

Committente:



LE TRASFORMAZIONI AMBIENTALI DELLA LAGUNA DI GRADO E MARANO

Relazione Finale

Foto: Gloria Fachin

Responsabile scientifico:
Prof. Giorgio Fontolan

Gruppo di Lavoro :
Dott.ssa Annelore Bezzi
Dott.ssa Gloria Fachin
Dott. Simone Pillon

Trieste - Febbraio 2010

INDICE

1. INTRODUZIONE	Pg.	1
2. LA BARENA COME INDICATORE GEOMORFOLOGICO	"	2
2.1 Genesi e morfologia delle barene	"	2
2.2 Il caso veneziano	"	6
2.3 Cause dell'erosione	"	7
<u>2.3.1 L'azione del moto ondoso</u>	"	7
<u>2.3.2 L'effetto dell'escursione di marea</u>	"	8
<u>2.3.3 L'innalzamento del livello del mare</u>	"	9
3. MATERIALI E METODI	"	10
3.1 Materiale aerofotogrammetrico	"	10
3.2 Materiale cartografico	"	10
3.3 Elaborazione	"	10
3.4 Foto interpretazione	"	12
4. EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELLE BARENE DELLE LAGUNE DI MARANO E GRADO NEL PERIODO 1954 - 2006	"	14
4.1 Distribuzione attuale delle barene	"	14
<u>4.1.1 BACINO DI MARANO</u>	"	14
<u>4.1.2 BACINO DI S.ANDREA</u>	"	16
<u>4.1.3 BACINO DI BUSO</u>	"	17
<u>4.1.4 BACINO DI MORGO</u>	"	19
<u>4.1.5 BACINO DI GRADO</u>	"	21
<u>4.1.6 BACINO DI PRIMERO</u>	"	23
4.2 Evoluzione nel periodo 1954-1990	"	25
<u>4.2.1 BACINO DI MARANO</u>	"	25
<u>4.2.2 BACINO DI S.ANDREA</u>	"	29
<u>4.2.3 BACINO DI BUSO</u>	"	30
<u>4.2.4 BACINO DI MORGO</u>	"	33
<u>4.2.5 BACINO DI GRADO</u>	"	34
<u>4.2.6 BACINO DI PRIMERO</u>	"	36
4.3 Evoluzione nel periodo 1990 -2006	"	39
<u>4.3.1 BACINO DI MARANO</u>	"	39
<u>4.3.2 BACINO DI S.ANDREA</u>	"	46
<u>4.3.3 BACINO DI BUSO</u>	"	48
<u>4.3.4 BACINO DI MORGO</u>	"	56
<u>4.3.5 BACINO DI GRADO</u>	"	58
<u>4.3.6 BACINO DI PRIMERO</u>	"	63
5. CONCLUSIONI	"	68
6. BIBLIOGRAFIA		74
Allegato: Schede sinottiche delle tipologie evolutive		

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, gli studi sugli effetti primari e secondari dell'innalzamento relativo del livello del mare e sulla vulnerabilità e risposta adattativa dei litorali, sono diventati temi di grande attualità. La comunità scientifica internazionale è ormai pressoché concorde nell'affermare non solo che il cambiamento climatico del pianeta sia in atto, ma che sia connesso principalmente all'alterazione degli equilibri naturali da parte dell'uomo.

La recente individuazione dei complessi movimenti di risalita del mare sulle coste italiane (Antonioli et al., 2009), insieme alla previsione di un'accelerazione del sollevamento del livello marino, assumono oggi grande importanza nella programmazione futura delle attività umane connesse alla salvaguardia degli ecosistemi costieri. In questo contesto le lagune, proprio per la loro natura di ambienti di transizione, risultano tra le aree maggiormente vulnerabili, considerata anche la forte pressione diretta esercitata dall'uomo e dalle sue attività di sfruttamento e produttive.

Nell'ambito della convenzione tra l'*Agenzia Regionale Protezione Ambiente ARPA Friuli Venezia Giulia* e il *Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste*, relativa alla stesura di uno studio in merito alle "Trasformazioni ambientali della Laguna di Grado e Marano", la presente relazione intende presentare e descrivere le modificazioni intercorse nell'arco di tempo 1954-1990 e 1990-2006 nel bacino lagunare. L'analisi delle suddette trasformazioni è stata ricavata dalla cartografia tematica realizzata nell'ambito del Progetto Scientifico FISR Vector (2007-2009: Fontolan et al., 2009) aggiornata con il confronto 1990-2006, grazie alle ortofoto rese disponibili da parte del Ministero dell'Ambiente. Tale analisi riguarda nello specifico l'evoluzione areale delle barene, partendo dal presupposto che tali morfologie costituiscano uno dei migliori indicatori dello stato ambientale dei bacini lagunari.

2. LA BARENA COME INDICATORE GEOMORFOLOGICO

2.1 Genesi e morfologia delle barene

Tra le morfologie endolagunari le barene hanno un ruolo geomorfologico ed ecologico cruciale, poiché costituiscono una tra le morfologie più diffuse e tipiche dei bacini di marea presenti lungo le coste a bassa energia, o degli specchi d'acqua costieri protetti dall'azione diretta del moto ondoso da lidi ed isole barriera. Ciò che contraddistingue questi ambienti è la loro dinamicità, legata essenzialmente all'azione della marea, che con le sue fluttuazioni rappresenta il principale fattore di controllo del regime sedimentario.

Nel tempo il concetto di "barena" ha subito un'evoluzione spesso segnata da definizioni disomogenee e scarsamente oggettive (Rinaldo, 2000). Nel passato, per esempio, si è provato a dare una definizione di barena facendo riferimento alla sola morfologia, che però può essere alquanto varia. Diversi tentativi sono stati fatti per cercare di definire le barene anche da un punto di vista altimetrico, di qui la definizione adottata dall'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia, che indica le barene come tutte "le zone poste ad una quota maggiore di zero, inteso come medio mare corrente, sommergibili solamente durante le alte maree" (Rusconi, 1987).

Le barene si sviluppano in seguito all'apporto di materiale solido alle zone di bassofondo dove, per una riduzione nella velocità di corrente, tende a depositarsi, promovendo l'accrescimento verticale delle stesse.

In generale, i fattori principali che governano tale sviluppo possono esser individuati:

- nella tipologia e nella quantità di sedimento disponibile;
- nella presenza di correnti di marea e moto ondoso che garantiscano la presa in carico del sedimento fine ed il suo trasporto;
- nell'azione di "intrappolamento" del sedimento esercitata dagli apparati vegetativi.

In presenza di piccoli rilievi del fondale lagunare, l'onda di marea espandendosi perde parte della sua energia favorendo il processo di sedimentazione a scapito di una minor erosione del substrato fangoso, con la progressiva elevazione di tali dossi. Le superfici progressivamente emergono e tendono ad essere sommerse con minor frequenza, favorendo l'insediamento della vegetazione e di macroinvertebrati.

Durante lo sviluppo, la vegetazione riveste un ruolo fondamentale nella crescita e nella stabilizzazione della struttura barenicola: se da un lato i fusti e le foglie delle piante, rallentando la propagazione del flusso di marea, favoriscono la sedimentazione del materiale sospeso, dall'altro le radici, trattenendo il sedimento, ne impediscono la ripresa in sospensione e quindi l'erosione. A queste azioni si affianca la capacità di alcune specie alofile di espellere sali dai tessuti, aumentando in questo modo la salinità dell'acqua e favorendo la flocculazione dei solidi sospesi. Inoltre, le piante svolgono anche un'azione coprente della superficie impedendone il disseccamento e proteggendola dal dilavamento in occasione dei periodi di sommersione. Durante la fase "giovanile" le barene appaiono piatte ed uniformi con bordi leggermente rialzati; con il tempo il profilo della superficie cambia in rapporto ad un accumulo di sostanza organica e di sedimento non uniforme.

Lungo il profilo le formazioni più elevate si realizzano nelle zone in cui la produzione primaria di sostanza organica è maggiore: queste sono spesso intercalate tra depressioni e concavità del terreno a forma di catino, denominate *chiari*. Tali bassure segnano le parti più interne della barena: qui infatti ristagnano le acque di alta marea (sizigiale) dopo il riflusso, che mescolandosi alle piogge meteoriche danno origine ad acquitrini salmastri (*salt pan*) poco profondi, alimentati da tortuosi e profondi *ghebi* (Fig. 1).

In base al processo che le genera è possibile distinguere diverse tipologie di barena:

- Barene di origine fluviale: si distinguono barene di antichi bordi fluviali e barene localizzate lungo i lati dei corsi d'acqua che ancora si immettono in laguna; sono apparati dalle morfologie tipiche e dai caratteri intermedi tra apparati deltizi ed

argini naturali. Vista la loro origine, sono contraddistinte da sedimenti di tipo fluviale che tende a depositarsi nell'area di mescolamento estuarile.

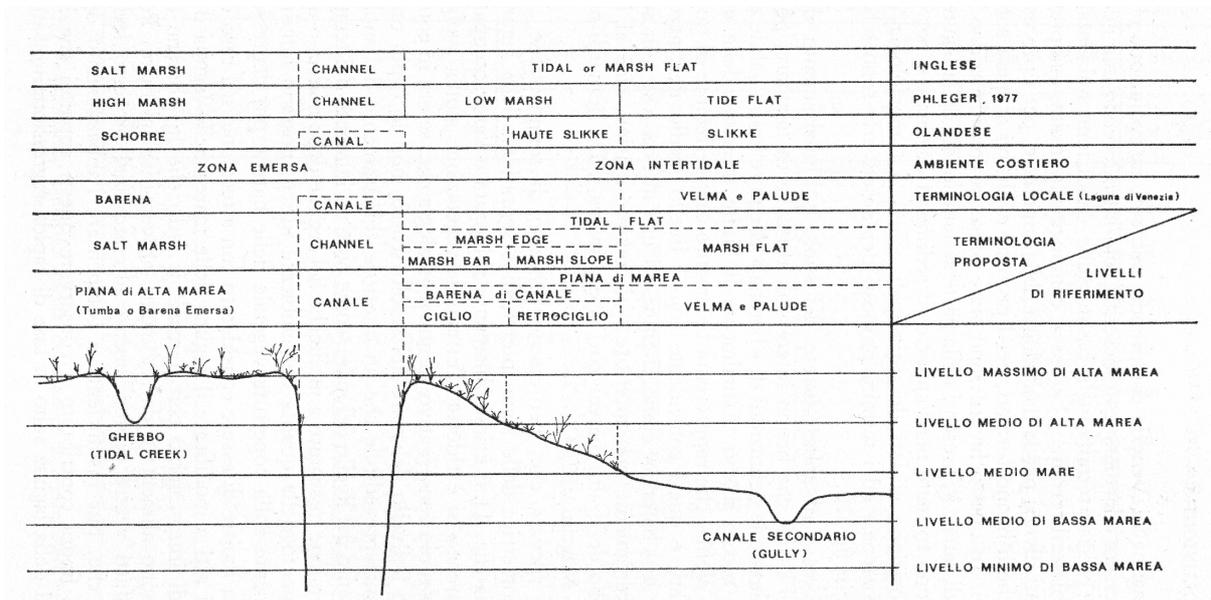


Fig.1: -Sezione tipo della barena con indicate le parti che la compongono (Albani et al., 1984)

Ne sono un esempio le morfologie che compongono l'importante apparato deltizio del fiume Stella nella laguna di Marano. A causa dell'immissione di acqua dolce in queste zone si mantiene un gradiente di salinità che determina la presenza di una tipica vegetazione lagunare fatta di alofite mista a canneti.

- Barene di canale: trovano origine lungo i margini dei canali principali, in particolare nelle zone di confluenza. Le contraddistingue una tipica morfologia allungata nel senso della direzione dell'alveo. Verso il canale presentano un evidente e ripido gradino (ciglio) che si innalza per circa 30-35 cm sul livello del mare (Albani et al., 1984), alimentato da un processo di sedimentazione attivo. Segue, nella zona di retrociglio, un digradare progressivo della superficie barenicola con chiari spesso aperti alle zone di velma retrostanti. Il margine segue fedelmente l'andamento del canale, funzionando come un vero e proprio argine naturale. Indagini granulometriche (Albani et al., 1984) effettuate per i sistemi barenicoli della vicina

Laguna di Venezia, evidenziano come, per questo tipo di morfologie, il sedimento che le compone sia di origine prettamente marina.

- Barene di pianura costiera: sono costituite da tratti ancora emergenti dell'antica pianura costiera alluvionale che invasi dalle acque salmastre possono ospitare una vegetazione esclusivamente alofita. Spesso sono localizzate lungo la gronda lagunare verso la terraferma, contraddistinte chiaramente da depositi continentali a cui si sovrappone un sottile strato di materiale lagunare. Alla stessa stregua Brambati (1988) individua nelle Lagune di Grado e Marano le *pseudobarene* intese come relitti morfologici dell'antica paleo-pianura alluvionale inondata dalla trasgressione marina.
- Barene di ambiente palustre: si trovano normalmente in aree lagunari già invase da acque salate, in cui l'arrivo di acqua dolce e depositi alluvionali hanno determinato, in seguito a nuova emersione, l'instaurarsi di una copertura vegetativa tipicamente palustre e strati di torba nei sedimenti. Devono poter contare su un apporto di sedimento sufficiente a contrastare il loro rapido sprofondamento in seguito al costipamento delle torbe.

Le barene rivestono un ruolo fondamentale nell'ecosistema lagunare. Dal punto di vista morfologico intercettando il sedimento in sospensione, ne limitano la dispersione in laguna e la relativa perdita a mare; inoltre, dislocandosi molto spesso lungo i bordi dei canali inibiscono, moderandolo, il moto ondoso interno, così da contrastarne l'azione erosiva.

Dal punto di vista naturalistico, inoltre, l'articolazione del paesaggio insieme all'elevata produzione primaria, rende le barene la morfologia lagunare con ruolo ecologico di eccellenza, anche e non solo per la presenza di diverse specie di uccelli, tra le quali alcune rare e protette.

Le barene, in quanto ambienti altamente sensibili alle modificazioni che avvengono nell'area lagunare, sono da considerarsi un buon indicatore dello stato di salute di questo sistema, quindi uno studio della loro geomorfologia può aiutarci a comprendere

le dinamiche endolagunari dominanti e la destinazione ultima a cui tende l'intero complesso lagunare.

2.2 Il caso veneziano

Per la sua conformazione e le sue peculiarità geomorfologiche l'Alto Adriatico, nel quadro odierno, risulta una zona altamente vulnerabile e a rischio di ingressione marina (Antonioli et al., 2009).

Nell'ottica dell'attuale trend di trasgressione che sta interessando in generale il livello dei mari, e delle implicazioni che una tale tendenza possa avere nel compromettere il normale equilibrio dinamico di una laguna, la vicina Laguna di Venezia rappresenta purtroppo un chiaro esempio di come l'ambiente lagunare possa non essere in grado di reagire ad una rapida modificazione dei fattori che lo regolano.

Nel caso di Venezia dettagliate levate topografico-batimetriche eseguite sin dal 1930 hanno permesso di verificare il profondo danno arrecato dalla sommersione indotta dall'effetto combinato dei processi naturali di eustatismo e subsidenza e quelli dovuti alla subsidenza antropica.

Nel corso del secolo scorso, la Laguna di Venezia ha, infatti, sperimentato un notevole processo di erosione da attribuirsi essenzialmente a fattori di natura antropica e ad un innalzamento del livello relativo delle acque. A causa dei grandi interventi di diversione fluviale che hanno determinato una perdita consistente del sedimento un tempo immesso in laguna, i processi erosivi esasperati dall'annegamento già citato non sono più compensati da neoapporti di materiale, al punto che la perdita netta di sedimento è oggi attestata a circa 0.8×10^6 m³/anno (Sarretta et al., 2009).

Tale perdita ha coinvolto, soprattutto durante il periodo di massima subsidenza antropica (1930-1970), principalmente le barene, che complessivamente si sono ridotte arealmente di più del 50% dal 1930 al 2002, passando da 68 Km² a 32 Km² (Sarretta et al., 2009).

2.3 Cause dell'erosione

Tra le cause principali di una costante e rapida riduzione delle superfici di barena, vi è il possibile bilancio deficitario tra sedimenti uscenti ed entranti in laguna, unitamente al fenomeno della subsidenza e l'innalzamento del livello del mare. A questi si sommano altri fattori che contribuiscono all'innesco dei processi erosivi, quali l'incremento dell'escursione di marea, eventi meteomarini eccezionali e la migrazione dei canali (Adnitt et al., 2005).

In generale il fenomeno dell'erosione risulta da un'azione combinata delle onde e delle correnti di marea che insieme incidono direttamente sulla superficie delle barene. La variabile identificata nell'innalzamento del livello del mare tende ad inasprire tali processi che, se non compensati da un buon apporto di sedimento, possono segnare il collasso della struttura barenicola.

2.3.1 L'azione del moto ondoso

Le onde rappresentano le prime forzanti endolagunari che vanno ad incidere sull'ambiente di barena, agendo in primis lungo il margine esterno della barena stessa ed innescando in tal senso alcuni tra i più significativi fenomeni erosivi.

L'erosione in questo caso sembra procedere in due fasi: nella prima, l'insistenza del moto ondoso sul margine di barena, compromette la stabilità della vegetazione pioniera a *Spartina* che, perdendo vigore, viene dilavata progressivamente lasciando esposto un ampio terrazzo intertidale; in un secondo momento a partire dal margine a mare tale terrazzo verrà via via consumato, facendo registrare una diminuzione nella sua elevazione, che si farà conseguentemente subtidale (Cecconi et al., 1998; Day et al., 1998). L'insistenza di tali fenomeni erosivi lungo il margine indebolito della barena può favorire, a questo punto, l'insorgere di incisioni profonde che progressivamente possono addentrarsi fino ad intercettare l'eventuale rete di canali.

Dinamiche queste che sono state ben osservate nella vicina Laguna di Venezia e, nello specifico, per l'estesa barena di Punta Cane (Day et al., 1998). Qui l'innalzamento relativo del livello del mare, legato anche agli importanti fenomeni di subsidenza che

negli anni hanno caratterizzato la zona, insieme all'approfondimento subito dal fondale, hanno determinato un'accentuazione dell'idrodinamica endolagunare con evidente erosione del ciglio della barena in questione.

Lo stesso studio pone in evidenza ulteriori importanti aspetti circa il comportamento delle barene in condizioni di elevato idrodinamismo e rapido innalzamento del livello medio del mare. Nello specifico si evidenzia come eventi meteomarini improvvisi, quali le intense attività temporalesche delle nostre zone, si riflettano nelle variazioni di accrescimento della superficie barenicola. Relativamente a questi eventi, infatti, si registrano importanti incrementi nell'elevazione delle barene nel breve periodo, in rapporto ad una movimentazione di moli notevoli di sedimento per l'elevata energia associata a tali fenomeni. In termini generali il materiale una volta eroso dalle zone di velma e dal margine di barena viene ridistribuito internamente sulla superficie, determinando un incremento della quota per la zona di alta barena. In realtà si tratta di guadagni in elevazione che nel lungo periodo vengono normalmente persi per fenomeni di consolidamento e compattazione del terreno.

2.3.2 L'effetto dell'escursione di marea

L'onda di marea nel momento in cui entra in laguna e quindi in acque poco profonde subisce una distorsione. Tale effetto è imputabile a fenomeni d'interazione non lineare dell'onda con il profilo e le morfologie del fondale.

In seguito ad un incremento del livello del mare e dell'escursione di marea, il flusso tende a subire delle modificazioni nel suo modo di propagarsi che risultano in una maggior ripidità della curva di marea. Ciò si traduce in un incremento delle velocità delle correnti con minor possibilità di deposizione e fenomeni erosivi più marcati.

Nonostante le correnti di marea incidano anch'esse sul margine esterno della barena alterandone la zonazione vegetale, la maggior espressione della loro azione con tutta probabilità si individua nell'approfondimento ed ampliamento dei dissipatori di energia ossia dei canali e dei ghebi che attraversano la superficie della barena, malgrado manchino ancora prove scientifiche che identifichino questo legame.

L'incremento di ampiezza dell'onda e dell'energia di marea, associato con un aumento del livello delle acque, determina nelle barene già incise, lo sviluppo di lunghi canali di marea spesso rettilinei e caratterizzati da pochi tributari connessi (Day et al., 1998). Nel caso in cui la barena sia abbastanza estesa questi canali termineranno in un'intricata rete di canali minori; diversamente nel caso di superfici meno sviluppate potranno venir erosi fino ad attraversare l'intera barena.

Dal punto di vista ecologico, il ripetersi più frequente delle sommersioni di marea determina una minor efficienza di drenaggio, per cui il suolo costituente la barena si satura di acqua diventando anossico. Tale condizione va a discapito della vegetazione alofila delle cinture pioniere della barena con conseguenze anche letali. Nonostante gli adattamenti sviluppati da questo tipo di vegetazione, per periodi lunghi e molto frequenti di sommersione, la mancanza quasi totale di ossigeno nelle radici di queste piante determina una riduzione della crescita e nel tempo la morte con conseguente destabilizzazione e maggior vulnerabilità del margine di barena.

2.3.3 L'innalzamento del livello del mare

Dalle ricerche scientifiche cresce la consapevolezza di come la risalita del mare rappresenti la causa principale dell'erosione di questi ambienti naturali. Nei paragrafi precedenti risulta inoltre chiaramente percepibile l'interazione che il livello del mare ha con i due agenti primari, descritti precedentemente, del modellamento delle barene: moto ondoso ed escursione di marea. E' possibile quindi concludere che l'innalzamento del mare interagisce con i due agenti intensificandone gli effetti.

3. MATERIALE E METODI

3.1 Materiale aerofotogrammetrico

Il materiale aerofotogrammetrico analizzato è il seguente:

- Foto aeree riferite all'anno 1954 presente presso il Dipartimento di Geoscienze: volo GAI (scala nominale 1:35000) fotogrammi in B.N. 23x23 cm, per un totale di 20.
- Foto aeree riferite all'anno 1990: volo CGR lotto 10 Trieste per la redazione della Carta Tecnica Regionale (scala nominale 1:10000) fotogrammi a colori 23x23 cm, per un totale di 134, gentilmente concesse per la consultazione dalla Regione Friuli Venezia Giulia.
- Ortofoto digitali a colori, volo 2006, disponibili in consultazione presso il Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente.

3.2 Materiale cartografico

Si è utilizzata una cartografia di riferimento fornita dal Centro di Rilievo, Cartografia ed Elaborazione CIRCE di Venezia. Sono state reperite tre tavolette in scala 1:25 000: Foglio 40 III SE della Carta d'Italia 1951 *Lignano Sabbia d'Oro*; Foglio II SO 1949 *Porto Buso*; 40 II SE 1949 *Grado*.

Per georiferire le foto aeree è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale Numerica, in formato DWG, scala nominale 1:5000, per un totale di 32 sezioni.

3.3 Elaborazione

Per le foto del 1990 ciascun fotogramma 23x23 cm è stato scannerizzato presso l'Ufficio cartografico della Regione FVG ad una risoluzione di 600 dpi. Una volta in formato digitale (TIF), i fotogrammi sono stati importati direttamente in ESRI ArcGIS 9 per l'operazione di georeferenziazione.

L'operazione di georeferenziazione consiste nel trasporre il raster che costituisce la foto aerea da un sistema di coordinate non riferito ad un sistema di coordinate standard.

Tale operazione viene svolta attraverso il riconoscimento di punti chiamati Punti di Controllo a Terra (GCP - *Ground Control Points*). I GCP sono punti riconoscibili nella ripresa aerea che trovano corrispondenza in una cartografia vettoriale georiferita nel sistema di coordinate che si vuole utilizzare. Associando i GCP della foto con i corrispettivi vettoriali è possibile, con un'opportuna trasformazione geometrica, adattare la foto (*stretching*) ottenendo un raster georiferito e rettificato. Il metodo più corretto di orto-rettificare una foto è l'applicazione di un DEM (Digital Elevation Model), ossia un modello di elevazione del terreno, che risulta però quasi sempre impossibile da ottenere, soprattutto per voli non recenti. Per il riconoscimento dei punti GCP ci si è riferiti alle CTRN (1:5000), riferite al Sistema Nazionale Gauss – Boaga Fuso Est.

Per i fotogrammi del 1954 sono stati inseriti GCP in numero sufficiente a non superare uno scostamento massimo di 10 m RMS (Root Mean Square), utilizzando una funzione di trasformazione polinomiale di primo ordine.

Per i fotogrammi del 1990 è stata utilizzata una funzione di trasformazione polinomiale di secondo ordine, accettando uno scostamento massimo di 5 m RMS, data la scala nominale maggiore di questo volo.

Procedura simile è stata realizzata per il materiale cartografico.

Una volta georiferiti i fotogrammi sono stati mosaicati. Partendo dal presupposto che l'elemento identificativo di una barena è individuato da una copertura di tipo alofita, e riferendosi alle tipiche morfologie di barena, ci si è avvalsi di un riconoscimento visivo dei corpi a barena distinguendole dalle zone di velma circostante. Tale operazione richiede un notevole grado di esperienza nel riconoscere nelle fotografie aeree le morfologie, coadiuvando la foto-interpretazione con le informazioni raccolte in situ. Con questo metodo è stata intrapresa l'operazione di digitalizzazione delle barene. Lo studio mira ad una valutazione dell'evoluzione naturale dell'ambiente umido lagunare, per questo motivo sono state escluse dalla digitalizzazione le aree di barena conterminate da argini, concentrandosi soltanto sulle morfologie naturalmente esposte ai regimi di marea.

Per il 2006 è stato possibile collegarsi tramite ArcMap al server ArcIMS del Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell’Ambiente (www.pcn.minambiente.it) e aggiungere come layer remoto le ortofoto Volo 2006. Tali foto corrispondono al layer *ortofoto_colore_06_f33*, consistente in raster a colori RGB con risoluzione di 0.5 m, riferiti nel sistema UTM-WGS84 Fuso 33. In particolare i metadati riportano una data del volo di acquisizione del 18/05/2007.

Su questi fotogrammi è stata eseguita la digitalizzazione delle barene, secondo le modalità operative descritte per gli altri voli. Successivamente gli shape così creati sono stati riportati nel sistema di coordinate Gauss Boaga – Fuso Est (il sistema di riferimento della cartografia regionale) per poter essere confrontati con i precedenti.

3.4 Foto interpretazione

- 1954

Nei fotogrammi del 1954 risultano di difficile interpretazione le superfici a barena, non essendo queste ben delineate e visibili. Inoltre, la distinzione di tali morfologie è resa laboriosa dalla qualità non costante degli aerofotogrammi che in molti casi presentano il riflesso del sole e poca nitidezza.

Quindi, a sostegno della foto-interpretazione ci si è fatto supporto di cartografia storica di riferimento fornita dal Centro di Rilievo, Cartografia ed Elaborazione CIRCE di Venezia. Risultano dalla digitalizzazione 790 poligoni di barena.

- 1990

In questo volo le morfologie di barena risultano evidenti e ben definite dato il maggior dettaglio fornito dalle foto. Pertanto è stato possibile raggiungere una maggior qualità nell’operazione di digitalizzazione, con una buona approssimazione dei reali margini di barena. In questo caso sono stati creati 2064 poligoni.

- 2006

Questo volo ha un'ottima risoluzione e consente un buon riconoscimento delle morfologie. Per i casi più dubbi si è ricorso ad un confronto con il volo del 1990 e ad alcune uscite in campo per riconoscimento diretto. Risultano dalla digitalizzazione 1145 poligoni di barena.

Dalla digitalizzazione è stato derivato un totale di 908.25 ha di superficie barenicola per l'anno 1954, 810.54 ha per l'anno 1990, 764.24 per il 2006. Per una migliore gestione ed interpretazione del dato si è effettuata un'operazione di *geoprocessing* per suddividere le superfici di barena in base al bacino di competenza.

A tale scopo ci si è avvalsi della suddivisione in bacini delle Lagune di Marano e Grado pubblicata da Brambati (1996) (fig. 2), per riportare le linee di partiacque lagunari.

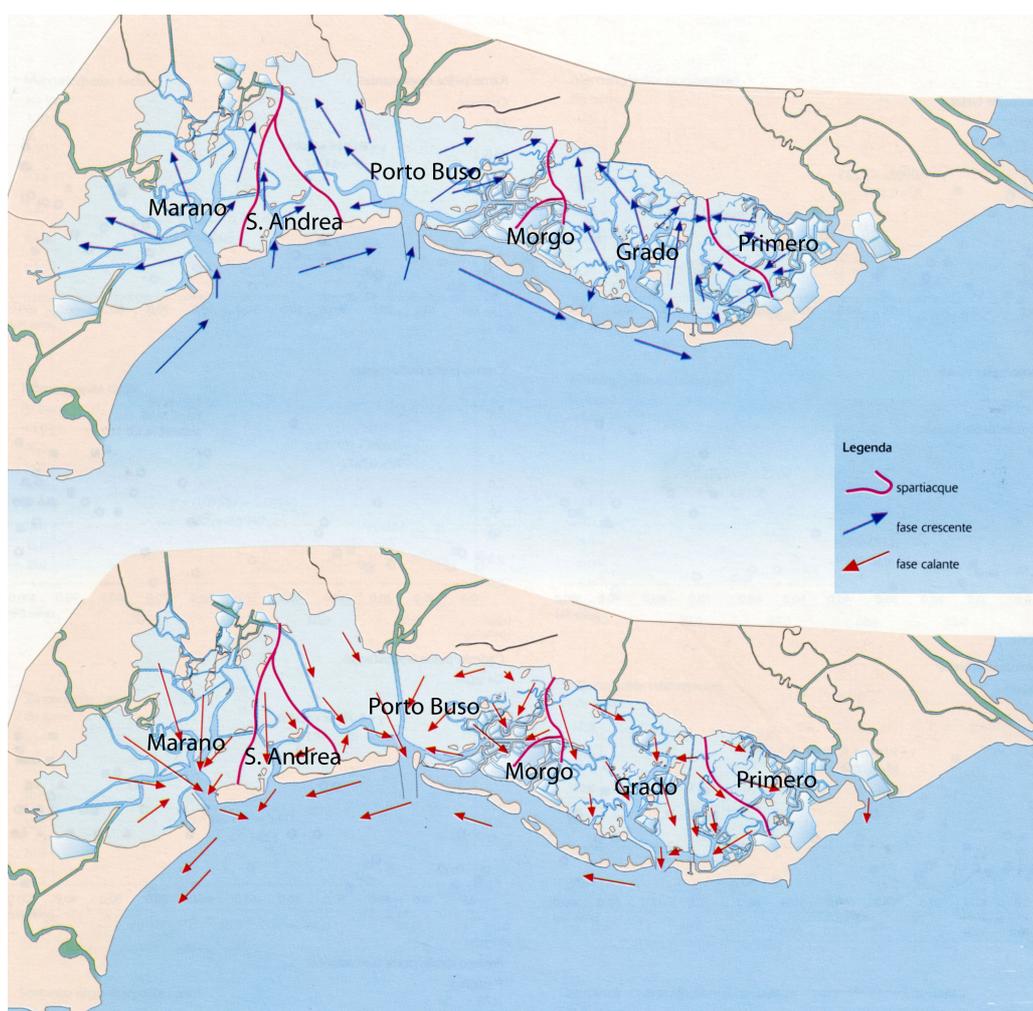


Fig. 2 - Suddivisione in bacini della laguna di Marano e Grado, con indicati i flussi di marea (Brambati, 1996).

4. EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELLE BARENE DELLE LAGUNE DI MARANO E GRADO NEL PERIODO 1954 - 2006

4.1 Distribuzione attuale delle barene

Nei paragrafi seguenti viene riportata una descrizione dettagliata, suddivisa per bacini, della distribuzione della barene ricavata dall'analisi delle ortofoto del 2006; ulteriore supporto utilizzato è la "Carta degli habitat della laguna" di Poldini et al., pubblicata nel 2006, dalla quale sono ricavate tutte le informazioni sulla riguardanti la vegetazione.

4.1.1 BACINO DI MARANO

Il bacino di Marano costituisce l'estremità occidentale della laguna. Verso mare è delimitato dal porto di Lignano e dalla vicina isola di Martignano. Ampio in totale 5056 ha è governato dalla bocca di Porto Lignano che ha una sezione idraulica di 3438 m². Lo attraversano tre canali principali: il canale di Marano che raggiunge l'omonima cittadina, il canale Cialisia nel quale confluiscono parte delle acque dello Stella, ed il canale de'Iustri che costituisce il tratto più orientale della Litoranea Veneta all'interno della laguna, dalla cui biforcazione si sviluppa il canale di collegamento con la darsena di Aprilia Marittima (fig. 3).

Nel bacino di Marano la distribuzione delle barene è da mettere in relazione principalmente agli apporti terrigeni da parte della rete idrica che drena la bassa pianura. Si tratta infatti di morfologie localizzate soprattutto lungo il margine interno della laguna, dove costituiscono una frangia pressoché continua, anche se con ampiezza variabile.

In termini di apporto terrigeno fluviale, il bacino è servito dallo Stella, che è il maggior immissario dell'intera laguna; esso infatti, con la sua portata, contribuisce quasi alla metà dell'intero afflusso del bacino scolante (Dorigo, 1965). Nonostante lo Stella sia alimentato innanzitutto da acque di risorgiva, gode di una portata media notevole stimata, dagli ultimi dati disponibili, intorno ai 40 m³/s (Regione FVG, 1983). Il fiume

drena essenzialmente le acque di risorgiva della vasta area compresa fra Codroipo, Bertolo e Castions; a questi volumi d'acqua vanno aggiunti i contributi del Corno, che giungono allo Stella durante i periodi di piena seguenti le precipitazioni primaverili ed autunnali, le perdite di subalveo riaffioranti del Tagliamento e contributi ancora più diretti. Mosetti (1983) ritiene che per metà degli afflussi dello Stella siano da attribuire ad acque del Tagliamento.

A testimoniare l'importanza dell'apporto fluviale per la genesi di gran parte delle barene di questo bacino vi è la presenza di importanti delta endolagunari quali:

- la punta della Lama, corrispondente allo sbocco in laguna del Canale Fossalon attraverso l'idrovora Lama (40.6 ha);
- il delta endolagunare del ramo destro (di origine artificiale) del Fiume Stella, detto anche Verto Grande, delimitato dalla Sacca dell'Albera ad ovest e la Sacca delle Venchere ad est e che si presenta come un triangolo acuminato con il vertice rivolto verso sud (39 ha);
- la vasta area barenicola che borda il corso meandreggiante del ramo sinistro dello Stella (128 ha);
- il delta endolagunare del fiume Cormor / canale Chiasellis (59 ha).

L'importanza dell'influenza fluviale è testimoniata non solo dalla distribuzione geografica delle barene, ma anche dalla distribuzione della vegetazione: nella "Carta degli habitat della laguna" (Poldini et al., 2006) viene infatti indicata per queste barene la commistione di habitat di acque dolci ed acque salmastre con "*Vegetazioni elfitiche d'acqua dolce dominate da Phragmites australis*", "*Vegetazioni elfitiche d'acque salmastre dominate da Phragmites australis*", "*Vegetazioni delle acque stagnanti salmastre a Scirpus maritimus (=Bolboschoenus maritimus/compactus)*" e solo nelle aree più lontane dagli sbocchi fluviali "*Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi*".

Per quanto riguarda la parte centrale del bacino le barene sono invece praticamente assenti. Lungo i canali lagunari si riscontra un unico caso di limitata estensione (3.6 ha) che borda sul lato settentrionale il tratto della Litoranea Veneta, denominato

“Allacciante di Sant’Andrea”. La posizione e la morfologia di questa barena, ne fanno attribuire l’origine all’escavo della Litoranea Veneta.

Ulteriore area a barene è quella posta sul lato settentrionale dell’Isola di Martignano. Molto estesa (26 ha) e ben conformata, presenta una copertura vegetale con “*Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi*” e “*Vegetazioni su suoli salati a suffrutici succulenti*”, essa ha però subito nell’ultimo periodo una forte riduzione come vedremo meglio nei capitoli successivi.

Osservazione importante in riferimento a questo bacino è l’elevato tasso di subsidenza che sembra interessare questa zona. Dalle misurazioni effettuate lungo i capisaldi del litorale maranese, infatti, risulterebbe un tasso medio totale di subsidenza pari a 10 cm, per il periodo che va dal 1980 al 2004, con un valore medio annuo di 1 cm/anno (Marchesini, tratto da *Indagine sullo stato degli argini della bassa pianura tra le foci del Tagliamento e del Timavo, con particolare riferimento all’arco lagunare 2005*).

4.1.2 BACINO DI SANT’ANDREA

Il bacino di Sant’Andrea com’è noto è estremamente ridotto e confinato. Il partiacque tra questo bacino e quello di Buso rappresenta il confine idrografico fra la laguna di Marano e quella di Grado. Ampio solo 2150 ha è alimentato dalla bocca di Porto Sant’Andrea che presenta una sezione idraulica di 1232 m² (Brambati, 1996) ed è delimitato verso mare dall’omonima isola (fig. 3).

Le barene sono presenti per un totale di 35.7 ha quasi esclusivamente come barene di retrobarriera, ossia nell’area retrostante i lidi sabbiosi di Sant’Andrea (9.5 ha) e di Martignano (24.4 ha); una parte di queste ultime è localizzata sul bordo occidentale del canale della bocca di Sant’Andrea e risulta quindi pesantemente influenzata dalle dinamiche della bocca stessa.

Nel complesso si tratta di barene caratterizzate da morfologie “classiche” con diffuse canalizzazioni interne, frequenti chiari ed una vegetazione individuata da Poldini nelle categorie “*Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi*” e “*Vegetazione su suoli*

salati a suffrutici succulenti". Le barene localizzate nell'area di retrobarriera dell'Isola di Martignano sono in evidente continuità con quelle già menzionate per il bacino precedente e solo per la già citata suddivisione dei bacini, nel computo risultano divise in due aree. Alcune aree a barena di neoformazione sono presenti tra l'argine dell'isola di Martignano e le barre sabbiose emerse esterne, in rapida evoluzione a causa dei processi costieri.

4.1.3 BACINO DI BUSO

Delimitato ad Ovest dal bacino di Grado e ad Est da quello di Sant'Andrea, ampio 3556 ha è collegato al mare dalla bocca portuale di Buso. Anticamente il bacino veniva alimentato dalla suddetta bocca e dalla foce del Canale Anfora Vecchia, successivamente sbarrata nel 1939 (Dorigo, 1965). Verso mare il bacino è delimitato da un'estesa arginatura, che dalla traversa sulla foce dell'Anfora Vecchia arriva sino ad Ovest dell'isola di Morgo; parallelamente all'argine si sviluppa inoltre un esteso banco sabbioso denominato banco d'Anfora. Tra il 1964 ed il 1969 è stata portata a termine l'opera di stabilizzazione della bocca di Buso con la costruzione dei due moli guardiani. Dal porto si dipartono tre grandi canali lagunari: quello di Muro, che si estende verso la Laguna di Marano; il canale Anfora Vecchia, che si estende verso la Laguna di Grado, ed il canale Aussa-Corno al centro, che si biforca nei due alvei lagunari del fiume Aussa-Corno e del canale Anfora, collegando la Litoranea Veneta agli scali di Cervignano e Porto Nogaro. Proprio la presenza di questi due porti rende Porto Buso la foce più attiva della laguna. La sezione liquida all'imboccatura del porto è di 2216 m² (Brambati, 1996). All'interno il bacino è caratterizzato da vaste zone emerse trasformate in valli da pesca. Le barene in questo bacino sono presenti con una buona copertura areale (119 ha) e sono così localizzate (fig. 4):

Barene di margine lagunare

Sono estremamente scarse: aree di 1 ha, 2.7 ha e 3.3 ha sono presenti rispettivamente davanti a Marano Lagunare e nelle due insenature ad est, tra l'abitato e Punta delle

Pantiere; sono barene caratterizzate da *“Vegetazione delle acque stagnanti salmastre a Scirpus maritimus (=Bolboschoenus maritimus)”* e *“Vegetazioni elofitiche d’acque salmastre dominate da Phragmites australis”*; una sottile striscia è inoltre localizzata sulla costa davanti alla foce dello Zellina con un’estensione di 3.6 ha (*“Vegetazioni su suoli salati a suffrutici succulenti”*). La scarsa presenza di questa tipologia di barene testimonia la scarsa influenza degli apporti sedimentari fluviali in questo settore della laguna.

Barene isolate

Le Mandragole, relitto dell’antica pianura come indicato già da Gatto e Marocco (1992), sono collocate in zona isolata nella porzione nord del bacino, con un’estensione areale di 2.8 ha. Si presentano molto frammentate e con bordi frastagliati, e la presenza di *“Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi”*.

Barene presso i lidi

In primo luogo sono presenti sul lato interno dell’Isola di Sant’Andrea in continuità con quelle descritte al paragrafo precedente: con un’estensione di 28.3 ha sono caratterizzate da margini frastagliati, elevata frequenza di ghebi e copertura vegetale con *“Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi”* e *“Vegetazione su suoli salati a suffrutici succulenti”*. Ad oriente della bocca di Porto Buso le barene si localizzano alle spalle del banco d’Anfora, allungate in una sottile fascia sia sul lato verso laguna dell’argine (almeno laddove non vi sono le valli da pesca), sia a bordare lo specchio d’acqua paralagunare che separa il banco dall’argine stesso.

Barene di margine di canale

Completamente assenti nella porzione di bacino ad ovest di porto Buso sono invece presenti con una buona distribuzione areale in quella ad est, ossia lungo il corso del Canale d’Anfora Vecchia, Canale Lippe, Canale Mezzano e Litoranea Veneta. Si tratta di una vasta area fortemente antropizzata per l’estesa presenza di valli da pesca.

La prima parte della Litoranea Veneta provenendo da Buso in direzione Grado è caratterizzata da una zona a barene che la bordano sul lato settentrionale: si tratta dell’unica area a sviluppo naturale con un’estensione di circa 8.2 ha, risulta cartografata solo in minima parte nella carta degli habitat con la presenza di *“Vegetazioni su suoli*

salati a suffrutici succulenti". Altre barene sono localizzate con scarsa estensione e spesso presenti a lembi, tra il canale e gli argini delle valli da pesca.

Nella porzione terminale del Canale di San Giuliano e Canale Mezzano, laddove gli stessi non scorrono più limitati dagli argini, vi è la presenza di due estesi apparati di barene: le Isole della Gran Chiusa e l'area di Casone dei Talpi.

Le Isole della Gran Chiusa costituiscono senz'altro l'area più estesa e significativa con 15.85 ha, si tratta di morfologie piuttosto complesse date da un insieme di forme articolate, risultato dei processi di sedimentazione ed erosione legati alla presenza del canale adiacente e dei canali secondari, ma anche dell'intervento antropico. Si tratta infatti di zone un tempo arginate e successivamente riaperte al flusso di marea e lasciate alla libera evoluzione, con lo sviluppo spontaneo di "*Vegetazioni su suoli salati a suffrutici succulenti*" e "*Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi*".

L'area di Casone dei Talpi situata nella porzione terminale del Canale Mezzano è anch'essa caratterizzata dalla presenza di ex valli da pesca, le barene vi raggiungono un'estensione di 3.7 ha.

4.1.4 BACINO DI MORGO

Morgo rappresenta il più piccolo dei sei bacini lagunari ed è ormai provato come il suo regime idraulico sia diminuito significativamente nel tempo. In seguito alla stabilizzazione delle due vicine bocche di Porto Buso (1964-69) e Grado (1927-28), attraverso la costruzione dei due moli guardiani, i rispettivi bacini si sono via via ingranditi a scapito del vicino bacino di Morgo. Sempre in quest'ottica si associano gli interventi di bonifica che hanno visto la chiusura della vicina Valle Noghera (inizio 1965 - fine 1969), portando alla modificazione della zona di spartiacque che oggi si delinea lungo l'argine orientale della valle ad Ovest del Canale di Morgo (fig. 5).

Ridotto nel suo prisma tidale, il suddetto bacino si trova ora alimentato da una foce lagunare che nel tempo ha registrato una significativa riduzione della sua sezione idraulica. I dati riportati da Brambati (1996) indicano una sezione idraulica di 215 m² ed

un'ampiezza di bacino di 297 ha. L'esistenza, inoltre, degli antistanti banchi d'Orio e d'Anfora in continuo sviluppo non favorisce gli scambi lungo il canale drenante che oggi risulta sbarrato a mare dalla presenza di barre sottomarine. Le ridotte dimensioni del bacino e la presenza dell'isola di Morgo, anche questa completamente arginata, riducono di molto l'area aperta al flusso di marea. Lo spazio disponibile è limitato ai bordi del canale di Morgo ed al fondale Periselle, compreso tra l'isola di Morgo e la Litoranea Veneta a nord.

Le barene si sono sviluppate in questo scarso spazio a disposizione per un'estensione complessiva di soli 12.7 ha.

Barene presso i lidi

In quest'area le uniche barene presenti sono posizionate nell'area paralagunare di recente formazione compresa tra l'argine e i banchi sabbiosi esterni di Anfora e d'Orio: si tratta di barene giovani estese in totale 4.3 ha, con scarsa canalizzazione e presenza di *"Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi"* e *"Vegetazioni su suoli salati a suffrutici succulenti"*.

Barene di margine di canale

Lungo il canale di Morgo, nel tratto che scorre racchiuso tra valle delle Noghère e l'Isola di Morgo, le barene sono poco sviluppate come immediata conseguenza della mancanza di spazio; nel tratto successivo del canale si incontrano invece le aree più interessanti, si tratta di barene di margine di canale a sviluppo naturale. Inoltre nella porzione più settentrionale a ridosso della Litoranea Veneta è presente un'area di ex valle da pesca riaperta al flusso di marea. Si tratta di barene poco estese che nella maggior parte dei casi, soprattutto nell'area più a nord, non sono neanche state cartografate nella carta degli habitat di Poldini; per quelle cartografate l'indicazione fornita è *"Vegetazioni su suoli salati a suffrutici succulenti"*.

Da ultimo le barene che si trovano lungo il tracciato della Litoranea Veneta sono estese 2.7 ha ed appaiono difese sul lato del canale da massicciate.

4.1.5 BACINO DI GRADO

Il bacino prende il nome dal porto di Grado e costituisce la parte centrale della laguna, con un'ampiezza complessiva di 3314 ha. La bocca lagunare anticamente delimitata da due banchi sabbiosi, è stata rinforzata nel 1927 dalla costruzione di due moli guardiani, limitando la sua larghezza a 200 m (Dorigo, 1965). L'operazione si era resa necessaria in seguito alla marcata erosione del cordone litoraneo adiacente, ed alla tendenza all'occlusione dell'imbocco. La sezione liquida è di 1970 m² (Brambati, 1996). Dalla bocca di Grado si diramano in laguna i due canali principali: S. Pietro d'Orio che con le sue diramazioni alimenta tutta la parte occidentale ed il canale di Grado che domina la parte orientale del bacino. Il cordone litoraneo antistante il bacino è stato quasi completamente arginato, presenta solo due ampie interruzioni nei pressi dell'isola di Morgo e dell'isola Marina dei Manzi (Taglio Morghetto), dalla quale si diparte la diga occidentale del porto. Le due aperture hanno una scarsa efficienza ai fini dell'alimentazione del bacino lagunare, vista la presenza fronte mare dell'esteso banco d'Orio e più ad est di quello dei Tratauri. Distanti alcuni metri dalla costa i due banchi si protendono dalla testata della diga Ovest della bocca di Grado fino all'altezza dell'isola di Morgo, delimitando un ampio specchio d'acqua parallelo alla costa. Nella parte ad est il bacino è diviso in due parti dall'argine-strada Mosconi (1902-1906, 1920) che attraversa con direzione nord-sud l'intera laguna, da Belvedere sino in prossimità di Grado. Oggi risulta collegato direttamente all'abitato attraverso un ponte lungo 200 m che attraversa il canale di Grado. All'interno del bacino emergono numerose isole, in parte sistemate a coltivazione ed in parte in valli da pesca.

La distribuzione delle barene nella zona ad ovest dell'argine Mosconi viene descritta di seguito (fig. 5).

Barene lungo il margine lagunare:

Il margine interno della laguna si presenta praticamente privo di barene, a testimonianza dello scarso o nullo apporto solido fluviale in questo bacino. Anche il delta endolagunare del fiume Natissa, che era già estremamente ridotto nel 1954 risulta

ormai praticamente irriconoscibile. Nell'area limitrofa all'argine lagunare sono presenti solo alcuni gruppi di barene isolate:

- gruppo di barene isolate all'estremità nord-occidentale del bacino: presenta un'estensione complessiva di soli 0.7 ha, costituiti da corpi molto frammentati, i maggiori presentano estesa presenza di ghebi e chiari che li attraversano anche da parte a parte, i bordi si presentano estremamente frastagliati, la copertura vegetale è caratterizzata da *"Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi"*;
- piccole aree a barena associate all'isola di Montaron e dei Busiari;
- gruppo dell'isola di Volpera e Volperassa: mentre la prima presenta vaste aree barenicole con *"Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi"*, la seconda è completamente antropizzata per la presenza di un campeggio, accanto alle isole sono presenti delle piccole aree a barena a sviluppo naturale.

Barene presso i lidi

Presso le isole che delimitano la laguna verso mare Isola Marina di Macia ma soprattutto Isola Marina dei Manzi, vi è la presenza di estese aree a barena (area complessiva di 19.6 ha) con *"Praterie su suoli da salati a salmastri dominate da Puccinellia festuciformis con Limonium serotinum"*, *"Vegetazioni delle depressioni interdunali acquadulcicole dominate da Erianthus ravennae e Schoenus nigricans"* e *"Praterie su suoli salmastri dominate da grandi giunchi"*. Nella fascia compresa tra le isole e i banchi esterni vi sono solo piccole aree a barena, di cui la più estesa è posizionata proprio davanti a Marina dei Manzi con un'area di 1.8 ha.

Barene di margine di canale

Le barene di margine di canale sono poco abbondanti nel bacino di Grado e rappresentano spesso ciò che rimane di apparati ben più estesi. Di seguito vengono descritti i casi specifici.

- barene adiacenti al **fondale delle Oche**: si protendono in direzione nord sud sul lato orientale dell'antico Canal Secco, rimangono attualmente circa 0.5 ha di un apparato sicuramente più esteso nel passato; queste barene non sono cartografate nella *"Carta degli habitat"* di Poldini;

- **Canale delle Mee** corrispondente al tratto della Litoranea Veneta che provenendo da Porto Buso si collega al Porto di Grado; lungo questo canale le barene sono scarsamente presenti e anche laddove presenti hanno perso qualsiasi carattere di continuità e si presentano in piccolo lembi, spesso mantenuti grazie solo alla presenza di costruzioni e difese artificialmente ai margini. In alcuni casi si tratta di pochi lembi rimasti dalla sommersione di antiche valli da pesca abbandonate. Le barene presenti sul tratto più occidentale del canale sono di chiara origine artificiale, legata alla costruzione della Litoranea Veneta. L'unica parte caratterizzata da maggior continuità morfologica è quella in corrispondenza del canale che collega il canale delle Mee con la bocca di Marina di Macia (Canale Bacan).
- lungo il **canale Sdrettolo** la situazione è pressoché analoga al caso precedente, uno degli apparati con maggior estensione è quello localizzato sul lato destro del canale di fronte all'isola di Gorgo che presenta complessivamente un'estensione di 1.4 ha, copertura vegetale con "*Vegetazione su suoli salati a suffrutici succulenti*" e che si mostra però in evidente fase di sommersione.

La porzione del bacino di Grado che si trova ad est rispetto al ponte translagunare (Fig.5), presenta alcuni apparati di barene di margine di canale sul lato orientale del Canale Biero, che dal canale di Grado si dirama verso nord. Il tratto della Litoranea Veneta compreso tra Grado e Barbana è bordato in maniera discontinua su entrambi i lati da barene di forma allungata, di evidente origine artificiale, difese sul lato canale da massicciate.

4.1.6 BACINO DI PRIMERO

Il bacino è alimentato dalla bocca di Primero con una sezione idraulica di 696m² (Brambati, 1996). Attualmente davanti alla costa, da Bocca Primero sino in prossimità di Grado, si estende l'imponente banco sabbioso sommerso durante le alte maree, detto "Mula di Muggia". Il bacino di espansione che costituisce l'estremo lembo orientale della laguna di Grado ha subito una notevole riduzione della sua superficie in seguito

sia alla bonifica di estese aree (ConSORZI della Vittoria, della Rotta e di Primero), che alla costruzione di grandi valli da pesca (Ribi, Artalina, Verzelai). L'attuale superficie libera a favore all'espansione di marea è quindi limitata ad una ristretta fascia adiacente il partiacque ampia 1368 ha (Brambati, 1996) (fig. 6).

Le barene sono distribuite principalmente lungo i tre canali principali:

- Il canale di Primero che dalla foce attraversa tutto il bacino con un corso sinuoso per congiungersi alla Litoranea Veneta nei pressi di S. Maria di Barbana;
- il canale di Cavegi che percorre tutta la gronda lagunare dalla confluenza con il canale di Primero all'Isola del Lovo. Esso riceve dal lato sinistro le acque del Canale Zemole;
- il canale di Simuta che confluisce nel canale di Primero nei pressi della Valle Frate Zuane.

Il corso dei canali è quasi sempre confinato dagli argini delle valli da pesca e quindi non presenta gradi di libertà, le barene presenti tra gli argini e i canali sono in genere poco ampie e poco articolate dal punto di vista morfologico; esse sono direttamente esposte al moto ondoso indotto dal traffico dei natanti ed alla velocità della corrente. Nei pochi tratti in cui i canali non si presentano limitati da argini, si sviluppano estesi apparati di barene che sono senz'altro l'aspetto più interessante del bacino.

I più importanti sono :

- a. Apparato sul lato destro del canale Cavegi tra l'isola del Lovo e Valle Longal (2.44 ha);
- b. Apparato sul lato sinistro del canale di Barbana ad ovest della Valle Verzelai (1.93 ha);
- c. Apparato sul lato destro del Canale Barbana tra Valle Verzelai e Frate Zuane (6.23 ha);
- d. Apparato sul tratto terminale del canale Simuta (13.11 ha).

Si tratta di barene di margine di canale dalla morfologia particolare che raggiungono un'estensione complessiva di 24 ha, colonizzate da *"Vegetazioni su suoli salati a suffrutici*

succulenti". Esse assumono una disposizione a ventaglio incise da canali secondari che si dipartono da quello principale verso l'area di velma, a testimonianza di come in queste aree il flusso della corrente non più arginato si espanda e diminuendo in velocità, provochi la deposizione del sedimento.

4.2 Evoluzione nel periodo 1954-1990

Dal confronto delle superfici di barena digitalizzate secondo il metodo descritto nel capitolo precedente, l'intero sistema lagunare nel corso di cinquant'anni, dal 1954 al 1990, evidenzia una perdita generale della superficie totale di barena pari a -97.7 ha. Tale dato necessita di essere analizzato con maggior dettaglio. Segue quindi un'analisi delle trasformazioni avvenute nel periodo per ciascun bacino, i cui risultati sono riportati in tabella 1:

Bacino	Area (ha) 1990	Area (ha) 1954	Diff (ha)	%
Marano	526.1	487.63	38.47	7.89
S. Andrea	40.93	74.92	-33.99	-45.37
Porto Buso	127.84	165.71	-37.87	-22.85
Morgo	11.43	7.62	3.81	50.00
Grado	61.83	112.58	-50.75	-45.08
Primero	42.4	59.79	-17.39	-29.09
Totale	810.53	908.25	-97.72	-10.76

Tabella 1 - Variazioni delle superfici a barena per ciascun bacino nel periodo 1954-1990.

Per ciascun bacino è stata quindi effettuata un'analisi di dettaglio, valutando l'entità delle variazioni planimetriche e le localizzazioni delle stesse allo scopo di ipotizzare le dinamiche di processo.

4.2.1 BACINO DI MARANO

Il bacino di Marano, insieme a quello di Morgo, sembra essere l'unico in cui si è potuto rilevare un incremento delle superfici di barena, pari a 38.5 ha corrispondenti al 7.9 %

della superficie originaria. Questo dato risulta alquanto significativo soprattutto se confrontato con i dati di subsidenza già citati (cfr par. 4.1.1) e se si considera che ben 11.7 ha sono stati cancellati da interventi antropici diretti.

Dalla valutazione visiva della sovrapposizione dei due layer, "barene 1954" e "barene 1990", si è potuto constatare l'evoluzione dei singoli casi, descritta di seguito.

Barene di margine lagunare

Nel periodo sono le aree di conterminazione lagunare ad Ovest di Marano (Secca di Muzzana) a registrare la maggior crescita in termini di superficie barenicola (fig. 7a). Crescita che si suppone benefica degli apporti sedimentari provenienti dal fiume Stella il quale conserva pressoché inalterato il suo delta endo-lagunare (fig. 7c.), e in misura minore dagli apporti del fiume Cormor. Interpretando le striature che si riconoscono al di sotto della superficie dell'acqua come prodotto delle correnti al fondo, è possibile giustificare un trasporto del materiale fluviale in direzione proprio della gronda lagunare, che per effetto della corrente di marea montante, viene deviato verso aree più protette in cui si attuano processi deposizionali con l'espansione laterale delle barene. Il grande accrescimento di quest'area è inoltre da porre in relazione con la chiusura e la bonifica di un'estesa area sul lato orientale della Secca (Bonifica Marzotto). Nella carta dell'IGM del 1951 si evidenzia come l'argine di conterminazione non fosse ancora stato costruito e l'area barenicola si estendesse ampiamente al di là dell'attuale argine.

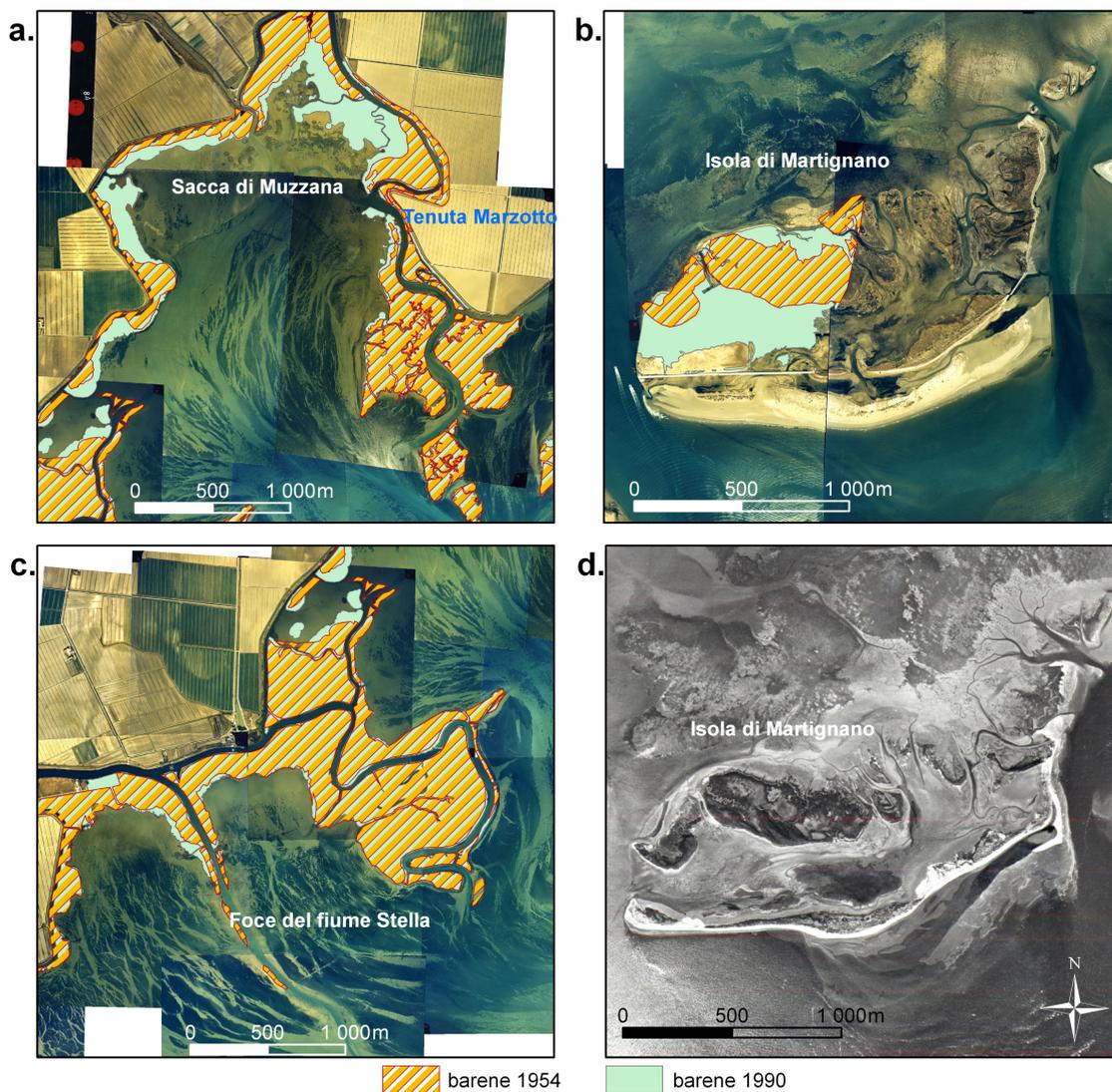


Fig. 7 - Dettagli zionali relativi al bacino di Marano: a. Esempio di aumento della superficie di barene di conterminazione lagunare riferita al periodo 1954-1990; c. Particolare della foce dello Stella a rilevare una stabilità delle zone di barena; b. e d. Confronto per l'Isola di Martignano nei due diversi periodi ad indicare l'accumulo di sedimento litorale e la crescita e saldatura delle barene di retrobarriera.

