di litorale più prossimo al faro (tratto BV) manifesta grande dinamicità, come logico aspettarsi nelle aree vicine alle foci fluviali. Alla fine degli anni '90 il fenomeno più evidente era rappresentato dalla parziale distruzione dell'apparato dunoso prospiciente la spiaggia, le cui creste raggiungevano anche gli 8 m sul livello del mare. In alcuni tratti l'erosione aveva interessato direttamente le dune stabilizzate e la vegetazione arborea. La spiaggia risultava di dimensioni modeste e la linea di riva si trovava in prossimità del faro. Ai frangiflutti preesistenti ne sono perciò stati aggiunti (1997) altri sette: tre ad ovest e quattro ad est.

L'effetto dei frangiflutti, che risultava allora ridotto, sembra attualmente aver sortito un certo beneficio, tanto che la linea di riva è di fatto avanzata nel periodo 1998-2002 fino alla posizione occupata dai frangiflutti, che è di poco arretrata rispetto a quella del 1983. Il tasso medio complessivo per questo tratto, calcolato sul periodo 1983-2002, risulta comunque

negativo (-3 m/anno) soprattutto in virtù della porzione occidentale, che davanti alla duna costruita in geotessile negli anni '90 e presto quasi completamente sbancata, presenta una linea di riva tuttora significativamente arretrata rispetto a quella del 1983.

L'erosione interessa anche i fondali con un tasso di $-23.3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{anno}$; la spiaggia sottomarina raggiunge nella zona antistante il faro i valori di pendenza maggiori, pari a 0.0088.

3.10.4 Tipologie difensive

Nella porzione occidentale del litorale (Bibione Pineda tratti BA-BL), la fascia immediatamente alle spalle della spiaggia è costituita da ampie zone verdi (pinete), per lunghi tratti occupate da campeggi e strutture turistiche. La zona residenziale vera e propria, costituita in prevalenza da unità abitative ad un piano, si sviluppa in una fascia più arretrata. Per quasi tutta la lunghezza di questo tratto, alle spalle della spiaggia emersa sono presenti residui delle antiche dune, spesso sottoforma di argini piantumati e senza alcun carattere di naturalità. Le quote sono variabili, frequentemente sotto i 3 m (dati Fontolan 2001 e CVN 2002) e raggiungono solo in un caso quote significative (4.5 m per BL). L'azione di rimaneggiamento delle dune ha avuto come effetti più frequenti la sostituzione della vegetazione naturale da parte di piantumazioni di tamerici, evidenti segni di erosione nonché rettificazione del fianco verso mare che si presenta più ripido del normale e privo di vegetazione. Tale situazione di degrado è imputabile al fatto che la superficie di spiaggia davanti alle dune viene continuamente spianata con mezzi meccanici; questi interventi tendono a raggiungere il piede della duna asportandone parte della sabbia e determinandone il profilo anomalo. In alcuni casi, il fianco stesso della duna subisce vere e proprie asportazioni di sabbia, oltre a non essere mai protetto da staccionate o strutture simili. Ciò comporta che la vegetazione spontanea, dove presente, già sfavorita dalla ripidità del terreno, non abbia alcuna protezione nei confronti dei danni da calpestio. Sono inoltre molto frequenti i varchi, costruiti per consentire l'accesso alla spiaggia oppure formati spontaneamente in seguito al continuo transito di persone; essi determinano numerose interruzioni nella continuità del seppure esile cordone difensivo. Sono in genere costituiti da veri e propri tagli del cordone stesso, la cui soglia spesso non si eleva che di poche decine di centimetri dal piano spiaggia e non presenta alcuna struttura che ne garantisca la stabilità nel tempo. I varchi sono quindi soggetti ad erosione ai fianchi e ad approfondimento della soglia a causa del frequente transito di persone e di mezzi. In alcuni casi (tratto BD, limite tra BG ed BH, tratto BH) la continuità del cordone è interrotta più drasticamente, dalla presenza di grandi strutture quali bar o ristoranti, costruiti direttamente sulla spiaggia o con accesso diretto senza alcuna struttura difensiva o elevazione rispetto al piano spiaggia stesso. Solo per alcuni brevi tratti le dune assumono ancora connotazioni naturali; la zona in cui sono in uno stato migliore di conservazione e con deposizione attiva è quella più prossima a Baseleghe, dove il campo di avandune ha però estensione piuttosto limitata.

Nella zona di Bibione Lido del Sole (dal Soggiorno Dorotea alla ex colonia P.O.A., (tratti BM-BO) è presente un nucleo ad alta concentrazione di edifici costruiti in prossimità dell'arenile, di cui alcuni di recente costruzione. Alcuni tratti sono solo parzialmente edificati e occupati dagli stabili delle colonie. Come nel tratto precedente sono frequenti argini in sabbia che costituiscono il residuo degli antichi cordoni dunosi che, fatta eccezione per alcuni brevi tratti (BN), hanno perduto ogni carattere di naturalità. In un ampio settore (BO) i cordoni di dune sono stati del tutto spianati e vi è stato recentemente costruito un rilevato in sabbia, sul quale si sviluppano un percorso pedonale ed uno ciclabile, entrambi pavimentati. La quota massima del rilevato raggiunge in media i 3 m. Per la struttura appena citata è in progetto un prolungamento che interesserà 1100 m per il tratto BN e BM.

Procedendo verso est si incontra la zona maggiormente urbanizzata del litorale (tratti BP-BR), con alberghi e residence a più piani, che occupano una fascia continua alle spalle della spiaggia emersa. Il limite tra la spiaggia e la fascia di edifici è costituito in due tratti (BP e BR) da una struttura simile a quella appena descritta per il tratto BO. Tale struttura non è continua, perché nella porzione centrale è sostituita da una strada costiera di precedente costruzione, difesa verso mare da un muretto con una struttura paraonde. Nella rimanente parte di litorale le uniche strutture di difesa degne di nota sono un argine in cemento, con profilo paraonde, posto alle spalle della Lama di Revelino, la cui sommità raggiunge i 2.7 m (Fontolan, 2001) e i già citati frangiflutti in massi ubicati parallelamente alla linea di riva nella zona del faro. In quest'area è presente inoltre, in posizione ravvicinata alla linea di riva, il più recente dei cordoni di dune che caratterizzano una vasta area verso l'entroterra. Esso presenta quote variabili, vegetazione erbacea ed arborea ed è stato in tempi recenti interessato a più riprese da forti eventi erosivi. Il posizionamento di fascine e legname nella fascia antistante ad esso, unitamente ad una fase ripascitiva della spiaggia, ha recentemente favorito in questo sito la formazione di accumuli eolici in parte colonizzati da vegetazione spontanea.

Al fine di preservare le componenti vegetazionali e faunistiche di pregio che ancora permangono in quest'area costiera, alcuni tratti del litorale di Bibione (tratti BA, BH, BI, BJ, BK, BL, BM e tratti BS, BT, BU, BV) sono stati inseriti nell'area SIC "Laguna di Caorle - Foce Tagliamento" (IT3250033).