Nella foto del 1954 si vede con chiarezza che quest'area era stata appena bonificata: il nuovo argine di conterminazione si delinea nettamente, ma ad est di questo è ancora visibile la tipica canalizzazione lagunare originaria. A partire dalla costruzione dell'argine la sottrazione di una vasta area alla libera espansione della marea ha indotto tutta questa zona a modificare il proprio assetto verso un nuovo equilibrio. Ne è stata

diretta conseguenza la grande espansione delle barene nello specchio acqueo antistante l'argine.

Barene di retrobarriera

Un'altra situazione di evidente guadagno riguarda l'Isola di Martignano con aumento nell'estensione delle barene pari a 22 ha, anche se la posizione dello spartiacque a metà dell'isola rende questo dato non comprensivo di tutta l'isola. Nel periodo di tempo analizzato si evidenzia un marcato carattere deposizionale sia lungo il tratto di cordone litorale che nell'area antistante l'originale Isola della Marinetta (fig. 7, b-d). La tendenza è evidenziata innanzitutto dalla costruzione a mare di nuovi banchi sabbiosi che evolvono verso forme emerse e stabili dal carattere continentale. La costruzione frontale di tali banchi ha comportato, nella porzione antistante l'Isola della Marinetta, l'instaurarsi di un'area a carattere paralagunare facendo registrare una crescita delle aree limitrofe di velma e barena.

Tale orientamento sarebbe legato alle vicissitudini che negli anni hanno interessato i due apparati tidali delle rispettive bocche di Sant'Andrea ad Est e Lignano ad Ovest. Quest'ultime sembrerebbero rispondere alla serie di interventi di sistemazione idraulica che furono attuati a partire dai primi anni '20 con lo scopo di stabilizzare parte delle bocche e dei bacini lagunari. La regimazione di tutte le altre bocche lagunari ha messo la foce di S. Andrea nella condizione di dover modificare il proprio assetto, in risposta all'espansione dei bacini limitrofi di Lignano e Buso. Il risultato è una tendenza all'occlusione della Bocca di Sant'Andrea in concomitanza all'accrescimento sul lato occidentale della stessa, dello spit ricurvo di Sant'Andrea. Occludendosi la foce sembra aver spostato il suo asse verso occidente, determinando un arretramento del lato dell'isola di Martignano che fa da sponda alla bocca. Allo stesso modo sembra essere legata alla risposta morfodinamica causata dall'interazione delle due bocche tidali anche l'espansione al largo dei banchi prospicienti il litorale dell'isola con la salvaguardia della retrostante zona paralagunare. Il punto di separazione dei due sistemi deltizi, infatti, è posto in prossimità della massima convessità dell'isola di Martignano, quindi probabilmente la divergenza del flusso dei due canali marginali ha

permesso lo costruzione frontale degli ampi banchi prospicienti l'isola (Sartori, 1995; Segala, 1999).

4.2.2 BACINO DI SANT'ANDREA

La perdita di 34 ha di barene, pari al -45.4% della superficie originaria, registrata per il bacino di Sant'Andrea è da riferire quasi totalmente alle modificazioni antropiche avvenute nell'isola di Sant'Andrea negli anni '80, con costruzione di una valle da pesca e la bonifica di una vasta porzione dell'area barenicola alle spalle della spiaggia, con complessiva perdita di superficie di circa 25 ha. Per quanto concerne le modificazioni avvenute nell'isola di Martignano si fa' riferimento a quanto già riportato per il bacino di Marano, in quanto il partiacque che divide i due bacini passa per il centro dell'isola stessa (Fig. 8). Per le barene posizionate lungo il canale della bocca di Sant'Andrea si assiste ad un arretramento del margine verso il canale dell'ordine dei 30/40 m legato alla tendenza evolutiva della bocca stessa, che come già indicato tende a migrare verso ovest. Anche le barene presenti internamente alla bocca, sulle quali sono presenti dei piccoli casoni, mostrano un rapido processo erosivo.

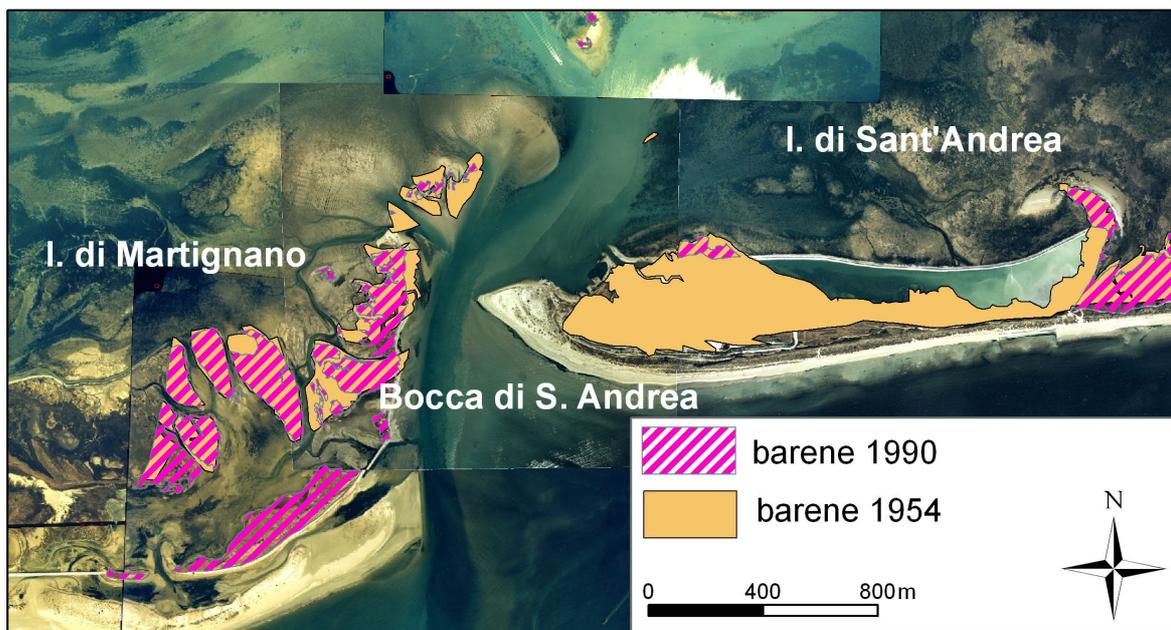


Fig. 8 - Particolare del bacino di S. Andrea in cui si può notare la notevole superficie di barene bonificate nell'isola di S. Andrea.

4.2.3 BACINO DI BUSO

Per il bacino di Buso i dati evidenziano una perdita della superficie totale delle barene pari a 37.9 ha, corrispondenti ad una riduzione del 23% della superficie originaria. In questo senso è doveroso sottolineare come in realtà il bilancio del bacino sia determinato da interventi antropici diretti, di cui il più importante è quello realizzato sull'isola di Sant'Andrea dove ben 32 ha di barene sono stati in parte eliminati per far posto ad aree coltivate ed in parte sottratti al flusso di marea acquistando il carattere di "barene antropizzate" e quindi, nel nostro caso, non più computate come superfici barenicole naturali. Alcuni altri interventi sono stati effettuati nella zona del canale di San Giuliano anche qui attraverso la costruzione di arginature per valli da pesca o aree agricole (fig. 9, lettera a).

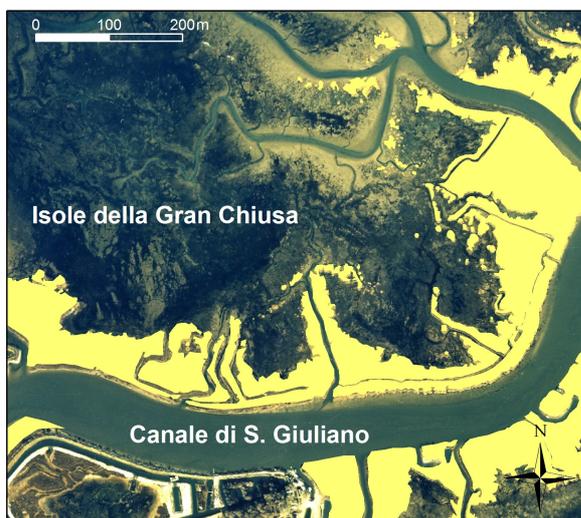
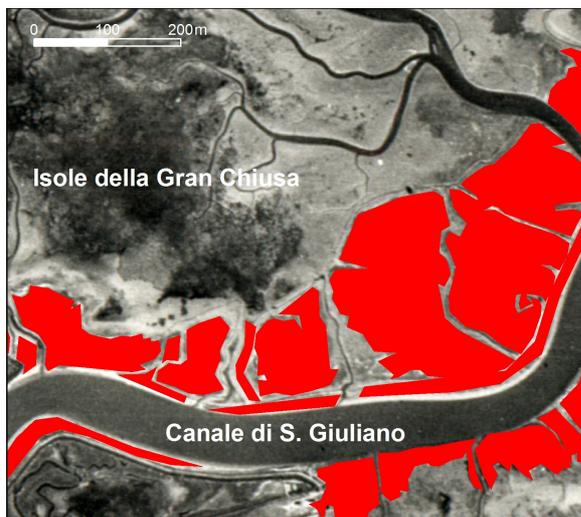
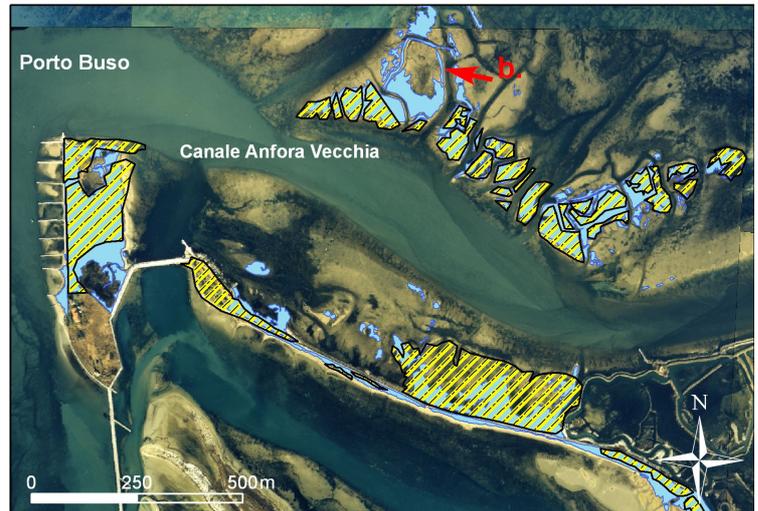


Fig. 9 - Particolare del bacino di Porto Buso dove si evidenziano forti perdite di barene per il gruppo di Isole della Gran Chiusa, mentre nei punti contrassegnati dalla lettera a. si riscontra come superfici barenicole una volta naturali siano state ora comprese in zone antropizzate.

Alla stessa stregua però si evidenziano superfici relitte, a vegetazione alofita, di vecchie valli da pesca o di aree a produzione agricola, ormai dismesse ed abbandonate che, aperte al flusso di marea, sono tornate a far parte del naturale ambiente lagunare (fig. 10, lettera b).

Fig. 10 - Particolare lungo il Canale Anfora Vecchia che da Porto Buso arriva a Grado. Indicata dalla lettera b. si individua una struttura di barena ereditata da una precedente zona arginata adibita ad uso antropico ed ora restituita al naturale ambiente naturale.

 barene 1990
 barene 1954



Le perdite di barena più evidenti si rilevano presso il complesso delle Isole della Gran Chiusa, (fig.11) dove, rispetto al 1954, sembra esserci un guadagno delle aree di velma a scapito di quelle di barena. Si pensa che tale dato sia interpretabile come l'effetto di un fenomeno di sommersione che pare aver interessato solamente la parte più interna delle barene. Si sottolinea, infatti, come le barene si siano conservate molto bene nella porzione esposta a lato canale, mantenute dal carico sedimentario del

Fig. 11 – Processo di annegamento presso le isole della Gran Chiusa

canale stesso, che inondando la superficie marginale di barena assicurerebbe il suo ripascimento.

L'allagamento della porzione retrostante e più depressa del complesso di barene potrebbe essere avvenuto in seguito a fenomeni di subsidenza localizzata, per un effetto di compattazione del sedimento del terreno di barena, combinato alla subsidenza tettonica. Tale ipotesi trova un riscontro positivo nei dati di Marchesini (2005), dai quali si rileva un tasso di subsidenza comunque elevato, corrispondente a circa 16 cm nell'arco temporale che va dal 1980 al 2004, pur considerando che tali valori sono riferiti a misurazioni effettuate lungo il tratto di cordone litoraneo e non internamente alla laguna.

Lungo il tratto di gronda lagunare soprattutto nell'area delle Mandragole si riscontrano ulteriori perdite che sembrerebbero attribuibili ad un altro tipo di processo. Dalla fig. 12 si può notare come in questo caso la barena tenda ad essere interessata da un fenomeno di frammentazione della superficie, che nei punti in cui viene meno l'ampia estensione dell'apparato barenicolo, comporta una vera e propria rottura della struttura. Il margine di barena appare frastagliato ed irregolare soprattutto per il versante esposto ad est, a testimoniare un forte fenomeno di erosione del gradino antistante.

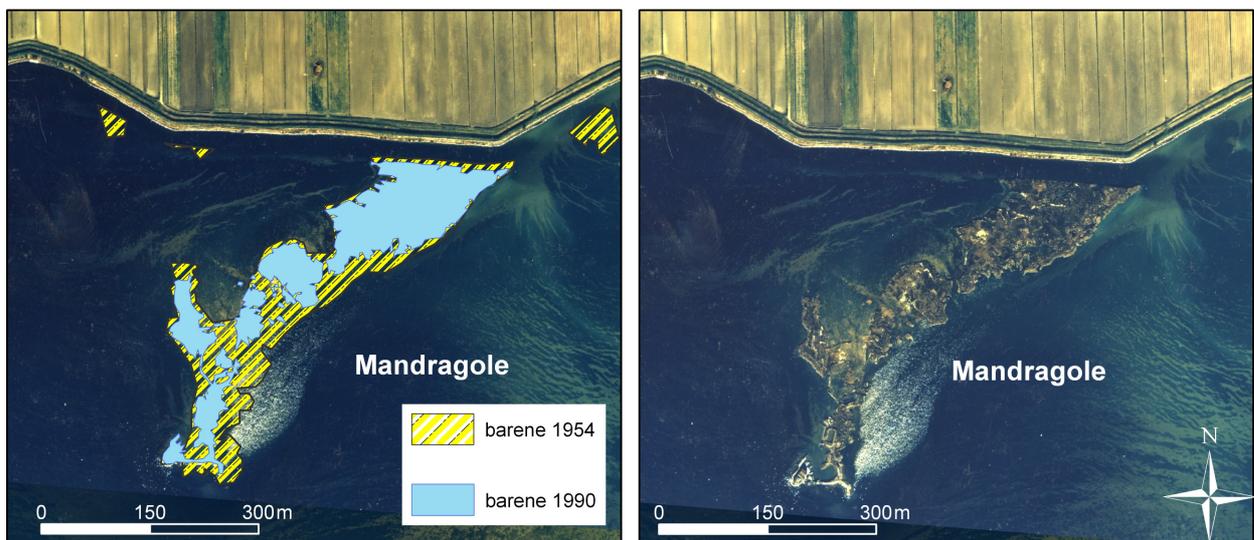


Fig. 12 - Mandragole, si noti il margine frastagliato e irregolare, sintomo di erosione dovuta a moto ondoso.

Tali deduzioni morfologiche indicherebbero l'esposizione della barena ad una significativa azione da parte del moto ondoso, vista anche la mancanza di una sorgente puntuale di materiale terrigeno.

Il moto ondoso dispone infatti di un ampio fetch nella zona limitrofa in occasione di venti di Scirocco provenienti da SE. Concludendo, l'ubicazione farebbe pensare ad una possibile forma relitta (*pseudobarena*) della vecchia piana alluvionale che non potendo più contare sugli apporti terrigeni da parte degli immissari e su una loro distribuzione lungo questo tratto di gronda, sarebbe naturalmente destinata ad un progressivo deterioramento per mancanza di alimentazione.

4.2.4 BACINO DI MORGO

Per Morgo si registra una significativa crescita delle barene con una superficie in più di 3.8 ha valore che corrisponde al +50%. Il ridotto idrodinamismo di Morgo favorirebbe infatti la presenza di fenomeni deposizionali assecondando, in tal senso, la comparsa di piccole barene di neoformazione lungo i bordi del canale principale.

Un ulteriore guadagno in termini di superficie barenicola è rappresentato dall'apertura della vecchia valle da pesca che borda l'idrovia Litoranea Veneta nella valle di Periselle (fig. 13).

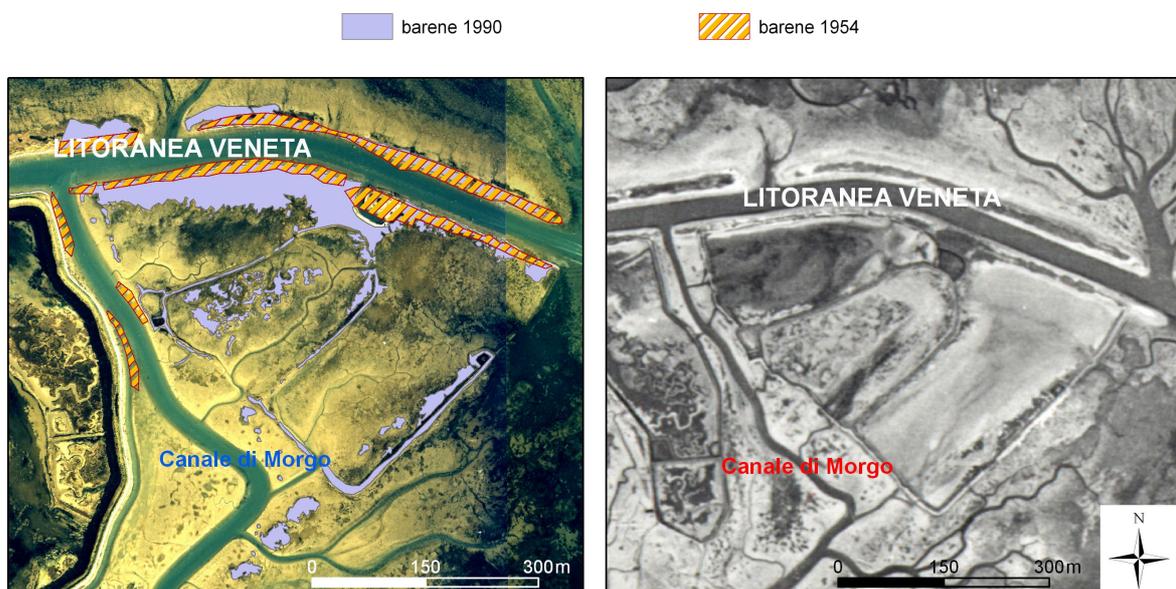


Fig. 13 - L'apertura della valle da pesca nel bacino di Mergo nella valle di Periselle

4.2.5 BACINO DI GRADO

Il Bacino di Grado, insieme a quello di Sant'Andrea, è quello che ha registrato le maggiori perdite per quanto attiene alle barene, pari a 50.7 ha corrispondenti al -45% della superficie digitalizzata nel 1954. Le perdite si registrano per l'intera superficie del bacino, ma in particolare lungo i canali che dai principali si diramano verso l'interno.

L'evoluzione di queste barene sembrerebbe confrontabile con il modello erosivo proposto da Baily e Pearson (2007) che indicherebbe come barene esposte ad un elevato idrodinamismo possano andare incontro ad una progressiva frammentazione fino al collasso della struttura (fig. 14). Si nota, infatti, nella foto aerea del 1990 come gli apparati oltre a subire una riduzione dell'estensione della superficie, risultino spesso sfrangiati e frastagliati. Tendenza che risulta già visibile nel 1954, quando si notano evidenti irregolarità lungo i bordi marginali delle barene (fig. 15).

Tra le cause di una simile tendenza un ruolo rilevante è senz'altro rivestito dall'azione del moto ondoso generato dal forte traffico di natanti che transitano lungo queste principali vie navigabili.

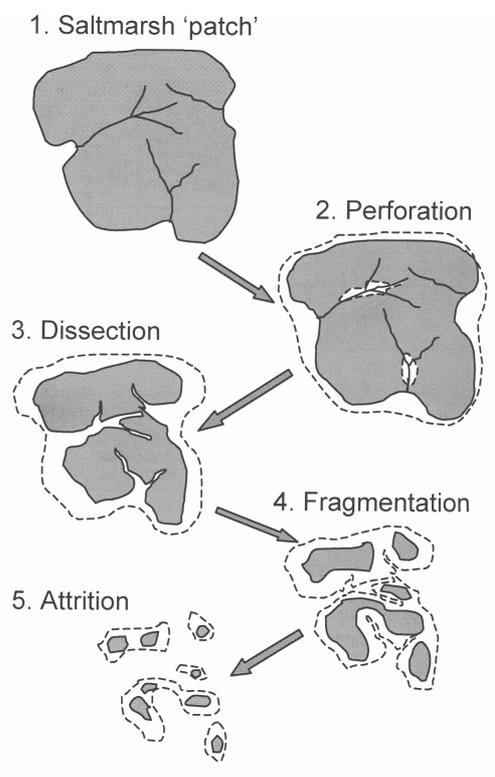


Fig. 14 - Modello di frammentazione di una barena basato su aereo-fotointerpretazione (da Baily e Pearson, 2007).

A questo va aggiunto un probabile deficit del sedimento che non venendo redistribuito lungo le superfici di barena, non garantisce una risposta incisiva delle barene stesse all'evidente azione erosiva in atto.

Si riscontra, infatti, come si sia modificato nel corso degli anni il già modesto delta endolagunare del fiume Natissa, con la quasi totale scomparsa delle uniche superfici di barena che lo contraddistinguevano, a testimoniare come sia ridotto il carico sedimentario immesso in laguna da tale corso d'acqua (fig. 16). Inoltre, a conferma di questa tesi è possibile notare dalla fig. 16 come la copertura vegetale del fondo lagunare nei pressi della foce si sia nel tempo intensificata lungo la parte orientale del canale, in quanto non più sopraffatta da fenomeni deposizionali del sedimento.

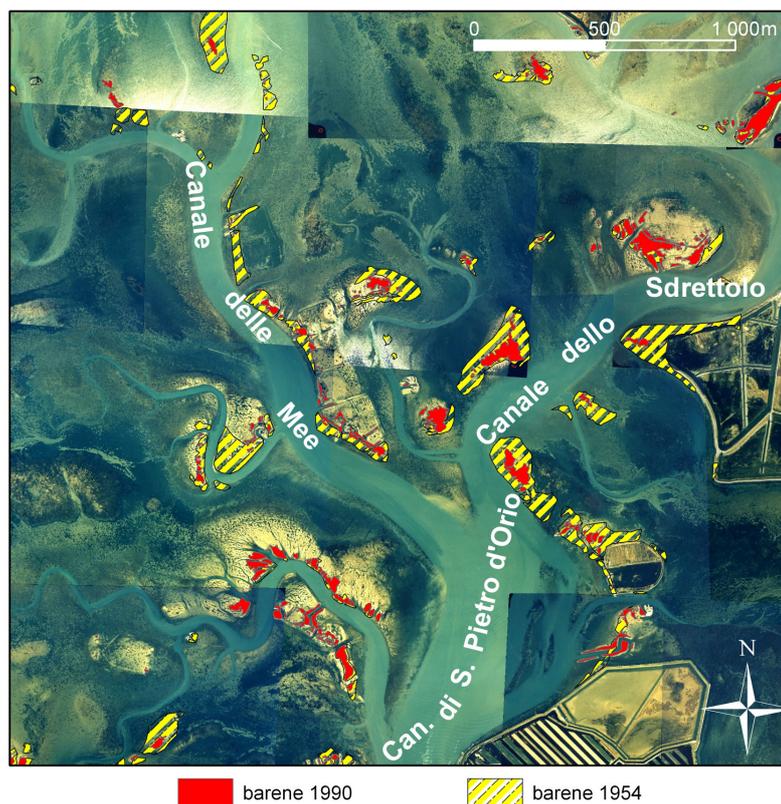


Fig. 15 - Particolare del bacino di Grado.



Fig. 16 - Delta endolagunare del fiume Natissa.

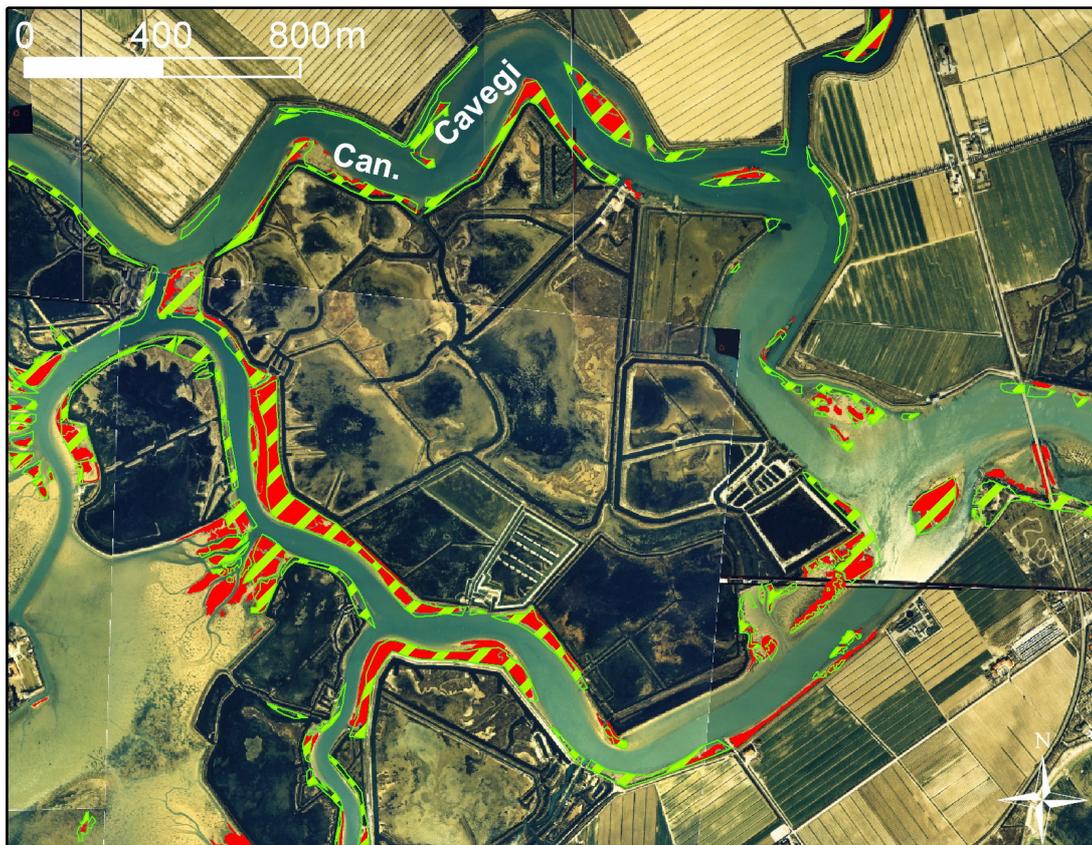
barene 1954
 barene 1990

L'ampio bacino di Grado gode, inoltre, della presenza di un'ampia superficie di acque libere che, internamente, sembrano dominare se confrontate con la porzione di terre emerse. Tale conformazione morfologica gioca un ruolo importante durante gli eventi di Scirocco e Bora favorendo la libera azione dei venti su ampie superfici d'acqua ed innescando in tal senso importanti fenomeni di circolazione, con correnti e moto ondoso relativamente intenso.

4.2.6 BACINO DI PRIMERO

Come i precedenti anche Primero registra per il periodo delle perdite di barena che si sommano per un totale di -17.4 ha. Di questo totale circa 4.5 ha sono imputabili a sottrazione di superfici dovute ad interventi antropici per costruzione di valli da pesca o di altri manufatti. Per il resto si nota come le aree in riduzione si trovino essenzialmente lungo il tratto di gronda lagunare e lungo tutto il canale di Cavegi (fig.17), e del Canale di Primero. Anche in questo caso si parla di canali navigabili, quindi non vi è dubbio che ci sia un risentimento da parte degli stessi corpi di barena per il moto ondoso indotto dai natanti.

Lungo alcuni degli apparati di margine di canale (sul lato destro del Canale di Barbana tra Valle Verzelai e Frate Zuane e sul tratto terminale del canale Simuta) si registra dal 1954 una crescita delle barene. Dato il deficit di bacino si può affermare come si tratti di una redistribuzione del materiale eroso lungo le altre zone di bacino che, giunto in questa zona, tende ad essere scaricato per perdita di energia delle correnti. Tale area (fig. 18), infatti, ridossata dai venti di Bora e Scirocco non risente di particolari idrodinamismi lasciando spazio a processi di tipo deposizionale.



 barene 1954  barene 1990

Fig. 17 - Perdite di barena lungo il canale di Cavegi e Primero

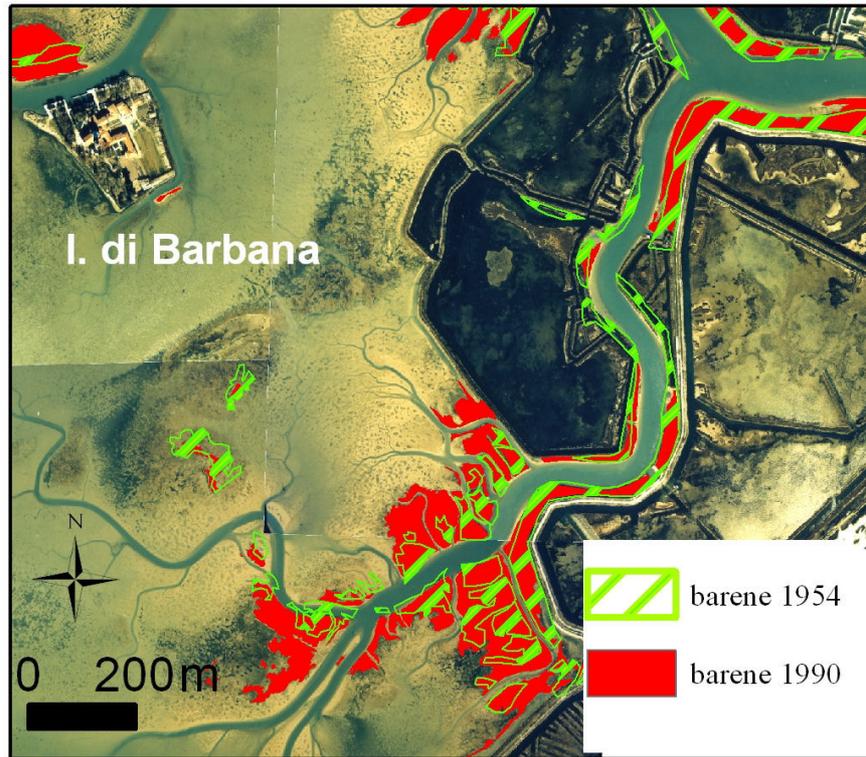


Fig. 18 - Canale di Simuta

4.3 Evoluzione nel periodo 1990-2006

L'analisi dello stato delle barene nel 2006 indica un'estensione complessiva delle stesse di 764.24 ha, dato che implica una perdita di superficie a barena di 46.3 ha rispetto al 1990, pari al 5.7 % della superficie originaria.

Per una miglior analisi ed interpretazione dei dati si è valutata la situazione bacino per bacino, come già fatto per il periodo precedente. Per ciascun bacino è stata analizzata e quantificata nel dettaglio l'entità delle variazioni planimetriche sito per sito, nel tentativo di identificare le diverse tipologie evolutive e le forzanti che ne sono all'origine. I risultati di quest'analisi sono riportati, per ciascun bacino, in una tabella ed un grafico di sintesi. Da ultimo la descrizione delle diverse tipologie riscontrate nell'intera laguna sono state riportate in schede di sintesi in allegato.

4.3.1 BACINO DI MARANO

Il bacino di Marano, che nel periodo di confronto precedente (1954-1990), aveva fatto rilevare un significativo incremento delle aree a barena, mostra nel periodo più recente una tendenza opposta con perdita di 29 ha pari al 5.5% dell'area presente nel 1990.

Detta inversione di tendenza è però attribuibile in buona parte ad interventi antropici (per un totale di 17.6 ha), con eliminazione diretta di estese aree barenicole. Gli interventi realizzati in questo periodo sono i seguenti:

- L'intervento più importante è localizzato sull'isola di Martignano (fig. 19), per la costruzione di strutture per l'acquacoltura e l'allevamento di bivalvi che ha avuto come conseguenza una sottrazione di area barenicola pari a circa 13 ha.
- L'eliminazione di una barena di circa 4 ha, recentemente inglobata nella cassa di colmata in costruzione nei pressi del porto di Marano (fig. 20).

Barene di margine lagunare e delta endolagunare:

Nel complesso la tendenza evolutiva delle barene coinvolte dall'influsso fluviale appare stabile, con elevata variabilità a piccola scala.

Gli accrescimenti significativi che nel periodo precedente si erano verificati soprattutto lungo il margine occidentale della Secca di Muzzana (pari a +36 ha), non trovano più nel periodo recente analoga tendenza. Il bilancio complessivo dell'area risulta ancora positivo (+4.6 ha), ma accanto a fenomeni di espansione delle barene si assiste anche a frequenti fenomeni erosivi. Questa parziale inversione di tendenza potrebbe essere attribuita ad una diminuzione nell'apporto fluviale, relativamente al quale però non siamo in possesso di dati che possano confermare o meno detta ipotesi. D'altro canto, nel caso in cui gli apporti solidi fossero invariati, il fenomeno potrebbe essere indotto da una diversa morfologia dell'area di deposizione del sedimento che, lo ricordiamo, era drasticamente mutata negli anni '50 a causa della bonifica sui terreni perilagunari. Cambiata quindi l'area di redistribuzione del sedimento ossia modificata la superficie di accomodamento, caratterizzata ora da fondali a maggior battente d'acqua, l'apporto solido non sarebbe più sufficiente a portare delle aree ad emergere.

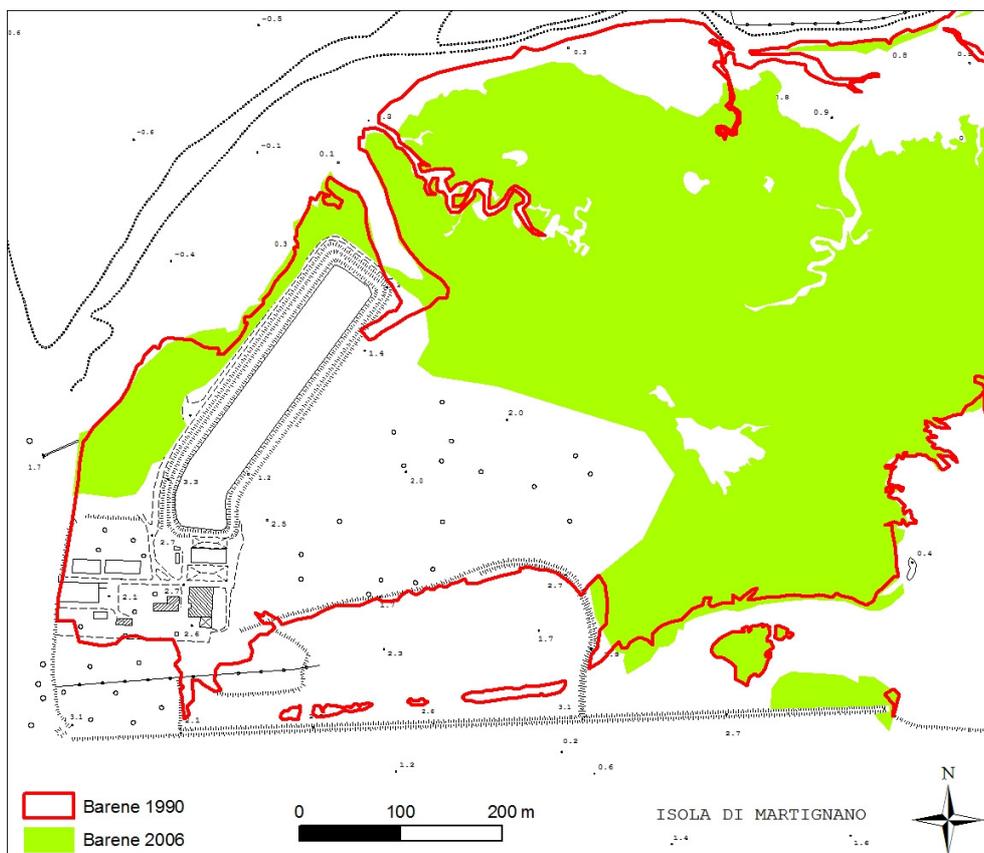


Fig. 19 – Isola di Martignano: costruzione di strutture per l'acquacoltura e l'allevamento di bivalvi, successiva al 1990.

Alcuni siti appaiono sottoposti ad azione erosiva da parte del moto ondoso indotto dai venti che spirano su una vasta superficie acquee senza incontrare ostacoli.

Ne sono un esempio le barene a nord della darsena di Aprilia Marittima. Esse presentano un margine ad andamento seghettato con una tendenza generale all'arretramento rispetto al 1990, che raggiunge in alcuni casi anche i 30m; l'arretramento appare maggiore nelle parti più esposte al moto ondoso mentre nelle piccole insenature più protette si registra una certa tendenza alla sedimentazione, portando il bilancio complessivo a +0.1 ha.

Analogamente risultano evidenze di arretramento soprattutto sul margine orientale dell'Isola dei Bioni.

In alcuni casi il fenomeno erosivo si esplica lungo tutto il perimetro della barena, pur esposta a diverse direzioni. Si tratta di un fenomeno di erosione spesso accompagnato da scomparsa dei corpi minori o frammentazione dei corpi maggiori. É il caso dell'estremità del delta endolagunare del Cormor dove si assiste ad un evidente arretramento dei margini della barena sia sul lato del Canale Chiasellis (già in atto nel periodo precedente), sia su quello rivolto a sud verso lo specchio lagunare. In molti siti si riscontra una commistione di fenomeni erosivi e ripascitivi, come ad esempio nell'area della Bocca di Coron, dove si notavano nel 1990 due profonde insenature, di chiara origine antropica, che allo stato attuale sono parzialmente colmate, mentre immediatamente a ovest si è verificato un arretramento (fig. 21) . La regolarizzazione del bordo così avvenuta non sembra avere spiegazioni dinamiche dato che si tratta di un paraggio ridossato, potrebbe essere un naturale riequilibrio successivo alla sospensione della pressione antropica. Meccanismi simili si rinvengono anche nella Sacca dell'Albera.



Fig. 20 - Foto aerea del 2006 dell'area di Marano Lagunare con il perimetro delle barene del 1990 (in rosso). Appare evidente, in alto nella foto, l'eliminazione di una barena di circa 4 ha, Alcuni siti appaiono sottoposti ad azione erosiva da parte del moto ondoso indotto dai venti

Barene di retrobarriera

In riferimento alle barene posizionate sul lato settentrionale dell'Isola di Martignano, si assiste ad una riduzione di superficie di barena con perdite significative (-5ha), che potrebbero essere ricondotte ad un processo di annegamento. Almeno da quanto si evince dalla foto aerea, è visibile una regressione della vegetazione ed una conversione da barena a velma. Il fenomeno non è di facile interpretazione e solamente un'analisi

diretta del sito potrà chiarire meglio la dinamica specifica (fig. 22). Esso coinvolge anche le barene localizzate sul lato orientale dell'isola, ma che appartiene al bacino di Sant'Andrea e quindi è stata computata all'interno di quest'ultimo.

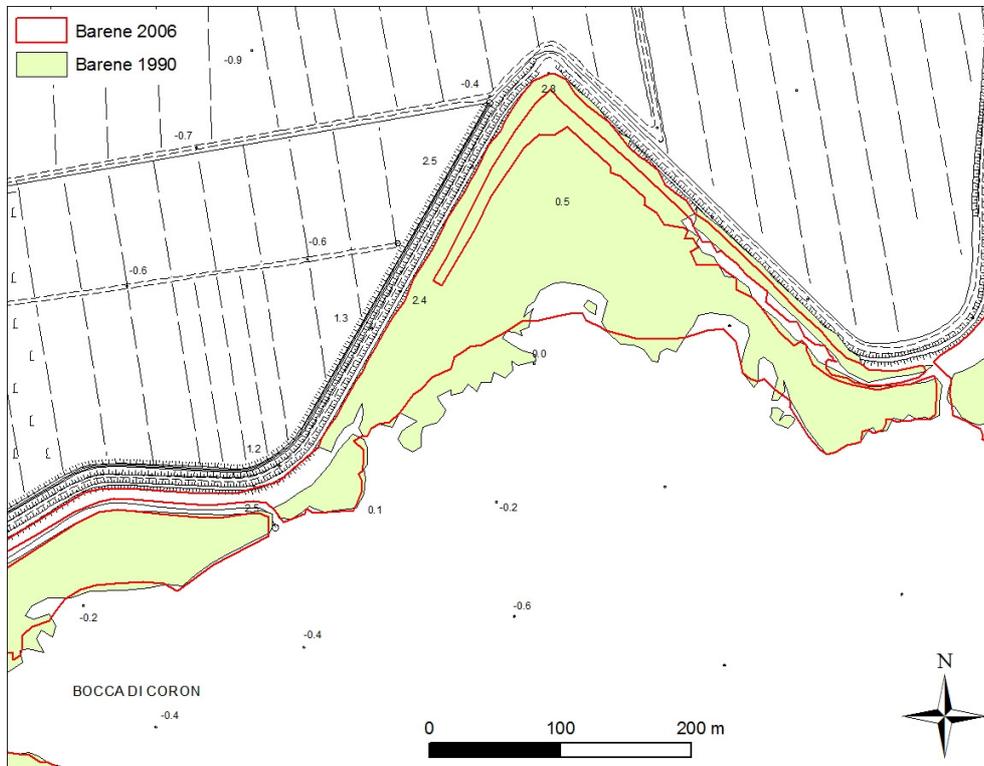


Fig. 21 – Riequilibrio successivo ad interventi antropici in Bocca di Coron.

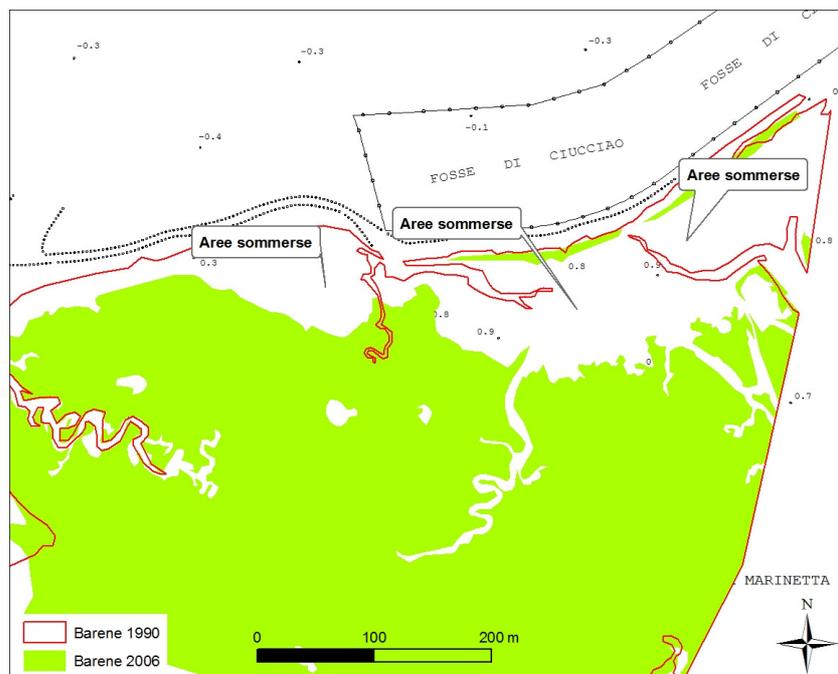


Fig. 22 – Porzione settentrionale dell'isola di Martignano, dove dalla digitalizzazione delle barene nel 1990 e nel 2006, si può chiaramente osservare la riduzione di superficie di barena.

Barene di margine di canale:

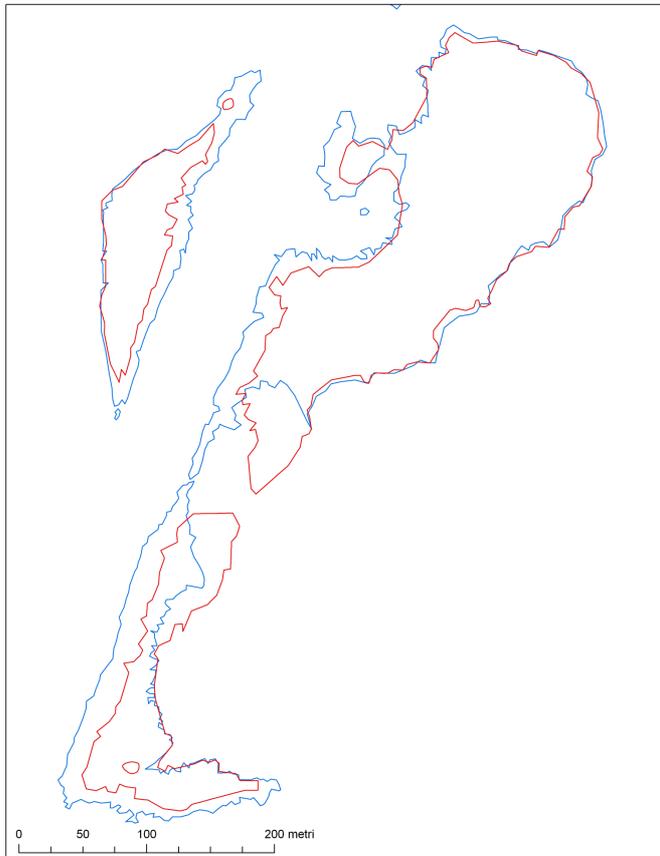


Fig. 23 – Canale di Marano: erosione dei margini delle barene lungo il canale, causata dal moto ondoso indotto dai natanti

Il traffico di natanti, con il relativo moto ondoso agisce soprattutto sulle barene di margine di canale, dove si assiste ad un arretramento del margine delle barene sul lato del canale unitamente ad una loro frammentazione. L'esempio più evidente è dato dalle barene lungo il canale di Marano che hanno subito una perdita di superficie pari a 1ha (fig. 23).

Altro evidente esempio è fornito dal tratto di canale denominato "Allacciate di Sant'Andrea", dove

il fenomeno è molto simile a quello appena descritto con una perdita di 0.99 ha.

In tabella 2 e nel grafico di figura 24 si riportano i dati riassuntivi del bacino, suddivisi per le diverse tipologie erosive / deposizionali. I più importanti fenomeni in atto sono l'accrescimento nelle aree ad input fluviale, soprattutto nei paraggi più riparati lungo la gronda lagunare. Questi accrescimenti riescono solo in parte a bilanciare le erosioni avvenute in altre aree, sia per l'annegamento dovuto al deficit di apporto sedimentario ed alla naturale compattazione dei suoli, sia per l'arretramento dei margini dovuto all'azione del moto ondoso diventano preponderanti. Aspetto estremamente grave è rappresentato dall'importanza degli interventi antropici diretti con distruzione delle barene.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Input fluviale	9.4
Annegamento	-15.6
Transito natanti	-3.2
Esposizione al moto ondoso	-1.8
Interventi antropici diretti	-17.6
Bilancio totale	-28.8

Tabella 2 – Suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Marano.

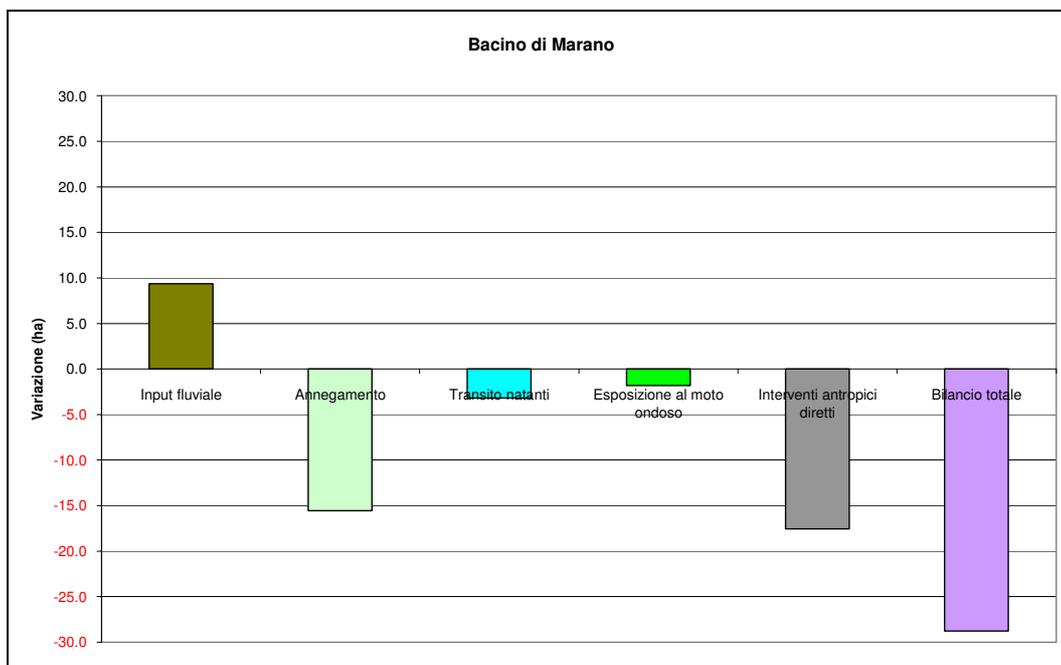


Fig. 24 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Marano.

4.3.2 BACINO DI SANT'ANDREA

Per il bacino di Sant'Andrea i dati, confermando il trend del periodo precedente, mostrano un bilancio negativo del bacino con una perdita areale di -5.26 ha.

Per l'area barenicola alle spalle di Martignano vi è la tendenza all'annegamento già descritta al paragrafo precedente.

Le barene presenti lungo il lato occidentale del canale della Bocca di Sant'Andrea fanno registrare una tendenza erosiva per il periodo 1990-2006, riconducibile a due processi contemporanei (fig. 25). Sul lato laguna si verifica il processo di annegamento già descritto, mentre lungo il margine del canale si assiste ad un arretramento dell'ordine dei 30m del limite della sottile striscia di spiaggia presente. Ne è naturale conseguenza il trasporto della sabbia verso la laguna con seppellimento della vegetazione barenicola presente alle spalle. Accanto a ciò si assiste alla frammentazione dei corpi con apertura di nuovi canali.

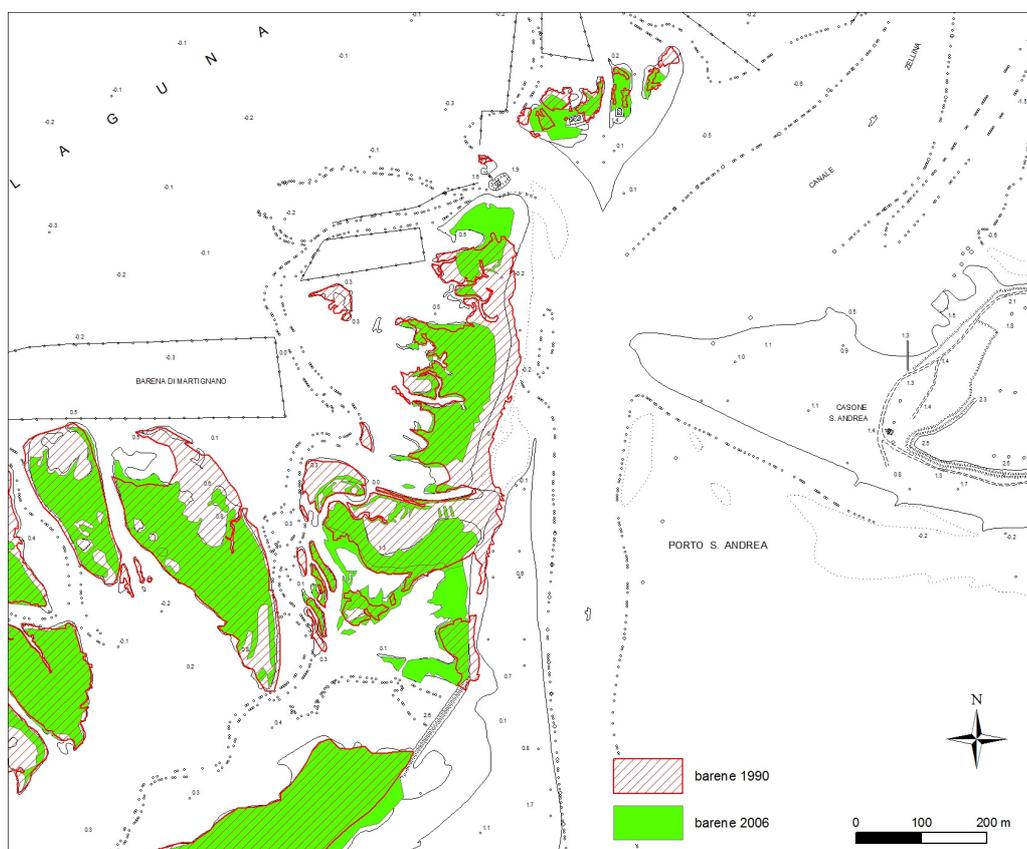


Fig. 25 – Confronto tra le superfici a barena nel 1990 e nel 2006, presso la Bocca di Sant'Andrea.

La riduzione areale in quest'area è stata di circa 4 ha pari al 14 % delle barene presenti nel 1990, di cui circa 1.9 ha attribuibili ai processi di migrazione della bocca.

L'unica tendenza all'accrescimento è data dalla presenza di barene di neoformazione nella porzione di specchio acqueo compresa tra l'argine e le barre sabbiose emerse esterne.

Per quel che riguarda le aree a barena poste sul lato interno dell'Isola di Sant'Andrea, già pesantemente ridotte dagli interventi antropici realizzati negli anni '80, si assiste soprattutto ad un'espansione dei chiari, con conseguente riduzione in termini areali di 1.8 ha.

Le tipologie erosive /deposizionali riscontrate sono riassunte in tabella 3 e nel relativo grafico (fig. 26). Gli unici processi di accrezione sono quelli riscontrati nelle aree paralagunari di recente formazione sul lato verso mare dell'Isola di Martignano, a testimoniare la scarsa possibilità di alimentazione delle barene situate all'interno dello specchio lagunare vero e proprio; l'apporto sedimentario non è evidentemente sufficiente al mantenimento delle barene. Situazione particolare è rappresentata dalle morfologie presenti presso la bocca non regimentata di Sant'Andrea, dove intervengono i processi morfodinamici costieri.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Accrescimento in area paralagunare	1.7
Annegamento	-3.7
Transito natanti	-0.7
Processi costieri	-1.9
Altro	-0.7
Bilancio totale	-5.3

Tabella 3 - Suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006 nel bacino di Sant'Andrea

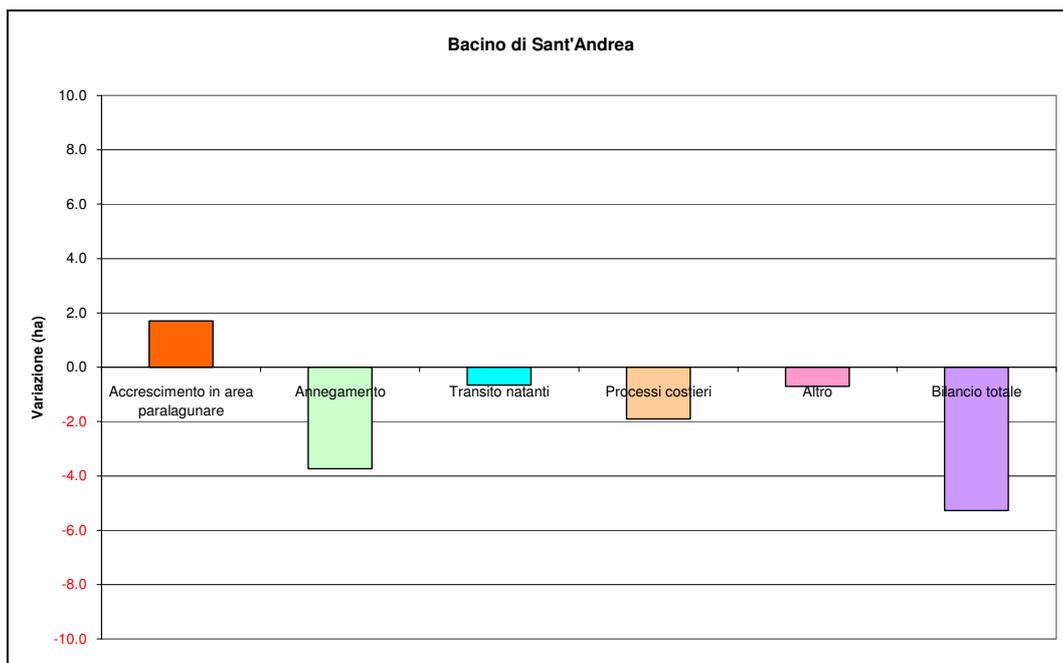


Fig. 26 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Sant’Andrea.

4.3.3 BACINO DI BUSO

Per il bacino di Buso i dati mostrano una conferma della tendenza erosiva individuata nel periodo precedente, con un’ulteriore perdita 8.5 ha pari al 7 % delle barene cartografate nel 1990. Di questi circa 3.4 ha sono imputabili ad interventi antropici diretti che verranno descritti di seguito.

Vediamo di seguito i singoli casi.

Barene di margine lagunare

Già poco presente nel 1990, questa tipologia di barena appare in limitata espansione sul lato interno della laguna, ciononostante il bilancio complessivo del periodo risulta debolmente negativo (perdite pari a 0.2 ha), a causa di una sottrazione di superficie (0.4 ha) per interventi di riassetto del sistema arginale e di canalizzazione della bonifica (fig. 27).

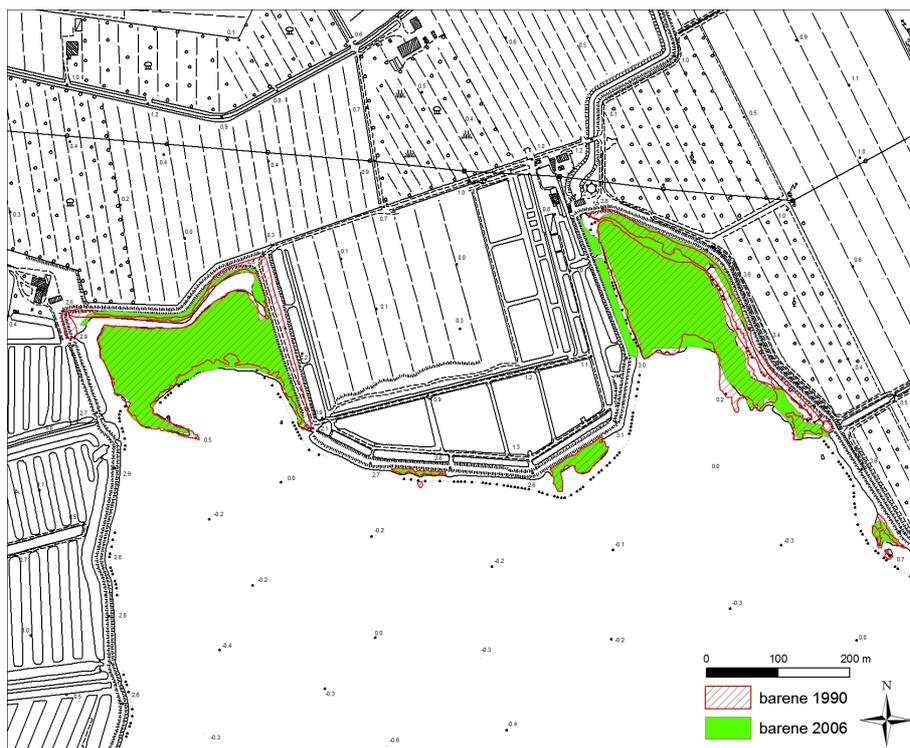


Fig. 27 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006 nella zona di gronda lagunare ad est di Marano, le barene localizzate nelle due insenature protette mostrano un certo ampliamento della superficie sul lato verso laguna. E' visibile anche, nell'insenatura a sinistra, la sottrazione di una striscia di superficie a barena sul lato orientale, dovuta ad intervento di riassetto degli argini.

Barene isolate

Nell'area delle Mandragole sembra continuare il processo erosivo già evidenziato nel periodo 1954-1990, con arretramento del margine della barena, progressiva frammentazione e scomparsa di piccoli lembi di barena, che risultavano isolati già nella foto aerea del 1990 (fig. 28). La causa preponderante sembra essere l'esposizione ai venti e quindi all'ondazione da est presentandosi il fenomeno più acuito nella porzione di isola con andamento nord /sud e quindi maggiormente esposta. Il fenomeno risulta comunque in parte ridotto rispetto al periodo precedente (si passa da un tasso di -0.07 ha /anno e 0.05 ha/anno: nel 1954 l'estensione delle barene era di 6 ha, nel 1990 di 3.6 nel 2006 di 2.8ha).

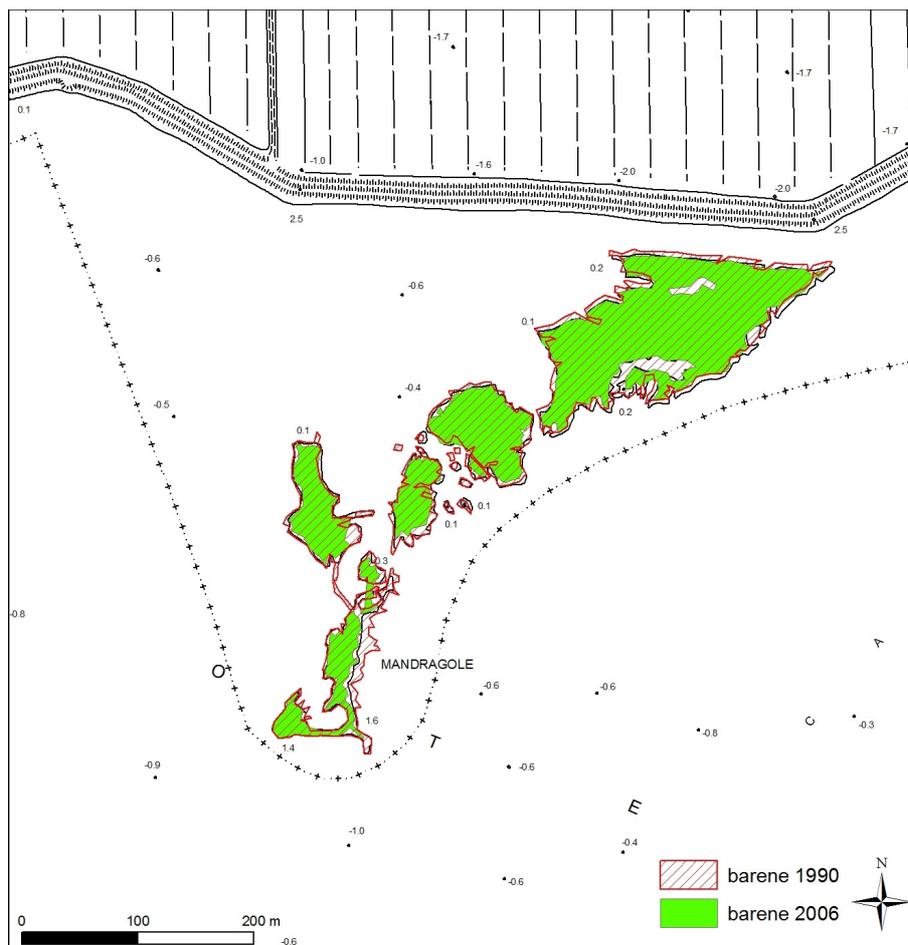


Fig. 28 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006 nella zona delle Mandragole, i fenomeni erosivi coinvolgono maggiormente le barene più meridionali.

Barene presso i lidi

Per le barene presenti sul lato interno dell'Isola di Sant'Andrea, dall'analisi della foto del 2006 si evidenzia a circa 1 km dall'estremità orientale dell'isola un intervento di escavo in direzione nord sud che interessa il fondale lagunare e l'area a barena (per una superficie di circa 1.5 ha), fino a raggiungere l'argine che scorre lungo l'isola (fig. 29). L'intervento non è riportato nella cartografia regionale e non se ne conoscono motivazioni e data di realizzazione. Oltre a ciò si verifica una certa tendenza all'arretramento del margine delle barene sul lato laguna.

Ad oriente della bocca di Porto Buso le barene si localizzano alle spalle del banco d'Anfora, situate soprattutto in una stretta fascia sul lato nord dello specchio d'acqua paralagunare che separa il banco dall'argine retrostante.



Fig. 29 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006 nella zona di retrobarriera dell'isola di Sant'Andrea, appare evidente l'intervento antropico realizzato con un escavo in direzione nord/sud.

Qui la tendenza appare di stabilità nel tratto compreso tra Porto Buso e l'ex sbocco a mare del Canale Lippan (bocca di Anfora Vecchia), con l'eccezione della sottrazione di un'area pari a 1.6 ha per l'ampliamento di una valle da pesca. Dal canale Lippan verso est le barene mostrano invece una tendenza all'accrescimento, sicuramente legato agli apporti sedimentari della limitrofa bocca di Morgo in un'area protetta a carattere paralagunare.

Barene di margine di canale

La prima parte della Litoranea Veneta provenendo da Buso è caratterizzata da una zona a barene che la bordano a nord: si tratta dell'unica area abbastanza naturale con un'estensione di circa 8.2 ha che però si presentava più estesa nel 1990 con 10.2 ha, siamo in una zona a forte traffico di natanti, quindi sicuramente i processi erosivi ne trovano origine; si assiste soprattutto alla sparizione dei corpi più piccoli (fig. 30).

Per le barene che sono localizzate tra il canale e gli argini delle valli da pesca si registrano frequenti casi erosivi, sicuramente imputabili al traffico di natanti ed al moto ondoso da essi generato.

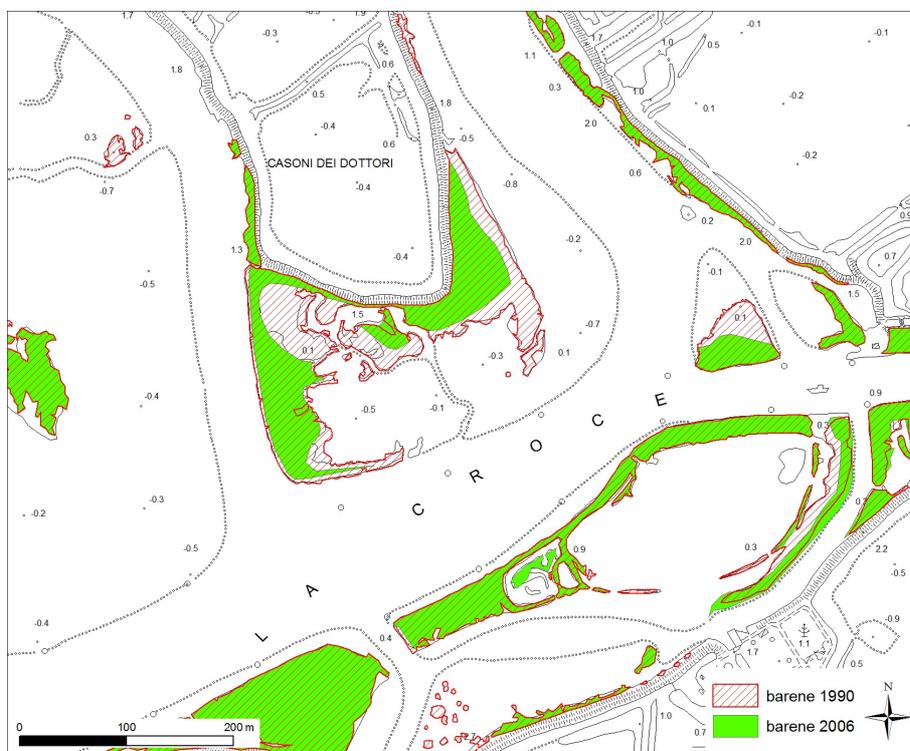


Fig. 30 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, per un tratto della Litoranea Veneta / Canale Anfora Vecchia, a nord del canale si notano diffusi processi di erosione.

Per gli apparati di barene presenti nelle aree terminali dei canali il discorso è più articolato.

Per le Isole della Gran Chiusa complessivamente il bilancio 1990-2006 si chiude positivamente, con un guadagno di 0.8 ha. Si tratta però del risultato di situazioni locali molto diverse tra loro (fig. 31), alle quali è difficile dare un'interpretazione complessiva. In particolare subito dopo S. Giuliano, sul lato nord del canale, si assiste ad una netta inversione di tendenza rispetto al 1954-1990, quando si era verificato un arretramento per annegamento nel margine interno delle stesse. Questi stessi margini sembrano ora aver nuovamente guadagnato terreno con un'espansione della vegetazione nelle aree

precedentemente inondate. E' necessario però specificare che in queste aree vi sono delle difficoltà nell'interpretazione dell'immagine aerea e quindi il contesto andrebbe analizzato con altri supporti. La porzione più a nord della Gran Chiusa denominata Sian è caratterizzata dalla presenza di due ex valli da pesca che apparivano già aperte nel 1990; all'interno dei vecchi argini ancora in parte individuabili in foto aerea le barene sono in significativa espansione.

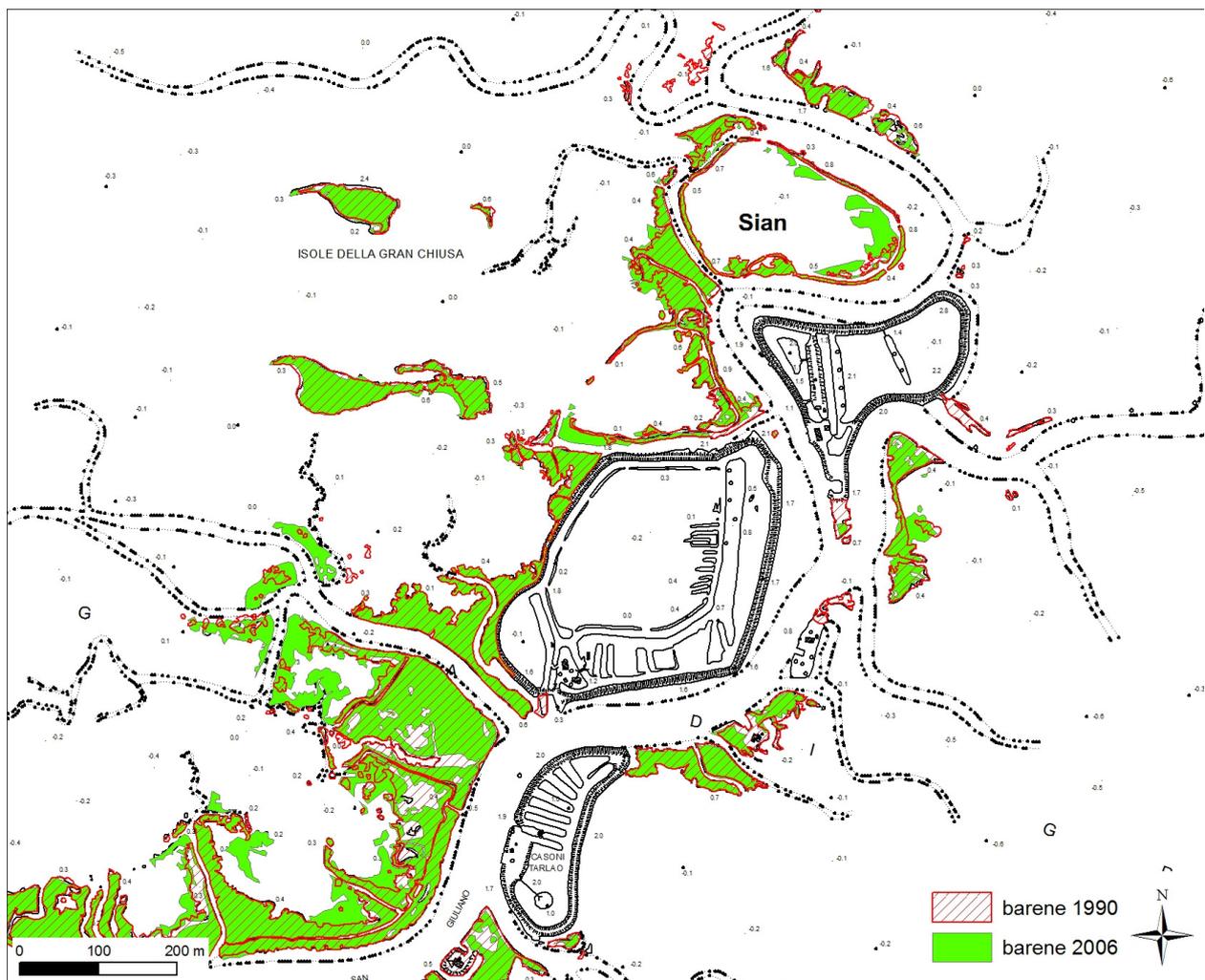


Fig. 31 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell'area della Gran Chiusa-.

La protezione indotta dalla presenza dei resti dei vecchi argini determina infatti una maggiore possibilità di sedimentazione. Subito a nord di quest'area alcuni lembi di barena presenti nel 1990 sono invece scomparsi e altri corpi risultano frammentati.

Nella zona di Casone di Talpi (fig. 32) si assiste ad un significativo incremento della superfici (da 2.7 ha a 3.7 ha) riconducibile ai processi già individuati per la zona di Sian. Si tratta cioè di aree che si presentavano arginate nel 1954, successivamente riaperte al flusso di marea. Subito a nord oltre il canale sono invece scomparse delle barene presenti nel 1990, racchiuse in tempi più recenti in una valle da pesca; nel 1990 l'argine era già presente ma l'area interna appariva ancora aperta al flusso di marea, nel 2006 l'argine appare chiuso e le barene all'interno sono scomparse.

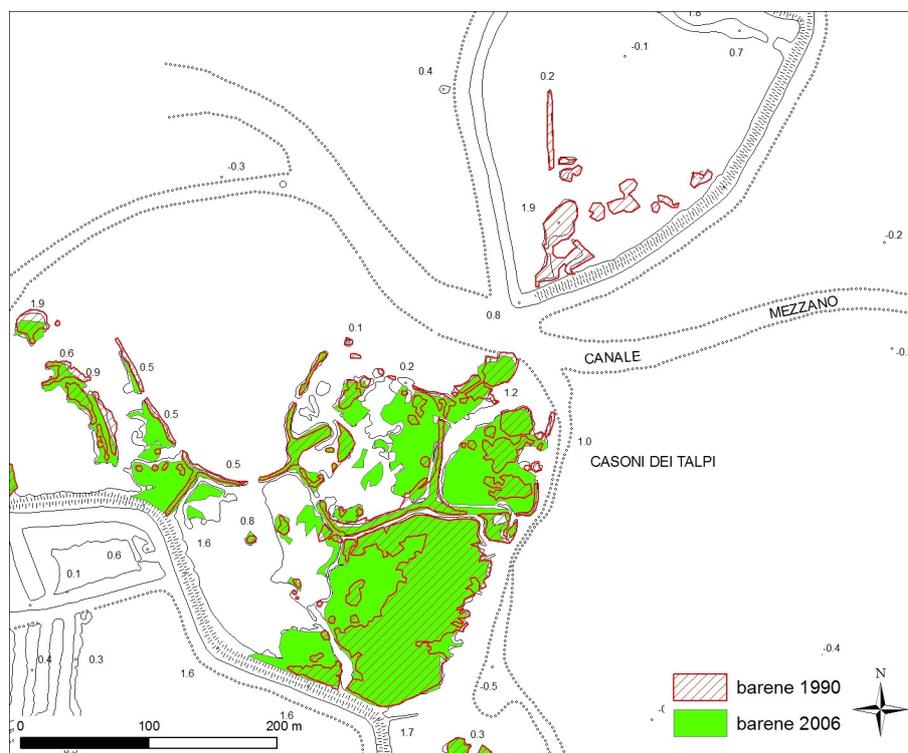


Fig. 32 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell'area di Casone dei Talpi.

La sintesi delle trasformazioni avvenute all'interno del bacino è riportata in tabella 5. La situazione appare alquanto diversificata essendo presenti varie componenti. Si può notare come gli accrescimenti delle barene avvengano in minima parte per l'apporto fluviale ed appaiano invece favoriti in aree particolari come quelle delle vecchie valli da pesca abbandonate. Dal punto di vista dell'erosione giocano un ruolo significativo sia l'annegamento, che l'arretramento dei margini dovuto al moto ondoso indotto dal

transito dei natanti lungo i canali navigabili. Si tratta nel complesso di un bilancio negativo nel quale giocano purtroppo ancora un ruolo rilevante gli interventi antropici, con distruzione diretta delle barene.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Input fluviale	0.32
Accrescimento in ex valli da pesca	2.21
Accrescimento in area paralagunare	1.58
Annegamento	-3.44
Transito natanti	-4.49
Esposizione al moto ondoso	-0.89
Interventi antropici diretti	-3.54
Altro	-0.26
Bilancio totale	-8.50

Tabella 5 - Suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006 nel bacino di Buso

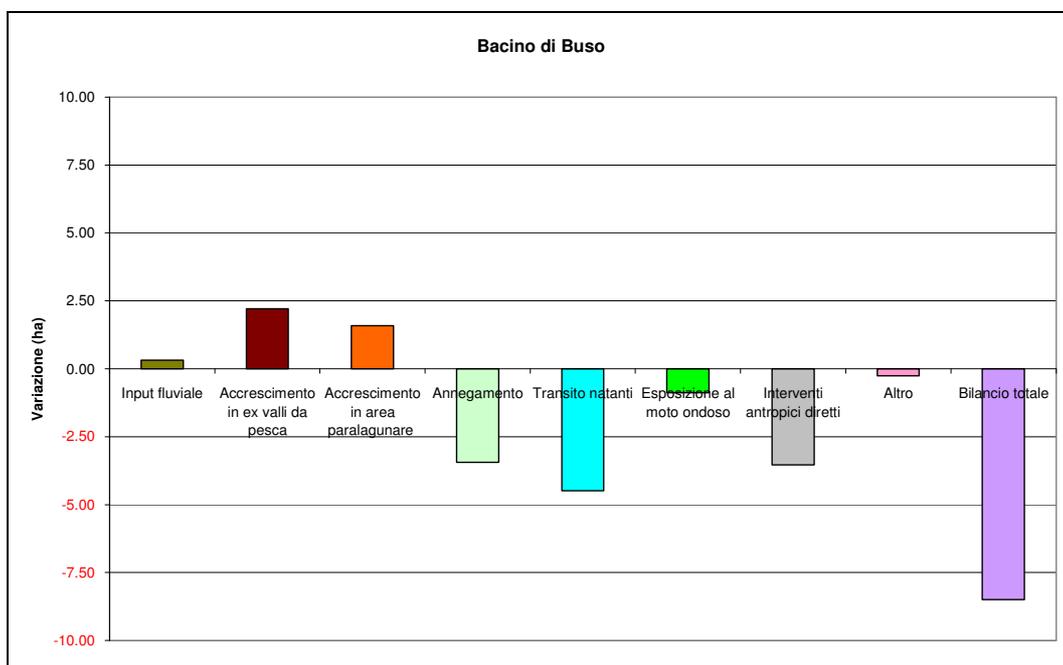


Fig. 33 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Buso.

4.3.4 BACINO DI MORGO

Per Morgo la significativa crescita delle barene registrata nel periodo di confronto precedente sembra aver ceduto il posto ad una fase di debole accrescimento, con un incremento di 1.2 ha pari soltanto al 10.8 % per il periodo 1990/2006. Il bacino sembrerebbe quindi aver trovato un rinnovato equilibrio dopo la forte diminuzione del regime idraulico avvenuta nel periodo precedente.

Casi:

- Barene lungo il canale di Morgo: pur essendo l'estensione complessiva ridotta vi si registrano significative espansioni (+0.8 ha) (fig. 34). Si tratta quindi di una zona estremamente interessante dal punto di vista morfologico e vegetazionale la cui evoluzione merita di essere approfondita. Anche l'area individuata a nord come ex valle da pesca appare mantenere la tendenza all'espansione delle barene già registrata per il periodo precedente .

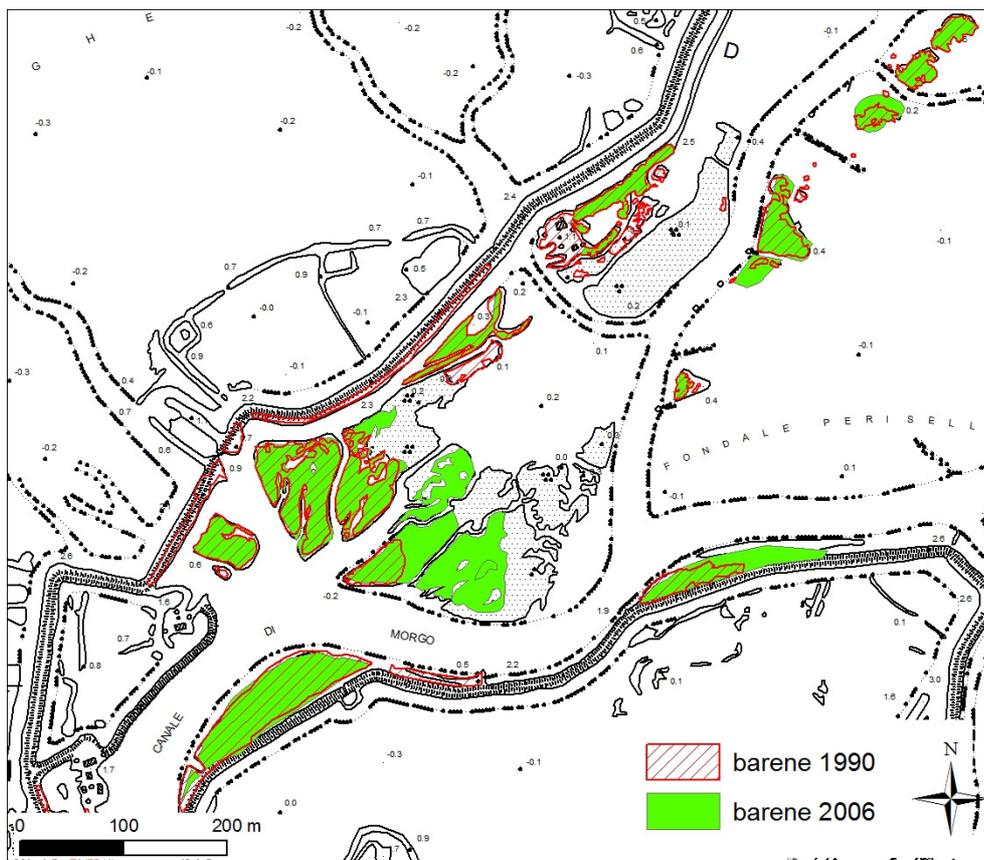


Fig. 34 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell'area del Canale di Mergo e Fondale Periselle.

- Nell'area paralagunare di recente formazione compresa tra l'argine e i banchi sabbiosi esterni di Anfora e d'Orio si assiste ad una significativa espansione con un guadagno di 0.7 ha;

La sintesi delle trasformazioni avvenute (schematizzata in tabella 6 e nel relativo grafico) mostra come i fenomeni di sedimentazione tipicamente lagunari, ossia ai margini dei canali ed in vecchie valli da pesca siano preponderanti su alcuni fenomeni di annegamento riscontrati.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Accrescimento in area paralagunare	0.7
Accrescimento in ex valli da pesca	0.1
Accrescimento in area di margine di canale	0.9
Annegamento	-0.5
Bilancio totale	1.2

Tabella 6 - Suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006 nel bacino di Morgo

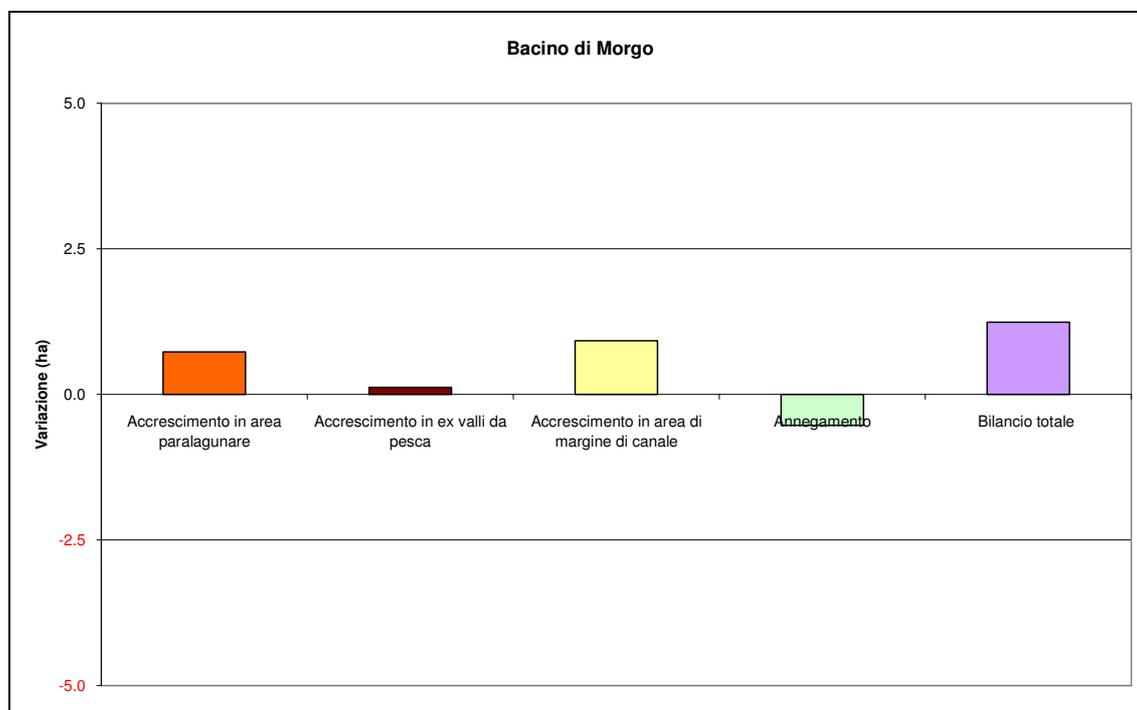


Fig. 35 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Morgo.

4.3.5 BACINO DI GRADO

Il Bacino di Grado insieme a quello di Sant'Andrea è quello che registrava le maggiori perdite in termini di barena (pari al 50%) per il periodo 1954-1990, anche per il periodo più recente la tendenza rimane erosiva con un'ulteriore perdita di 9 ha pari al 14 %. Il tasso di erosione appare comunque ridotto di molto rispetto al periodo precedente (0.6 ha/anno rispetto a 1.4 ha/anno), vista anche l'esiguità degli apparati rimasti.

Segue la descrizione dei singoli casi.

Barene lungo il margine lagunare

- Gruppo di barene isolate all'estremità nord-occidentale del bacino: si assiste ad un'ulteriore riduzione areale e progressiva frammentazione dei corpi presenti con perdita complessiva di superficie pari a 0.53 ha; la perdita è in realtà estremamente significativa in quanto corrisponde ben al 42 % della superficie presente nel 1990. Questa tipologia si presenta estremamente interessante come modello di annegamento / frammentazione, il processo erosivo si esplica con la sparizione della barene più piccole, con l'arretramento dei margini di quelle più grandi e la loro frammentazione anche attraverso l'espansione di chiari e la formazione di canali che le attraversano da parte a parte;
- Nell'area corrispondente alla foce del Natissa si assiste alla scomparsa dei piccoli lembi ancora individuabili nel 1990.

Per tutta quest'area è evidente la mancanza di alimentazione che insieme all'esposizione al moto ondoso per il grande fetch disponibile determina una significativa tendenza erosiva.

Barene presso i lidi

Soprattutto per Marina dei Manzi si evidenzia un fenomeno erosivo che interessa soprattutto il margine nordorientale, dove si mostrano evidenti fenomeni di annegamento con regressione della vegetazione delle barene (Fig. 36). Il fenomeno si riscontra in modo meno evidente per Isola Marina di Macia. La perdita complessiva

nell'area di retrobarriera è di 2.52 ha. L'area a barena posizionata davanti a Marina dei Manzi non mostra variazioni di rilievo rispetto al 1990.

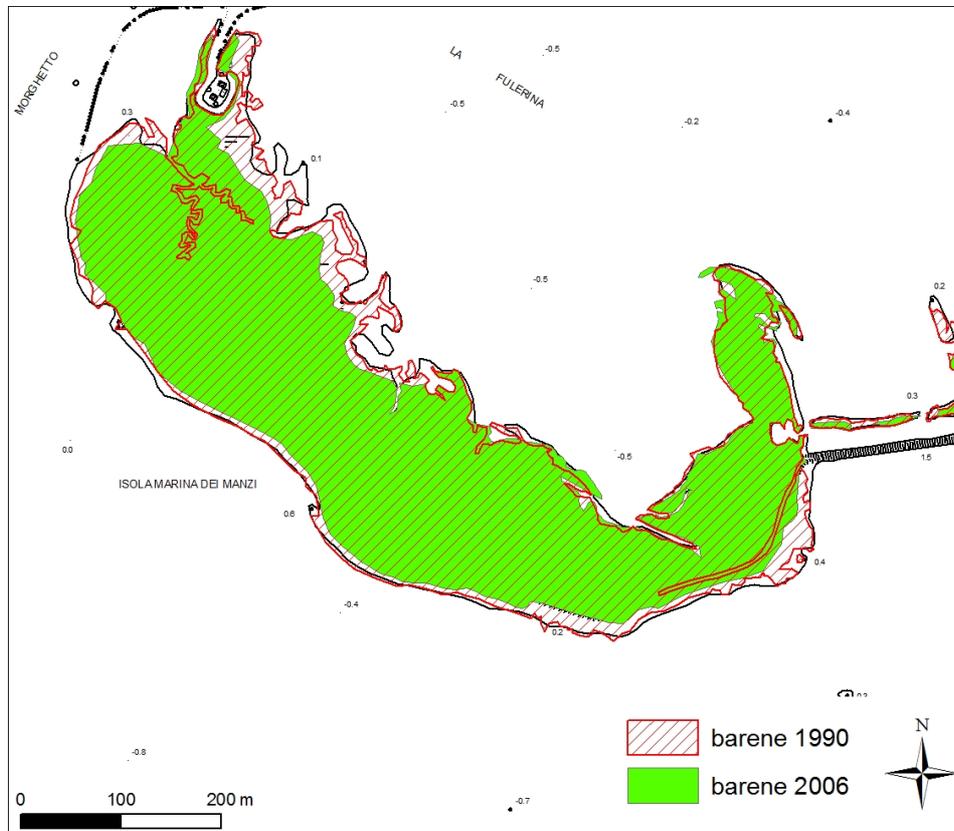


Fig. 36 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, per l'isola di Marina dei Manzi.

Barene di margine di canale

Si discutono di seguito le tendenze evolutive per i singoli casi già descritti la paragrafo 4.1.5.

– Barene adiacenti al **fondale delle Oche**, qui si assiste ad una perdita di superfici pari a 0.5 ha (la superficie era di 1 ha nel 1990 ridotta a 0.5 nel 2006), il fenomeno è molto simile a quello descritto per le barene di margine lagunare, risultato di evidente mancanza di alimentazione e insieme esposizione al moto ondoso per il grande fetch disponibile (fig. 37).

– **Canale delle Mee** presenta frequentemente la scomparsa di piccole barene poste sul margine del canale o la riduzione in superficie di altre. Lungo i canali secondari

affluenti del canale delle Mee in particolare sul lato destro (ad esempio il canale Bacan) le barene appaiono invece stabili, favorite senz'altro dall'essere meno esposte al traffico dei natanti (fig. 38);

– Il fenomeno dell'erosione delle barene di margine di canale appare piuttosto accentuato lungo il primo tratto del **canale Sdrettolo** (fig. 39), che dalla confluenza col canale delle Mee si dirige verso nord, qui l'erosione appare continua dal 1954 e sicuramente imputabile alla presenza della via navigabile unitamente alla mancanza di alimentazione. Un chiaro esempio è la zona situata di fronte all'Isola di Gorgo.

Anche per le barene situate ad est dell'argine Mosconi si evidenziano ampi processi erosivi passando da 2.25 ha nel 1990 a 1.64 ha nel 2006.

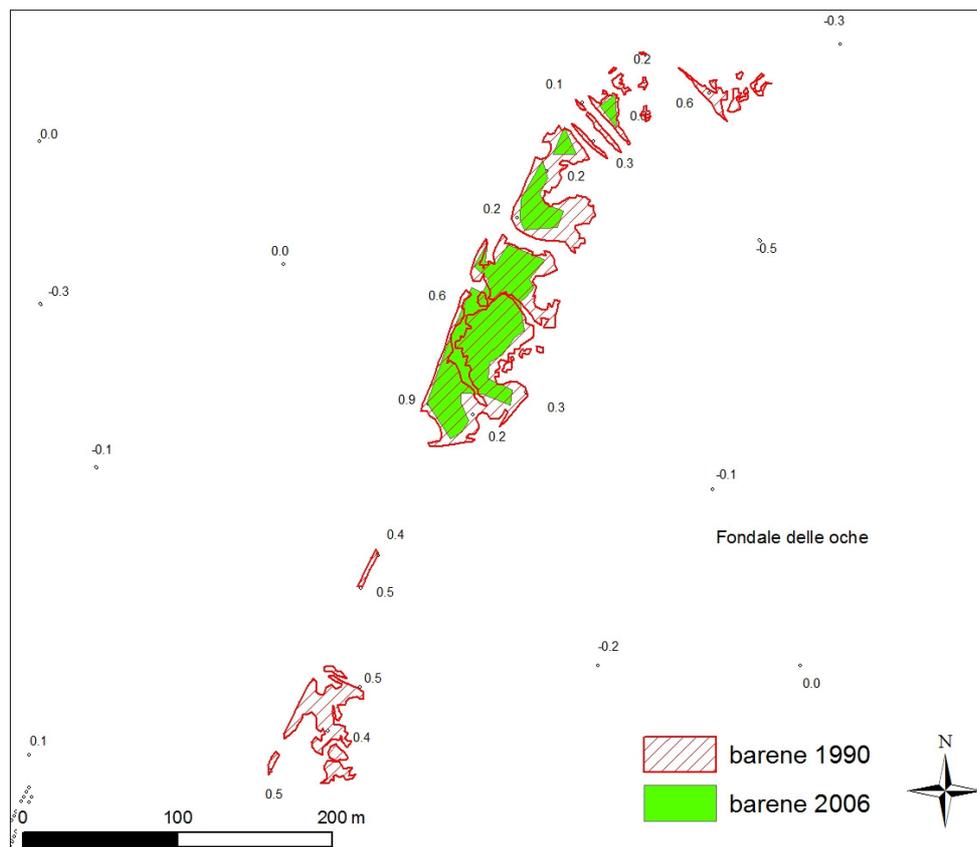


Fig. 37 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, per le barene adiacenti al fondale delle Oche.

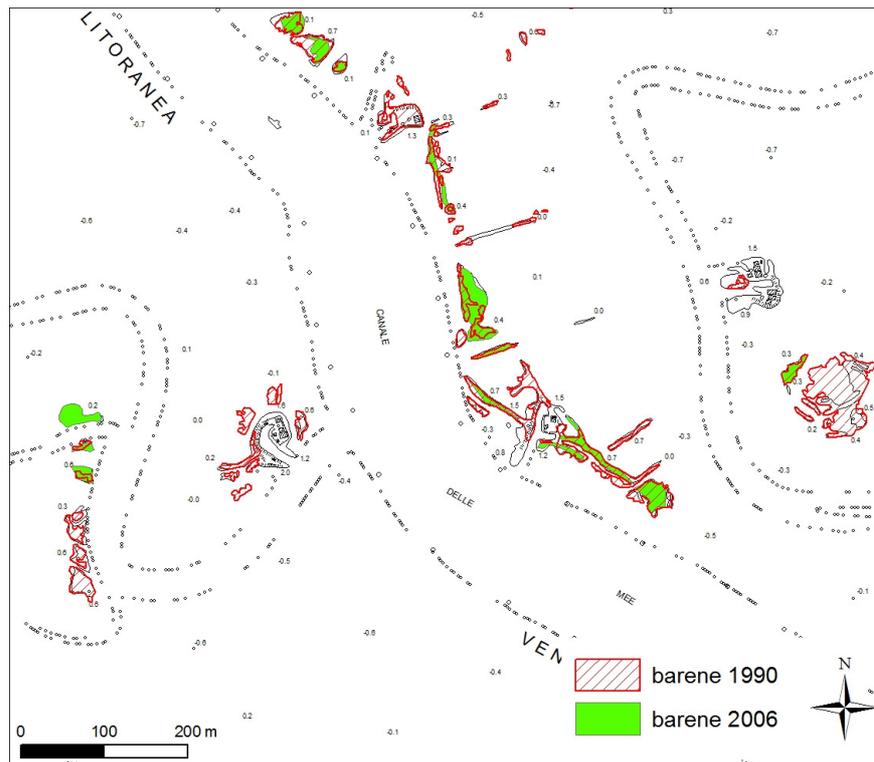


Fig. 38 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell'area del Canale delle Mee.

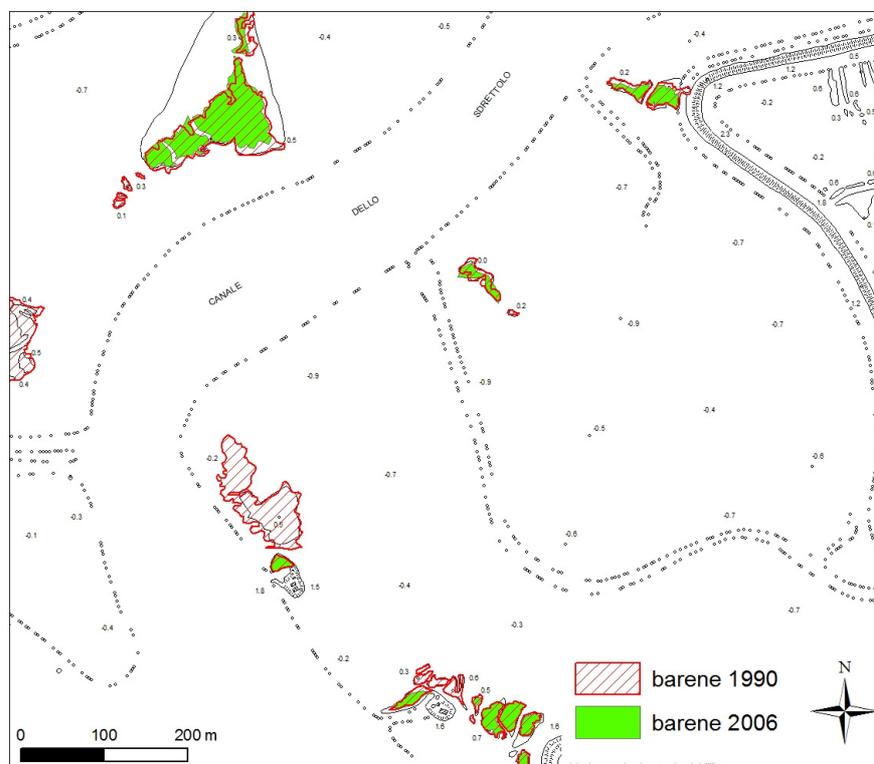


Fig. 39 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell'area del Canale Sdrettolo.

Nel complesso la situazione del bacino di Grado riflette un diffuso processo erosivo e di annegamento, all'interno del quale non è sempre facile individuare le singole forzanti. Per questo motivo la sintesi dei processi riportata in tabella 7 e nel relativo grafico deve essere considerata puramente indicativa. Ciò che risulta evidente dall'analisi fatta, è che varie cause concorrono alla trasformazione in atto che appare irreversibile, mancando praticamente di segnali in controtendenza.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Accrescimento in area di margine di canale	0.6
Annegamento	-5.9
Transito natanti	-2.4
Esposizione al moto ondoso	-1.3
Bilancio totale	-9.0

Tab. 7 - Riepilogo delle modificazioni avvenute nel bacino di Grado, durante il periodo 1990-2006.

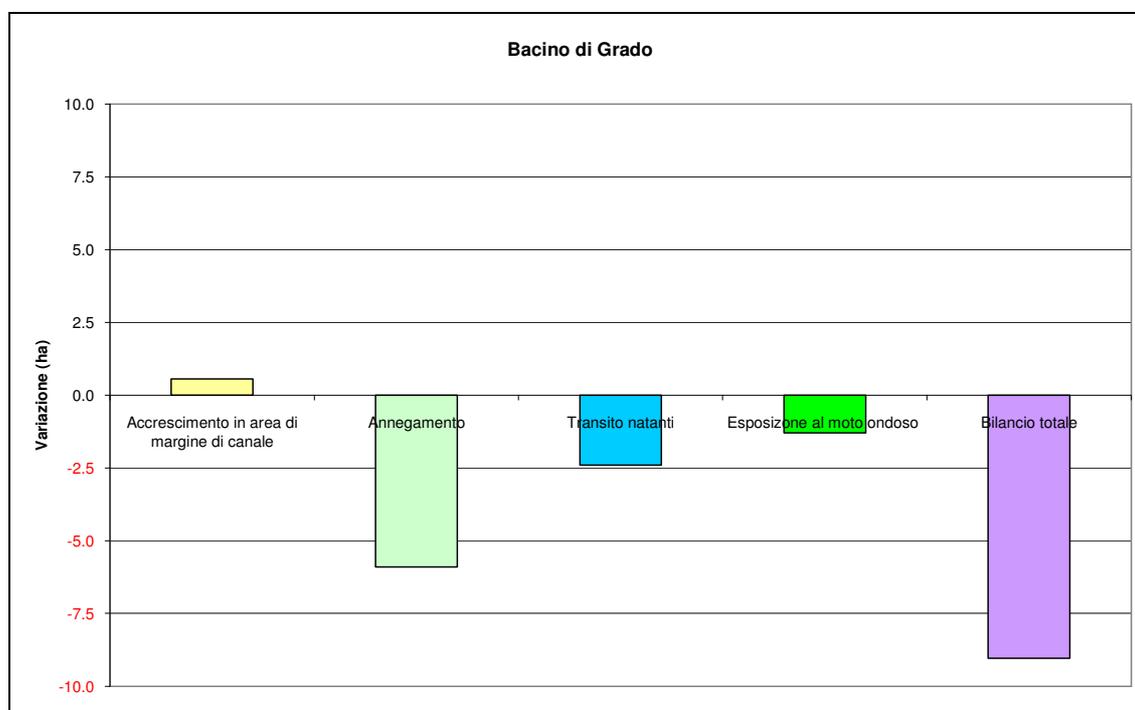


Fig. 40 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Grado.

4.3.6 BACINO DI PRIMERO

Il bacino di Primero che nel periodo precedente (1954-1990) aveva mostrato una significativa fase di erosione delle barene, mostra invece un'inversione di tendenza per il periodo recente (1990-2006) con un incremento pari a 4.3 ha, corrispondenti al 10 % della superficie del 1990. Sono descritti di seguito i casi specifici.

Per le barene lungo i canali, la tendenza è in genere moderatamente erosiva con alcune eccezioni:

- Canale dei Cavegi: i processi erosivi sono diffusi lungo tutto il canale, ma il fenomeno diventa meno evidente da Taglio Tanori alla confluenza col canale Zemola, in questo tratto l'erosione è dovuta in parte ad annegamento (rilevante soprattutto nell'isoletta posta al centro canale di fronte a Case Ribì), ma anche in alcuni casi ad arretramento del margine delle barene lungo il canale (fig. 41).
- Canale di Primero: lungo il primo tratto del Canale di Primero, ossia dalla foce alla confluenza con il canale Cavegi, le barene sono poco presenti, le variazioni danno come risultato una sostanziale stabilità data dalla sommatoria della scomparsa di alcuni lembi presenti nel 1990, compensati però dall'ampliamento di altre aree. Non si evidenzia comunque in questo caso la diffusa erosione ai margini presente lungo altri canali principali della laguna; lungo tutto il resto del corso del canale fino a Taglio Tanori le barene sono limitate ai bordi del canale dalla presenza praticamente continua degli argini delle valli da pesca, occupano quindi strisce in genere poco ampie posizionate tra il canale e l'argine e presentano di conseguenza morfologie poco articolate. Fa eccezione un'area posizionata sul lato sinistro del canale subito ad est della confluenza col canale Cavegi; esso ha subito durante il periodo interessato un processo erosivo abbastanza rilevante (da 1.6 a 0.9 ha) con annegamento, frammentazione dei corpi di maggiori dimensioni e scomparsa dei corpi minori.

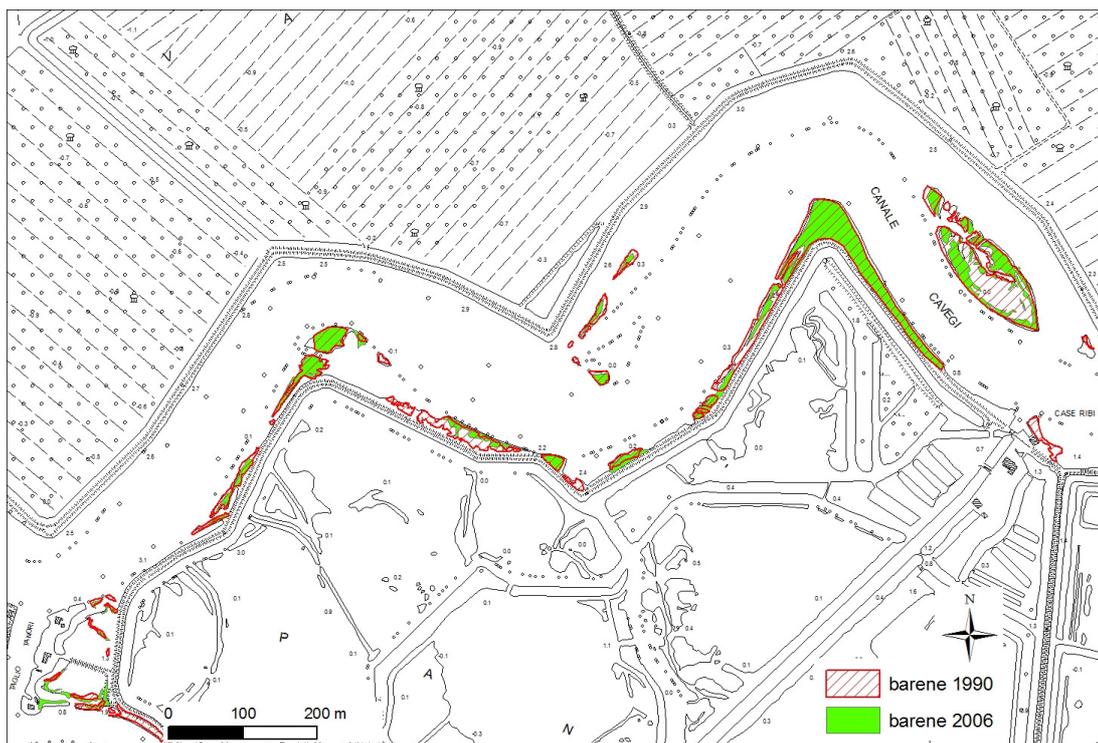


Fig. 41 – Confronto delle superfici a barena per il periodo 1990/2006, nell’area del Canale dei Cavegi.

Relativamente agli apparati di margine di canale la situazione viene discussa di seguito caso per caso.

- a. Apparato di barene di canale tra l’Isola del Lovo e Valle Longal (fig. 42): in questo caso sono visibili dei processi erosivi con un arretramento soprattutto del margine opposto a quello del canale (annegamento), scomparsa delle barene più piccole ed in alcuni casi frammentazione dei corpi maggiori.
- b. Apparato sul lato sinistro del canale di Barbana ad ovest della Valle Verzelai (fig. 43): quest’area corrispondente all’unico tratto del canale non limitato da arginature presenta una morfologia estremamente articolata, canali secondari e ghebi si presentano ben strutturati, l’area presentava nel 1990 una superficie di barena pari a 0.71 ha ampliata nel 2006 a 1.52 ha. Il processo di ampliamento di quest’area presenta un certo margine di incertezza, poiché la morfologie estremamente complessa rendono di difficile interpretazione la foto aerea, questa zona richiederebbe una valutazione diretta ed approfondita delle condizioni attuali;

- c. Apparato di barene di canale tra Frate Zuane e Verzelai (fig. 43): quest'area presenta caratteristiche e tendenza evolutiva analoghe a quella appena descritta, presentava nel 1990 una superficie di barena pari a 3.4 ha ampliata nel 2006 a 6.2 ha.
- d. Tratto terminale del Canale di Simuta (fig. 44): qui è presente un'altra area a barena con caratteristiche simili a quelle descritte ai punti (b) e (c), l'area presenta morfologia articolata con diffusi canali secondari, velme e barene con ghebi. Già nel periodo 1954-1990 vi si riscontrava una certa tendenza all'accrescimento, confermata poi nel periodo più recente. Essa è meno rilevante rispetto ai casi precedenti, ma comunque significativa (da 11.1 ha si passa a 13.11 ha nel 2006).

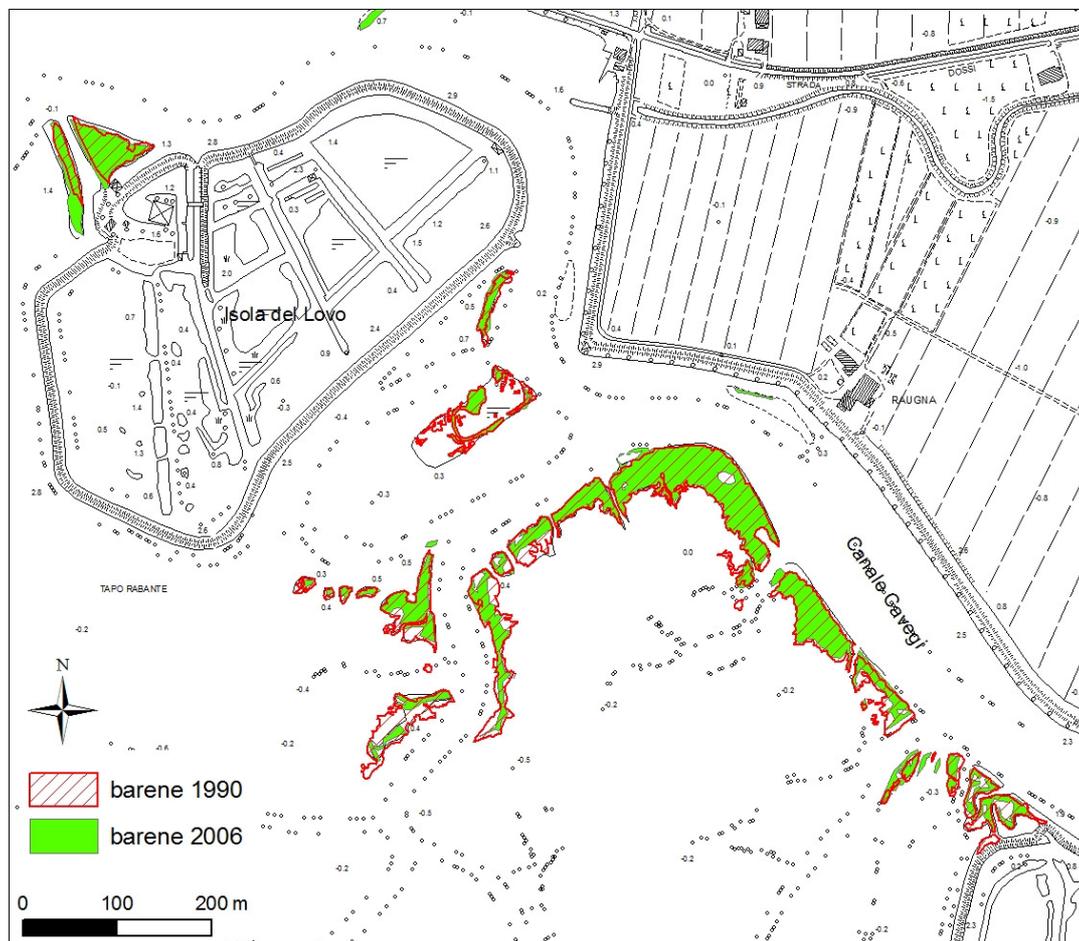


Fig. 42 - Apparato di barene di canale tra l'Isola del Lovo e Valle Longal: in questo caso sono visibili dei processi erosivi con un arretramento soprattutto del margine opposto a quello del canale (annegamento), scomparsa delle barene più piccole ed in alcuni casi frammentazione dei corpi maggiori.

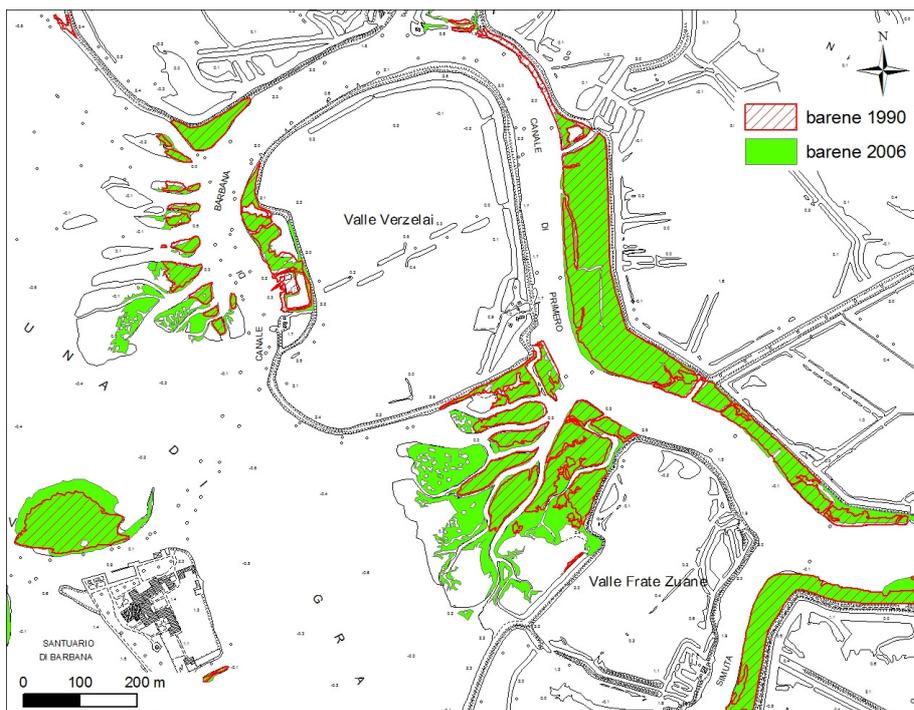


Fig. 43 - I due apparati di barene di margine di canale che hanno subito i più significativi accrescimenti durante il periodo 1990/2006, vedi punti (b) e (c) nel testo.

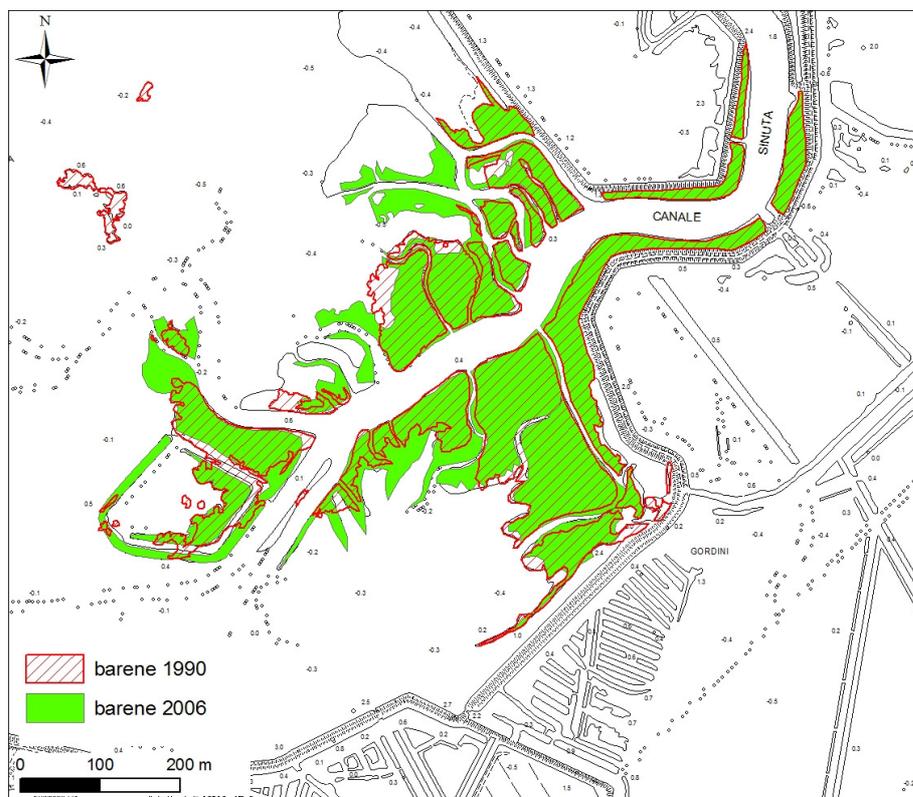


Fig. 44 - Apparato di barene di margine di canale localizzato nella porzione terminale del Canale di Simuta, vedi punto (d) nel testo

La sintesi delle trasformazioni avvenute (schematizzata in tabella 8 e nel relativo grafico) indica come la situazione del bacino di Primero mostri un bilancio complessivo positivo, determinato da estesi accrescimenti nelle aree dove si sviluppano apparati di barene di margine di canale. Questi accrescimenti superano quantitativamente (almeno in termini di superfici coinvolte) le erosioni che si riscontrano lungo i canali navigabili. Ciò starebbe ad indicare che il bacino riceve una certa quantità di sedimenti dall'esterno e quindi dalla bocca di Primero.

Riepilogo bacino	Variazione (ha) 1990-2006
Accrescimento in area di margine di canale	6.8
Annegamento	-2.3
transito natanti	-0.7
Bilancio totale	3.9

Tab. 8 - Riepilogo delle modificazioni avvenute nel bacino di Primero, durante il periodo 1990-2006.

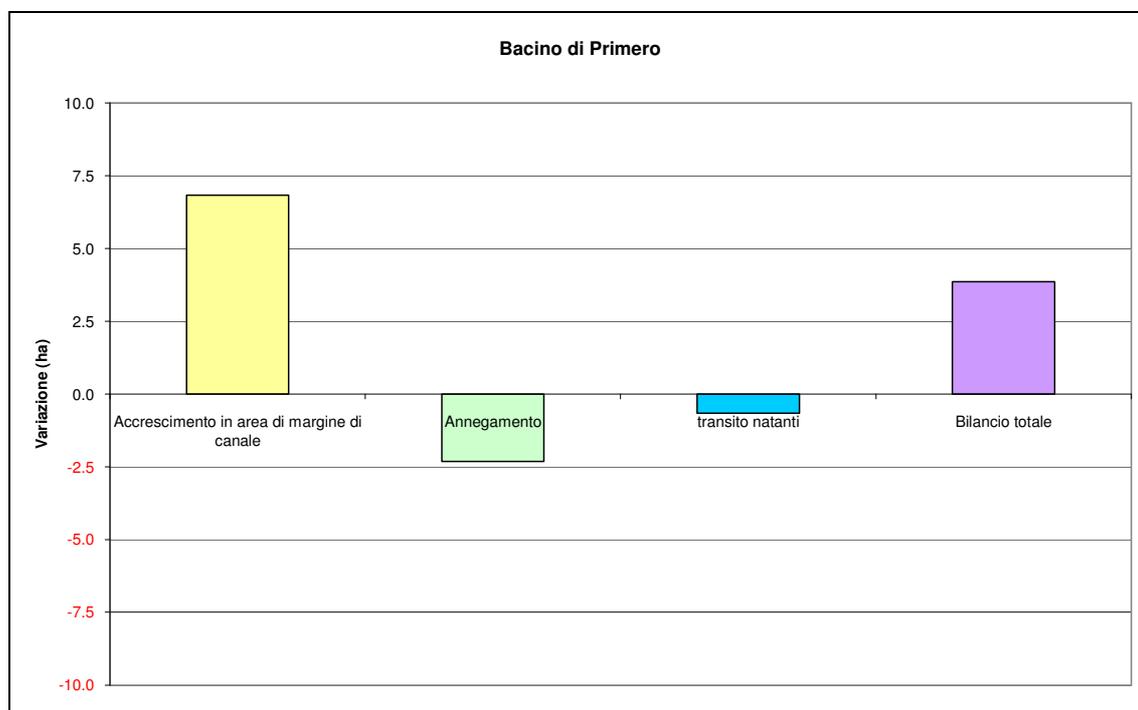


Fig. 45 – Istogramma che rappresenta la suddivisione e quantificazione dei fenomeni erosivo / deposizionali in atto nel periodo 1990/2006, nel bacino di Primero.

5. CONCLUSIONI

Dall'analisi aerofotogrammetrica effettuata nell'ambito delle lagune di Marano e Grado, per i periodi 1954-1990 e 1990-2006 è stata ricavata una visione complessiva delle trasformazioni nell'ambiente lagunare relativamente al suo più importante indicatore geomorfologico, le barene (tabella 9).

bacino	2006 (ha)	1990 (ha)	variazione (ha)	%	interventi antropici (ha)	variazioni "naturali"	tasso di accumulo / erosione (ha /anno)*
Marano	497,17	526,1	-28,93	-5,50	-18,00	-10,93	-0,68
S. Andrea	35,67	40,93	-5,26	-12,85	0	-5,26	-0,33
Porto Buso	119,31	127,84	-8,53	-6,67	-3,49	-5,04	-0,32
Morgo	12,66	11,43	1,23	10,76	0	1,23	0,08
Grado	52,77	61,83	-9,06	-14,65	0	-9,06	-0,57
Primero	46,66	42,4	4,26	10,05	0	4,26	0,27
Totale	764,24	810,53	-46,29	-5,71	-21,49	-24,8	-1,55

	1990 (ha)	1954 (ha)	variazione (ha)	%	interventi antropici (ha)	variazioni "naturali"	tasso di accumulo / erosione (ha /anno)*
Marano	526,1	487,63	38,47	7,89	-11,71	50,18	3,14
S. Andrea	40,93	74,92	-33,99	-45,37	-24,92	-9,07	-0,25
Porto Buso	127,84	165,71	-37,87	-22,85	-39,00	1,13	0,03
Morgo	11,43	7,62	3,81	50,00	0	3,81	0,11
Grado	61,83	112,58	-50,75	-45,08	-4,22	-46,53	-1,29
Primero	42,4	59,79	-17,39	-29,09	-4,55	-12,84	-0,36
Totale	810,53	908,25	-97,72	-10,76	-84,40	-13,32	-0,37

Tabella 9 – Dati complessivi sull'evoluzione delle barene ricavata dall'analisi effettuata per i periodi 1954-1990 e 1990-2006. Il tasso di accumulo /erosione dell'ultima colonna si riferisce alla sole variazioni "naturali", come spiegato più avanti nel testo.

Grazie alla buona qualità delle foto più recenti rispetto a quelle del 1954, il confronto delle annate 1990 e 2006 ha consentito inoltre di effettuare un'analisi di dettaglio caso per caso all'interno di ciascun bacino, giungendo ad una prima classificazione e quantificazione delle tipologie erosive o deposizionali ed ipotizzando per ciascuna una forzante predominante. Non sempre l'identificazione delle forzanti è possibile in modo

chiaro ed univoco, sia perché spesso esse non si presentano distinte bensì agiscono in concomitanza, sia perché la tipologia di analisi effettuata ha dei limiti ben precisi.

Il primo elemento importante che emerge è la grande differenziazione esistente tra bacino e bacino. Essi infatti si comportano come entità separate sia nel bilancio complessivo, sia nel ruolo giocato dalle singole forzanti. La mancanza di un comportamento unitario dell'intera laguna fa intendere come siano chiaramente predominanti le forzanti a breve termine (quali il moto ondoso naturale, il moto ondoso indotto dai natanti, la subsidenza, l'input sedimentario dei fiumi, le modificazioni antropiche sia indirette che dirette), rispetto alle forzanti che agiscono sul lungo termine, primo fra tutti l'eustatismo.

Un altro aspetto che emerge con chiarezza è l'importanza degli interventi antropici diretti, che consistono nell'eliminazione di aree a barena attraverso escavi o bonifiche. Questo tipo di interventi hanno interessato i bacini di Marano e Buso nel periodo più recente e soprattutto Marano, Sant'Andrea e Buso per il periodo 1954-1990. È necessario far notare che gran parte di questi interventi sono stati realizzati prevalentemente sui lidi, che limitano la laguna verso mare. I lidi costituiscono il luogo su cui si è focalizzata la distruzione diretta delle barene nell'ultimo mezzo secolo, mentre la maggior parte degli interventi di arginatura all'interno dello specchio lagunare erano già stati eseguiti nel periodo precedente al 1954, analogamente a quelli di bonifica del territorio perilagunare.

Solo escludendo dal bilancio gli interventi antropici diretti, si può avere un'idea delle modificazioni "naturali" avvenute in laguna nei due periodi considerati (fig. 46). Il concetto di naturalità deve essere applicato con tutte le limitazioni del caso, essendo l'ambiente lagunare nel suo complesso profondamente modificato dall'uomo ed essendo le influenze degli interventi antropici estremamente significative. Esse si sono esplicate infatti attraverso la regimazione delle bocche lagunari, le modifiche dell'assetto dei canali interni alla laguna, le modifiche sul bacino scolante con gli interventi agricoli che regolano l'afflusso dell'acqua e l'input sedimentario, le sistemazioni fluviali sugli affluenti in laguna, il traffico di natanti, ecc.

Se si eccettuano i bacini di Morgo e Primero, il bilancio delle trasformazioni “naturalì” delle superfici a barena risulta negativo nel periodo più recente, mostrando un’exasperazione dei fenomeni erosivi rispetto al periodo precedente, come si può verificare confrontando i dati relativi ai tassi di erosione per i due periodi. Per Marano e Buso si assiste addirittura ad un’inversione di tendenza, poiché nel periodo 1954-1990 i due bacini mostravano fasi di accrescimento marcato per Marano, di sostanziale stabilità per Buso. Caso del tutto anomalo è rappresentato dal bacino di Primero che, interessato da sostanziali fenomeni erosivi durante il primo periodo, sembra attraversare ora una fase di accrescimento localizzato laddove le barene hanno uno sviluppo “naturale”, ossia non sono limitate dalla presenza degli argini delle valli da pesca.

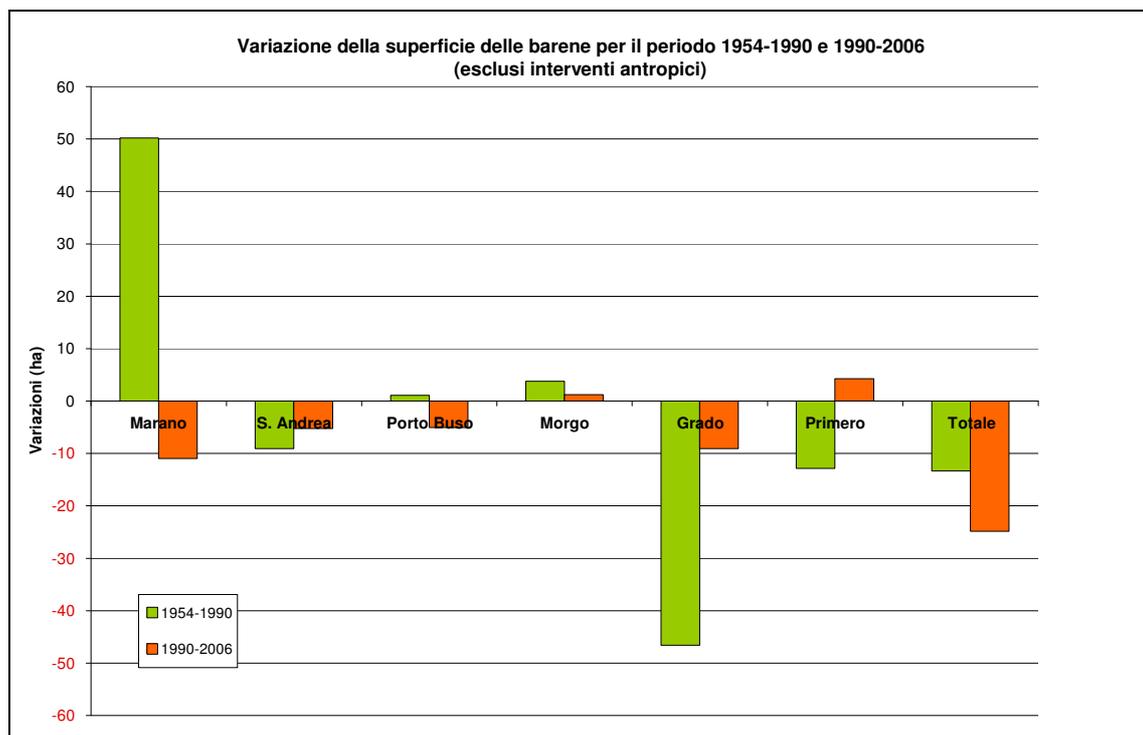


Fig. 46 - Modificazioni “naturalì” avvenute in laguna nei due periodi considerati

Per i fenomeni erosivi (cfr grafico di fig. 47) la principale forzante sembra essere la subsidenza, in secondo luogo il transito dei natanti e il moto ondoso naturale, piuttosto che la componente eustatica dell’innalzamento del livello del mare che, in ogni caso,

facendo aumentare il battente d'acqua (di circa 5/6 cm tra il 1954 e il 2006), tende ad amplificare gli altri fenomeni.

In numerosi casi infatti, la subsidenza locale derivante da una compattazione del sedimento argilloso e della torba, ha dato origine a veri e propri fenomeni di sommersione delle barene, come nel caso delle barene di retrobarriera, posizionate alle spalle dell'isola di Martignano . L'ingressione marina all'interno dei chiari, ha portato al progressivo allagamento delle zone a più basso gradiente lasciando emerse solo le quote più elevate in prossimità dei canali, dove prevalgono i processi di sedimentazione delle acque incanalate, o vicino alle isole. Nonostante non si disponga di misurazioni effettive dei tassi di accrescimento verticale delle barene, in alcune zone il grado di destabilizzazione è tale da presupporre che l'apporto sedimentario che giunge in laguna non sia sufficiente a garantire la compensazione dei fenomeni di erosione, subsidenza e relativo eustatismo, con la conseguente inondazione dell'apparato.

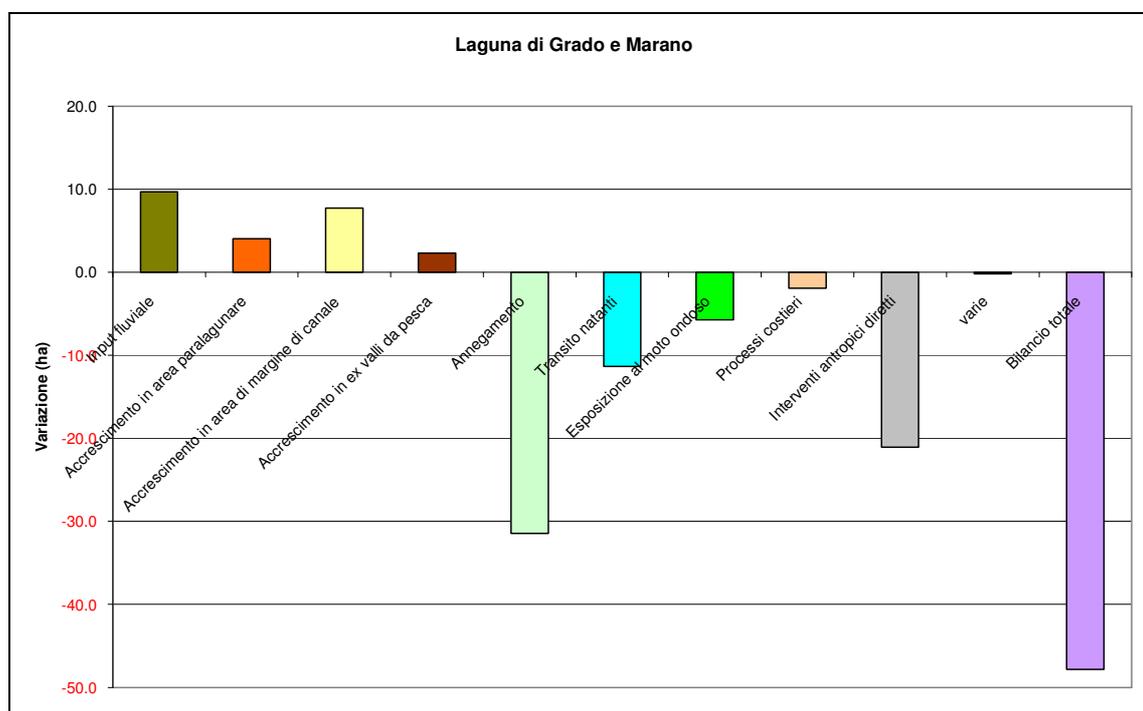


Fig. 47 – Tipologia dei fenomeni riscontrati nel periodo 1990-2006

In corrispondenza delle barene di margine di canale si riscontra frequentemente un meccanismo di arretramento del margine e di frammentazione del corpo che, in seguito ad una generale riduzione dell'estensione e ad un'incisione sempre più marcata dei ghebi, è giunto in alcuni casi al suo ultimo stadio, riducendo le barene a dei semplici piccoli isolotti. Frequenti sono, infatti, i margini dominati da un ripido gradino o comunque frastagliati da profonde incisioni a conferma di un'esposizione al moto ondoso indotto dal traffico dei natanti.

Fenomeni molto simili dal punto di vista morfologico, sopraggiungono anche per le barene relitte, come le Mandragole, situate in prossimità della conterminazione lagunare. In questo caso le marcate evidenze di un'azione erosiva sottolineano come nonostante si tratti di zone lontane dalla "laguna attiva", l'incidenza del moto ondoso, in questo caso naturale, sia comunque rilevante. L'ampio fetch su cui possono contare i venti di Scirocco e di Bora, favorito dalla scomparsa stessa delle barene antistanti, alimentano in questa zona l'idrodinamismo lagunare, che risulta significativo anche in aree normalmente tranquille.

I processi di accrezione sono meno importanti dal punto di vista quantitativo ma estremamente interessanti per capire le dinamiche in atto e i segnali locali di ripresa. Essi sono in gran parte da attribuire agli input fluviali anche se di pertinenza quasi esclusiva del il bacino di Marano. In secondo luogo assumono una certa importanza i processi di espansione delle barene legati ai dinamismi prettamente lagunari ma solo nei bacini di Morgo e Primero, e nell'ambiente protetto degli specchi d'acqua paralagunari formati in tempi recenti tra i lidi ed i banchi esterni. Da ultimo in termini di importanza quantitativa vi è la sedimentazione in aree protette costituite da ex valli da pesca. I processi sedimentari di deposizione tipicamente lagunari, si esplicano quindi soprattutto in aree particolarmente protette, sia dal moto ondoso naturale che da quello indotto dal traffico di natanti. In queste aree il tasso di sedimentazione sembra prevalere su quello naturale di compattazione dei sedimenti e sull'innalzamento del livello del mare. Queste situazioni possono essere una buona occasione di studio ed approfondimento delle conoscenze delle dinamiche di espansione delle barene.

I fenomeni appena descritti e la loro quantificazione, effettuata col solo ausilio dell'analisi da foto aerea e di alcuni sopralluoghi, rappresentano solo un primo passo per una più approfondita base conoscitiva dei fenomeni in atto.

Per una conoscenza più accurata e puntuale di questi aspetti sarebbe necessario disporre di altre informazioni specifiche, che richiedono una ben più lunga e complessa raccolta di dati:

- batimetria di dettaglio della laguna e quindi delle velme e dei canali
- subsidenza specifica delle aree lagunari
- tassi di sedimentazione sulla barene
- idrodinamismo
- caratterizzazione topografica delle barene
- caratterizzazione dei sedimenti delle barene
- apporto solido in laguna da parte del bacino scolante
- apporto solido in laguna proveniente dalle bocche.

6. BIBLIOGRAFIA

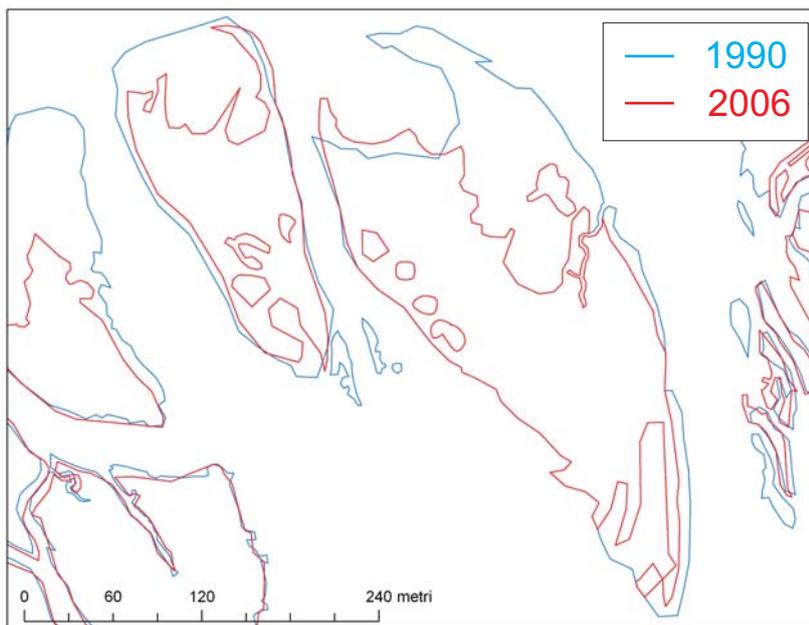
- ADNITT C., BREW D., COTTLE R., HARDWICK M., JOHN S., LEGGETT D., MCNULTY S., MEAKINS N. e STANILAND R., 2005 - *Saltmarsh management manual*. Environmental Agency
- ALBANI A. D., FAVERO V. e SERANDREI BARBERO R., 1983 - Apparatii intertidali della laguna di Venezia, *Laguna, fiumi, lidi: cinque secoli di gestione delle acque nelle Venezia*, Venezia 10-12 giugno 1983, Grafiche «La Press»: 221-228 p.
- ALBANI A., FAVERO V. e SERANDREI BARBERO R., 1984 - Apparatii intertidali ai margini di canali lagunari. Studio morfologico, micropaleontologico e sedimentologico. In: *Rapporti e studi* (Ed. Istituto Veneto di Scienze L. e. A.), Venezia: Palazzo Loredan. Vol. IX: 137-161 p.
- ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G., STOCCHI P. (2009) Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines. *Quaternary International*, 206: 102-133
- BAILY B. & PEARSON A. W., 2007 - Change detection mapping and analysis of salt marsh areas of Central Southern England from Hurst Castle Spit to Pagham Harbour. *Journal of Coastal Research*, 23 (6): 1549-1564.
- BRAMBATI A., 1988 - Lagune e stagni costieri: due ambienti a confronto. In: *Le lagune costiere: ricerca e gestione* (Ed. Istituto di Geologia e Paleontologia U. d. T.): 9-33 p.
- BRAMBATI A., 1996 - *Metalli pesanti nelle lagune di Marano e Grado: piano di studi finalizzato all'accertamento della presenza di eventuali sostanze tossiche persistenti nel bacino lagunare di Marano e Grado ed al suo risanamento*, Trieste
- CECCONI G., DAY J. W., RISMONDO A., SCARTON F. e ARE D., 1998 - Relative sea level rise and Venice lagoon wetlands. *Journal of Coastal Conservation* 4:27-34.
- DAY J. W., SCARTON F., RISMONDO A. e ARE D., 1998 - Rapid Deterioration of a Salt Marsh in Venice Lagoon. Italy. *Journal of Coastal Research*, 14 (2): 583-590.
- DORIGO L., 1965 - *La laguna di Grado e le sue foci* Ufficio idrografico Magistrato delle acque, Venezia Ricerche e rilievi idrografici: 231 pp.
- FONTOLAN G., PILLON S. e FACHIN G. (2009) Multidecadal salt marsh evolution in the northern Adriatic lagoons, Italy: erosional styles and morphological adaptation to transgressive forcings. II Workshop Vector, Roma 25-26 Febbraio 2009.
- <http://vector-conisma.geo.unimib.it/files/II%20workshop/orali/Fontolan.pdf>
- GATTO F. & MAROCCO R., 1992 - Caratteri morfologici ed antropici della Laguna di Grado (Alto Adriatico). *Gortania*, 14: 19-42.

- MOSETTI F., 1983 - Sintesi sull'idrologia del Friuli - Venezia Giulia. In: *Quaderni dell'Ente Tutela Pesca - Udine, Vol. 6.*
- POLDINI L., ORIOLO G., VIDALI M., TOMASELLA M., STOCH F. & OREL G., 2006. *Manuale degli habitat del Friuli Venezia Giulia. Strumento a supporto della valutazione d'impatto ambientale (VIA), ambientale strategica (VAS) e d'incidenza ecologica (VIEc). Region. Autonoma Friuli Venezia Giulia. Direz. Centrale Ambiente e Lavori Pubblici – Servizio valutazione impatto ambientale, Univ. Studi Trieste – Dipart. Biologia, <http://www.regione.fvg.it/ambiente.htm>*
- RINALDO A., MARANI A., MARANI M. e SILVESTRI S., 2000 - Vegetazione alofila e morfologia lagunare. *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Tomo CLVIII: 333-358.*
- RUSCONI A., 1987 - *Variazione delle superfici componenti il bacino lagunare.* Ufficio Idrografico, Venezia, Pubblicazione n.160.
- SARRETTA A., PILLON S., MOLINAROLI E., GUERZONI S. e FONTOLAN G. (2009) Sediment budget in the Lagoon of Venice. *Continental Shelf Research.* [doi:10.1016/j.csr.2009.07.002.](https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.07.002)
- SARTORI M., 1995 - *Caratteri morfodinamici e sedimentologici della bocca lagunare di S. Andrea (Laguna di Marano),* Università degli Studi di Trieste: 99p.
- SEGALA C., 1999 - *Morfodinamica sedimentaria ed aspetti evolutivi del sistema di bocca di S.Andrea - isola di Martignano,* Università degli studi di Venezia: 98 pp.

ALLEGATO
Schede sinottiche delle tipologie evolutive

E1

Stile evolutivo: annegamento
Forzante: subsidenza / deficit sedimentario



Esempio 1 - Bacino di Sant'Andrea: barene di retrobarriera alle spalle dell'Isola di Martignano (FOTO 1)

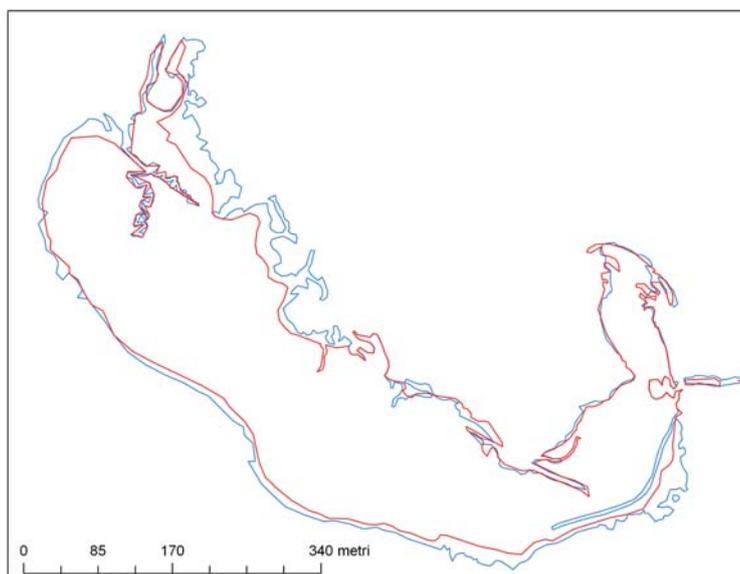
Descrizione:

Fenomeno riscontrato soprattutto sulle barene di retrobarriera e di margine di canale: consiste in un arretramento del margine sul lato meno ripido della barena dove, questa si raccorda con le velme antistanti.

Si assiste ad una regressione della vegetazione ed una conversione da barena a velma. L'allagamento della porzione retrostante e più depressa del complesso di barene potrebbe essere avvenuta in seguito a fenomeni di subsidenza localizzata, per un effetto di compattazione del sedimento del terreno di barena, non sufficientemente compensato da nuovi apporti. Il fenomeno non è di facile interpretazione e solamente un'analisi diretta dei siti potrà fornire spiegazioni più esaurienti.

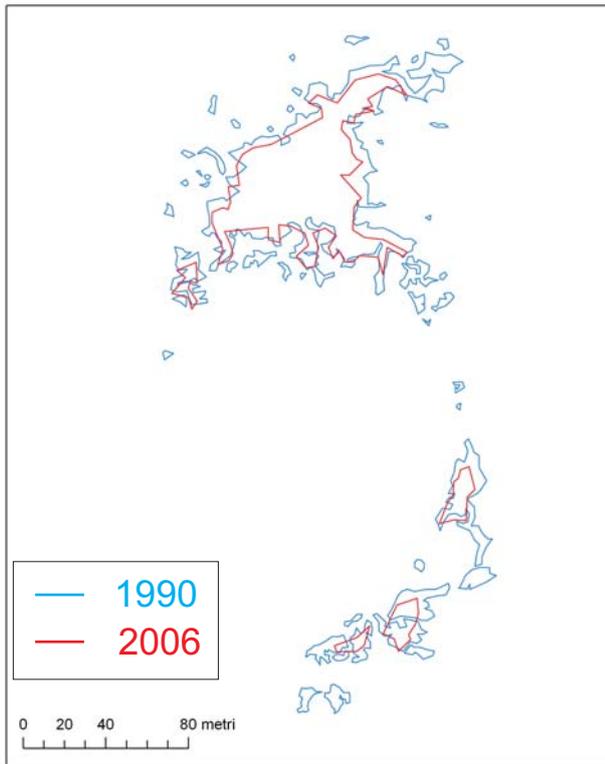
FOTO 1

Esempio 2 - Bacino di Grado: Isola Marina dei Manzi



E2

Stile evolutivo: arretramento dei margini / frammentazione
Forzante: moto ondoso

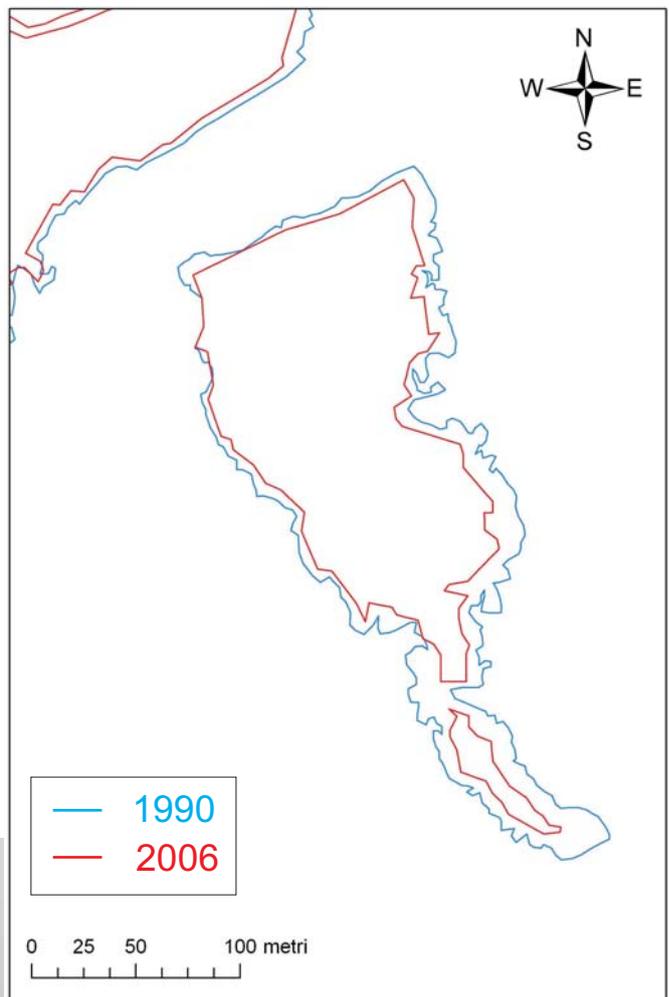


Esempio 1 - Bacino di Grado: barene isolate ad ovest della foce del Natissa

Descrizione:

Fenomeno riscontrato soprattutto sulle barene isolate, non legate agli apparati di canale; è frequente sulle barene relitte dell'antica pianura. Consiste in un arretramento dei margini a cui si associa spesso un'incisione sempre più marcata dei ghebi, che può avere come conseguenza la frammentazione dei corpi, con la completa scomparsa di quelli minori.

Il fenomeno è sicuramente legato all'erosione indotta dal moto ondoso, specie quando le barene sono esposte ad un ampio fetch.



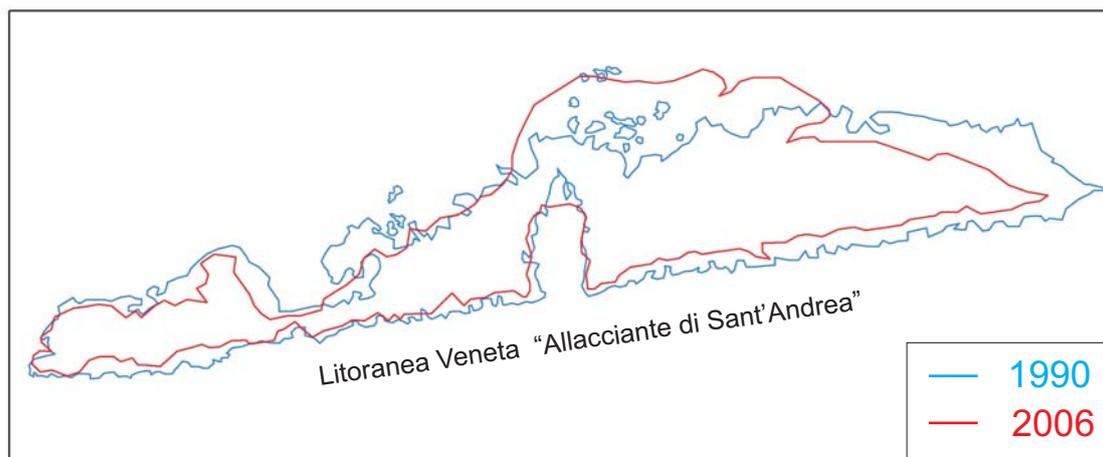
Esempio 2 - Bacino di Marano: isole dei Bioni; in foto 1 l'etremità meridionale ridotta a piccolo lembo residuo

FOTO 1



E3

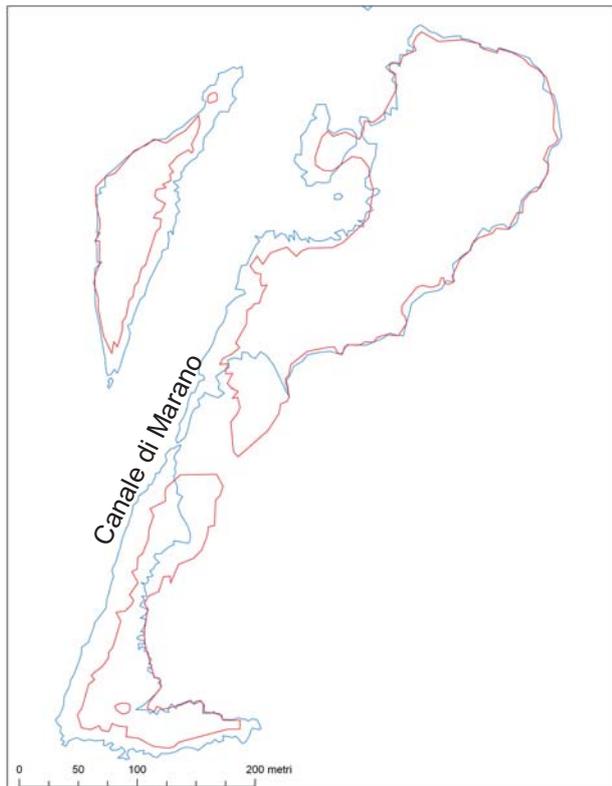
Stile evolutivo: arretramento del ciglio
Forzante: moto ondoso indotto da transito natanti



Esempio 1 - Bacino di Marano: barena lungo la porzione di Litoranea Veneta denominata "Allacciate di Sant'Andrea in bacino di Marano (foto 1)

Descrizione:

Caratteristico delle barene situate ai margini dei canali navigabili, le quali subiscono nel corso del tempo una vistosa erosione del margine sul lato canale, causata dal moto ondoso indotto dai natanti in transito. E' un fenomeno diffuso in tutta la laguna, soprattutto lungo le principali vie di comunicazione. Nei casi più eclatanti porta a notevole riduzione della barena in termini areali ed alla sua frammentazione. Frequentemente si cerca di impedire questa tipologia erosiva proteggendo il margine delle barene con palizzate o massicciate.

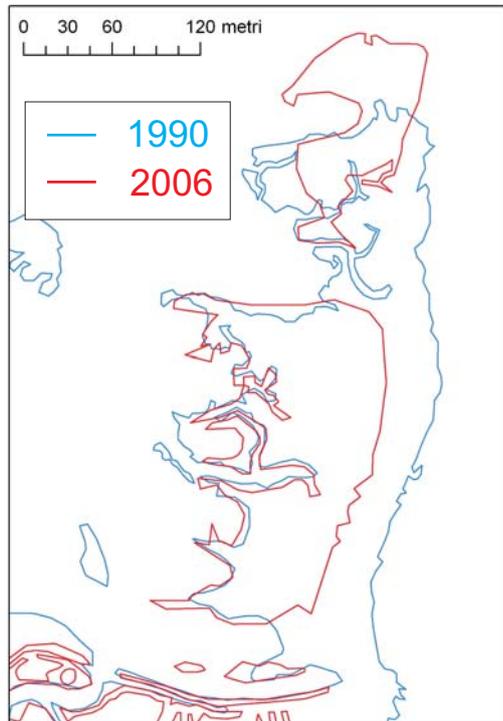


Esempio 2 - Bacino di Marano: lungo il Canale di Marano il fenomeno è evidente su entrambi i lati del canale (foto 2)

FOTO 1**FOTO 2**

E4

Stile evolutivo: arretramento del margine / sommersione di sabbia / apertura di washover
Forzante: dinamica costiera / moto ondoso



Esempio - Bacino di Sant'Andrea: barene sul margine occidentale della bocca (Foto 1,2,3).

FOTO 1 - Sul lato rivolto alla bocca della sottile spiaggia che borda il canale affiorano i vecchi corpi di barena, ormai sommersi, a testimoniare la posizione storica delle barene prima della migrazione della bocca.



FOTO 2 - Esondazione di corpi sabbiosi sulla vegetazione barenicola.



FOTO 3 - Foto aerea del 1990: esempio di rotta sul margine della bocca



Descrizione:

Fenomeno riscontrato in corrispondenza della bocca lagunare di Sant'Andrea, ma che può interessare anche altre barene presenti nelle aree adiacente ai banchi sabbiosi esterni. Nel caso specifico di Sant'Andrea si assiste ad un arretramento progressivo della sottile striscia di spiaggia, che separa le barene dal canale della bocca. I fenomeni erosivi indotti dalla tendenza della bocca a migrare verso ovest, inducono fenomeni trasgressivi con esondazione di corpi sabbiosi verso la laguna (Foto 2), sommergendo le aree barenicole. In alcuni casi l'erosione porta all'apertura di nuovi canali con andamento perpendicolare rispetto al margine della barena.

E5

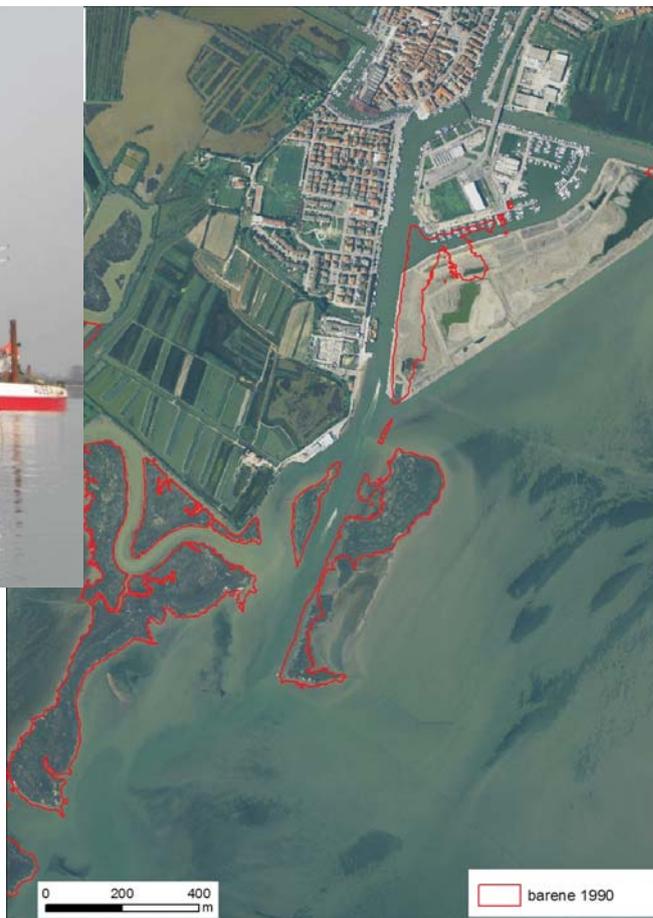
Stile evolutivo: eliminazione della barena tramite escavo o tombamento

Forzante: intervento antropico diretto

FOTO 1



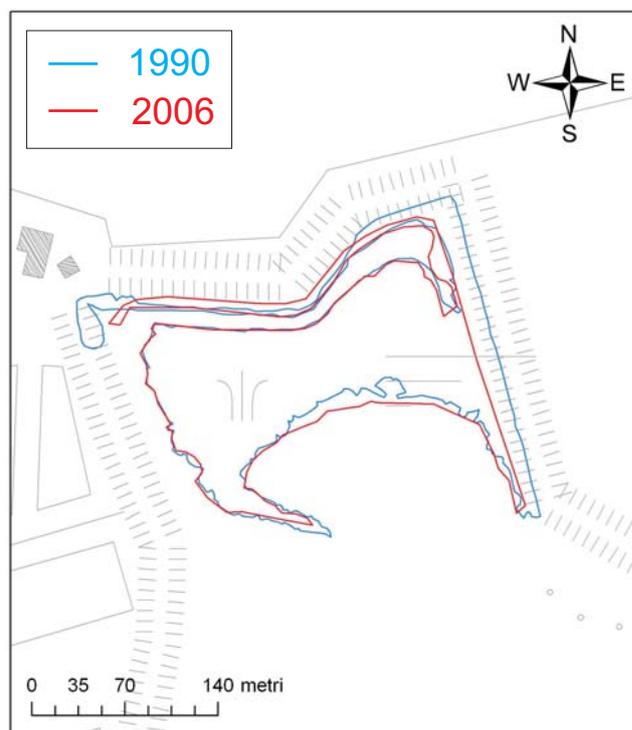
Esempio 1 - Bacino di Marano: cassa di colmata vicino al Porto di Marano (cfr Foto 1).



Descrizione:

Fenomeno riscontrato soprattutto nel bacino di Marano e in secondo luogo per quello di Buso, consiste nella distruzione di barene per costruzione di casse di colmata, riassetto degli argini di conterminazione, ampliamento di valli da pesca.

Nonostante la fragilità dell'ambiente lagunare e la già elevata antropizzazione, questi interventi hanno ancora un peso elevato nel bilancio complessivo di trasformazione delle barene.

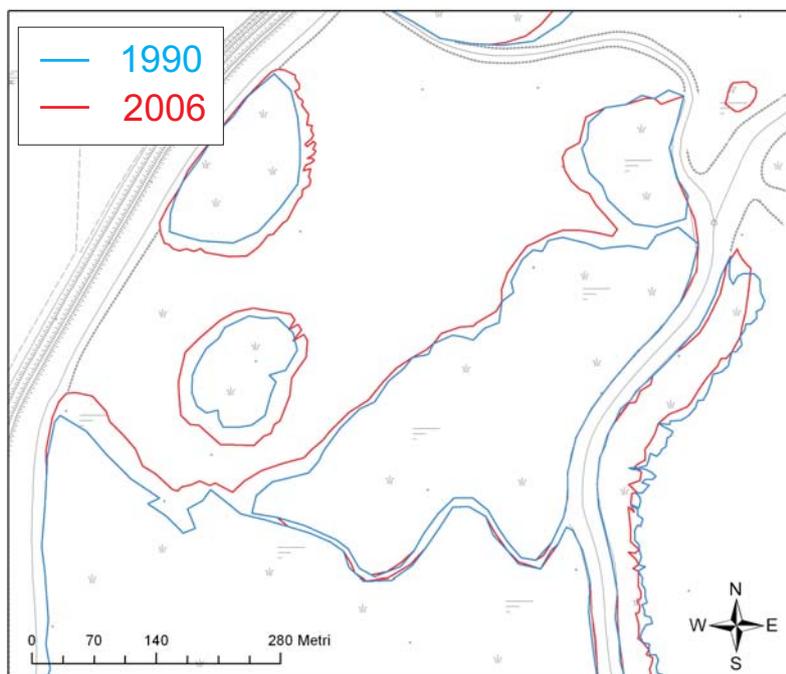


Esempio 2 - Bacino di Buso: riduzione della barena per riassetto degli argini

A1

Stile evolutivo: neoformazione di barene, ampliamento di barene esistenti

Forzante: input fluviale in area di gronda lagunare



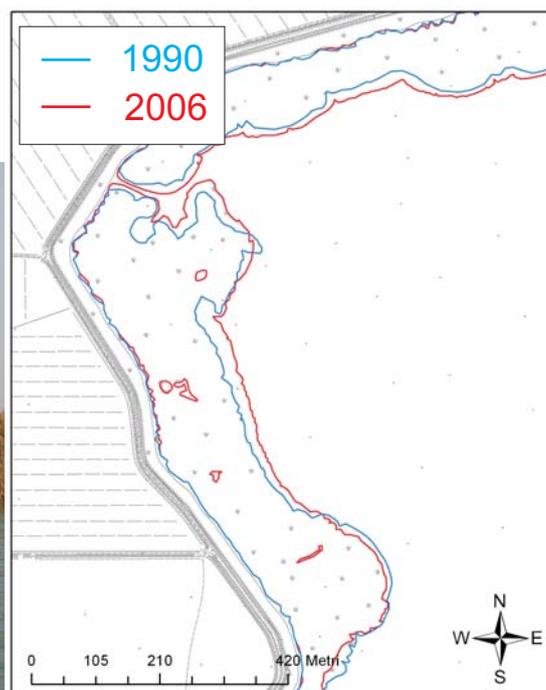
Esempio 1 - Bacino di Marano: zona in accrescimento sul lato occidentale della Secca di Muzzana

Descrizione:

Fenomeno riscontrato in area di gronda lagunare o di delta endolagunare. Interessa soprattutto il bacino di Marano dove sono ancora significativi gli apporti fluviali. I sedimenti fini provenienti dal bacino scolante giungono in laguna e sedimentano soprattutto nelle zone più protette. Si può assistere quindi all'ampliamento delle barene con colmamento di piccole baie o insenature, favorito nel processo di accumulo dal proliferare della vegetazione.

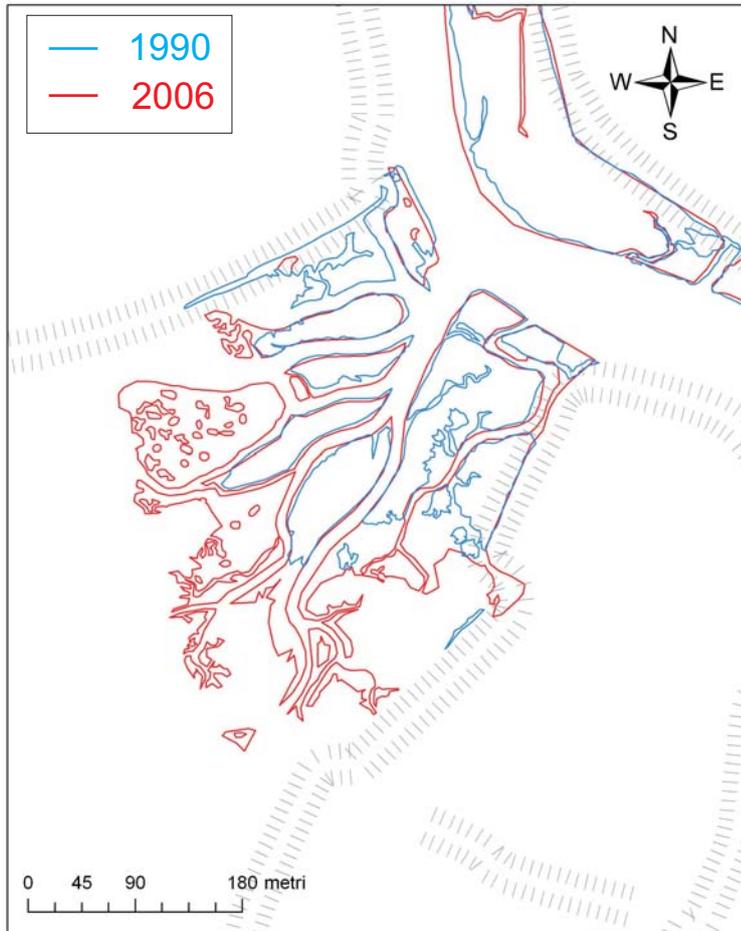
Esempio 2 - Bacino di Marano: zona in accrescimento sul lato occidentale della Secca di Muzzana (cfr foto 1)

FOTO 1



A2

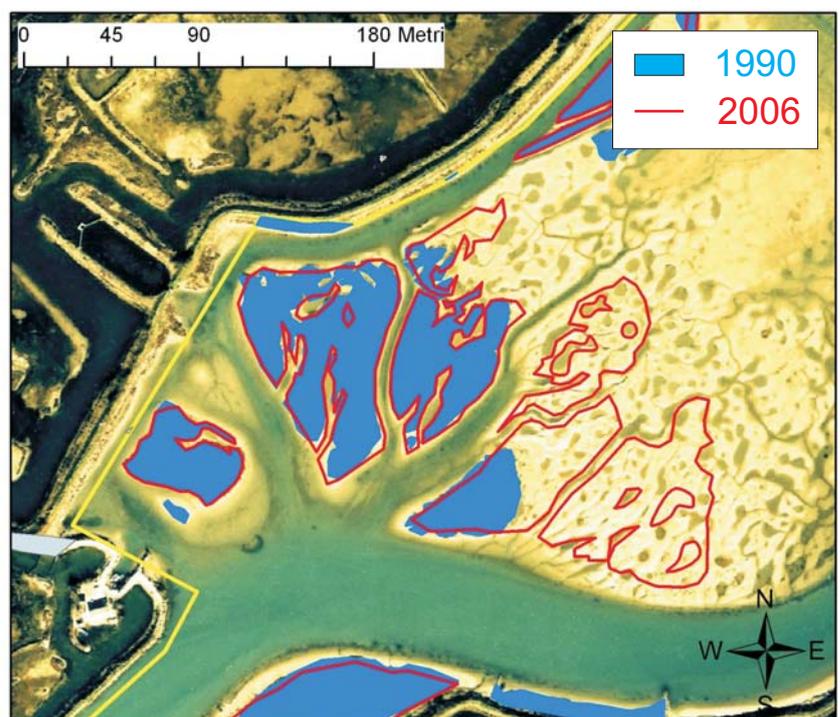
Stile evolutivo: accrescimento di barene di margine di canale
Forzante: input lagunare



Descrizione:

Tipico fenomeno di accrescimento delle barene in una laguna in bilancio sedimentario positivo, si verifica quando l'apporto di sedimento legato ai processi mareali supera la naturale tendenza alla compattazione e quindi alla subsidenza della superficie della barena. Nel nostro caso si riscontra solo in rari casi, limitatamente ai bacini di Primero e Morgo.

Esempio 1 - Bacino di Primero: apparato di barene di margine di canale situato tra Valle Verzelai e Frate Zuane.



Esempio 2 - Bacino di Morgo: apparato di barene di margine di canale situato lungo il canale di Morgo (base foto aerea 1990).

A3

Stile evolutivo: neoformazione di barene
Forzante: formazione di specchi d'acqua protetti

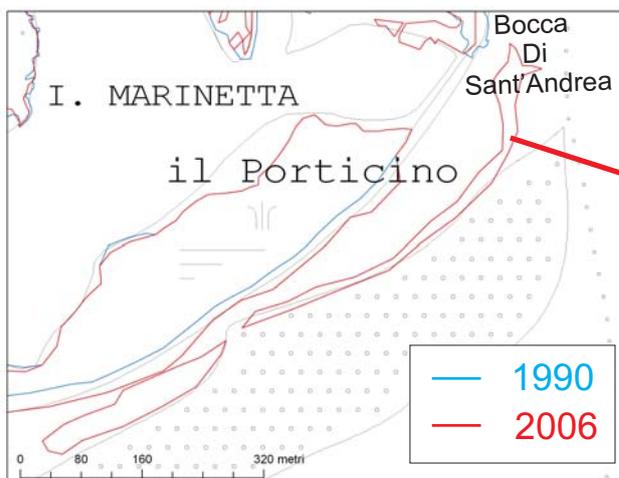


FOTO 1



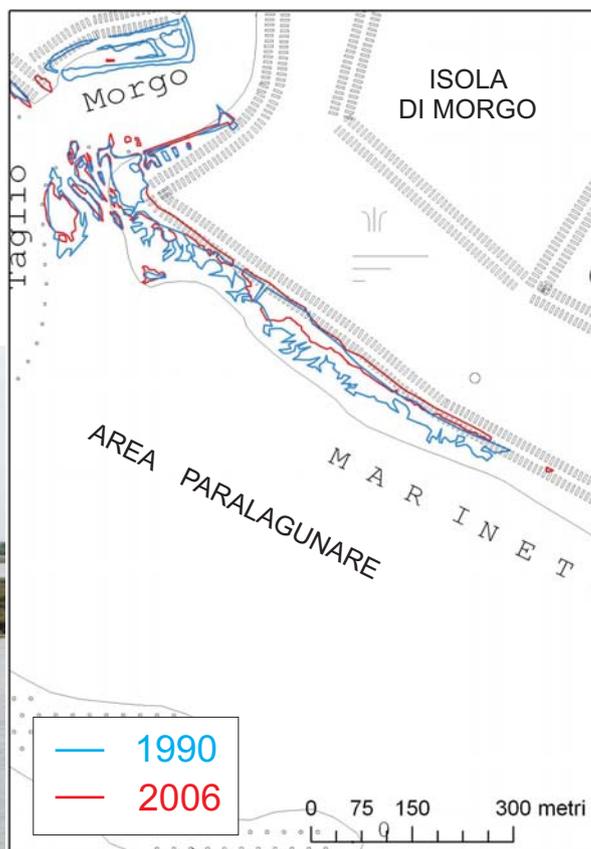
Esempio 1 - Bacino di sant'Andrea: lato orientale dell'Isola di Martignano o Marinetta.

Descrizione:

La vivace dinamica sedimentaria costiera dei lidi che bordano la laguna verso mare ha determinato in tempi recenti la formazione di estesi banchi sabbiosi emersi, caratterizzati dalla tipica vegetazione di spiaggia. Tra essi ed i lidi originari si sono così formati degli specchi acquei protetti a carattere paralagunare. In questo contesto si assiste localmente all'instraurarsi di processi di sedimentazione di materiali fini con formazione di nuove aree barenicole.

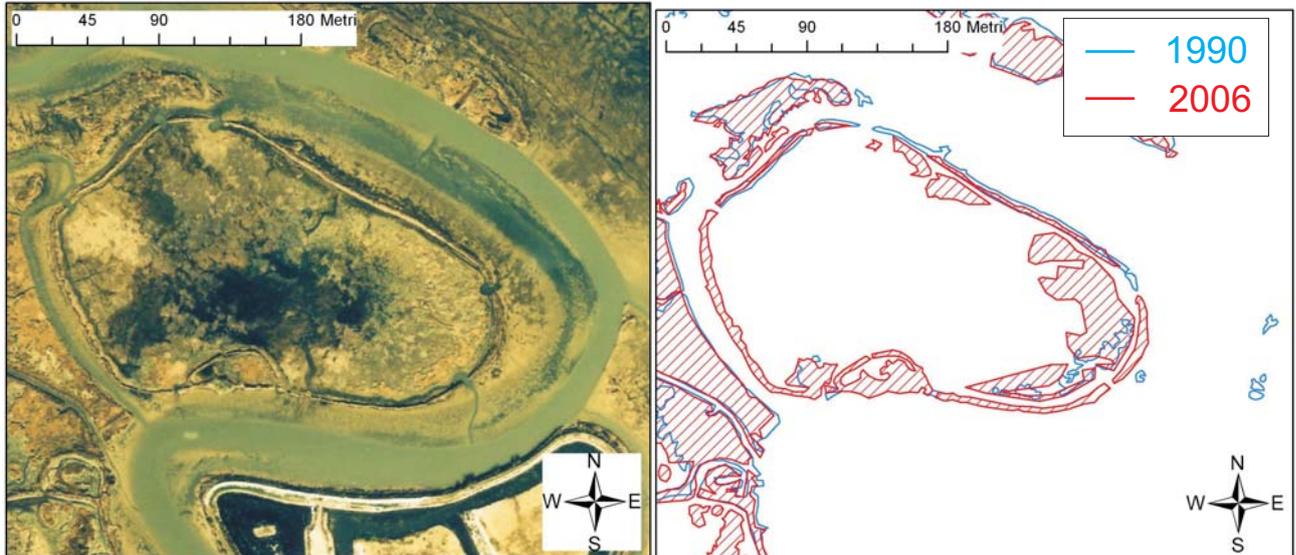
Esempio 2 - Bacino di Morgo: lato esterno dell'Isola di Morgo.

FOTO 2



A4

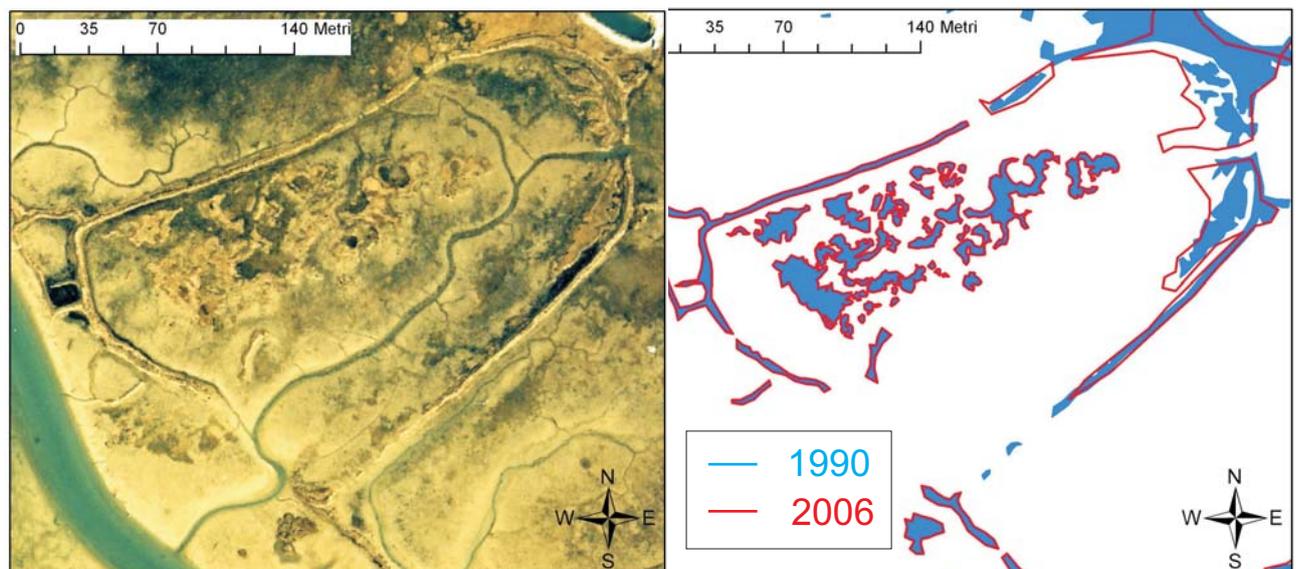
Stile evolutivo: neoformazione e ampliamento di barene esistenti in aree un tempo arginate
Forzante: sedimentazione in aree protette



Esempio 1: Bacino di Buso: zona denominata Sian (cfr. tra la foto aerea del 1990 e le aree digitalizzate nel 1990 e nel 2006).

Descrizione:

Fenomeno riscontrato nel bacino di Buso e di Morgo, in corrispondenza di vecchie valli da pesca dismesse e riaperte al flusso di marea, che quindi tornano a far parte dell'ambiente lagunare. La presenza dei vecchi argini può favorire l'instaurarsi di regimi deposizionali e quindi la formazione di nuove barene o l'ampliamento di aree già esistenti.



Esempio 2: Bacino di Morgo: area compresa tra il canale di Morgo e la Litoranea Veneta (cfr. tra la foto aerea del 1990 e le aree digitalizzate nel 1990 e nel 2006).