

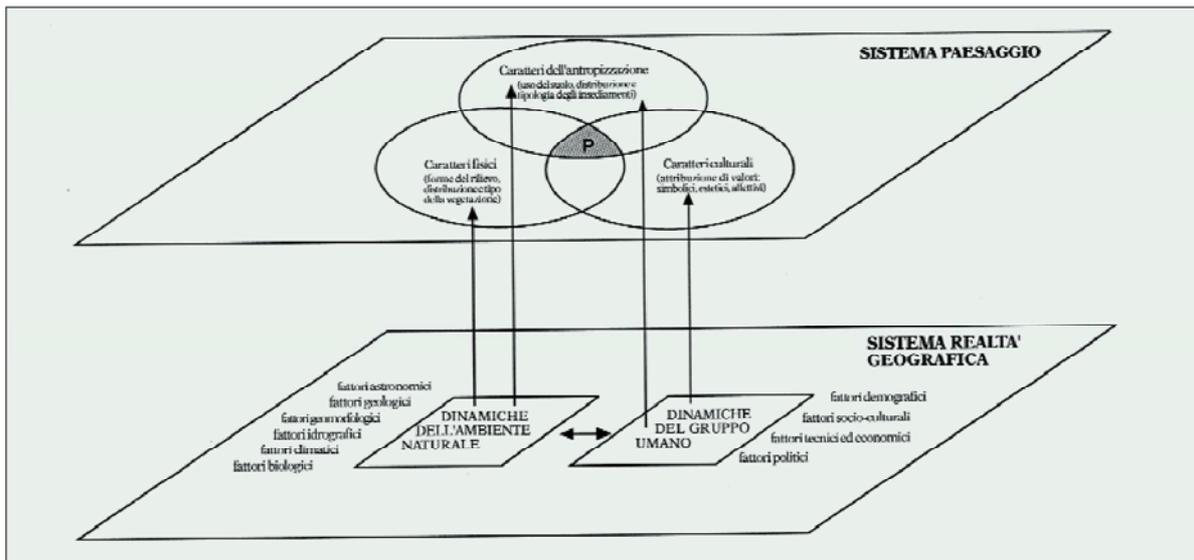
tura del paesaggio. Si inseriscono invece in un filone di studi di tipo tradizionale le pubblicazioni a cura di P. Sommella della collana *Città antiche in Italia*: concepite e redatte come una carta archeologica di tipo tradizionale, riportano schede di ritrovamento archeologico e forniscono ricostruzioni urbanistiche delle città in epoca antica (AZZENA, 1987; TASCIO, 1989; PAGLIANI, 1991). Nell'ultimo decennio sono sempre più numerosi i progetti di carte del rischio archeologico e delle potenzialità di aree a fitta urbanizzazione, elaborati da Enti di ricerca, Università, Soprintendenze Archeologiche Amministrazioni regionali, provinciali e comunali. Una precisa finalità di tutela e pianificazione urbanistica e l'utilizzo di strumenti informatici caratterizzano questi lavori. Si segnalano, per rigore e metodo, i progetti dell'Emilia-Romagna (Progetto CART) come Faenza, Cesena, Modena, Parma, Forlì (CARDARELLI *et alii*, 2001; GUARNIERI, 1998; 1999; 2000; 2001; ORTALLI, 1999; PRATI, 2001); della Liguria (MANNONI *et alii*, 2001; BANDINI & VALERIANI, 2001), di Padova (ROSADA *et alii*, 1999; ROSADA, 2001) che elaborano carte informatizzate numeriche, tematiche e diacroniche e producono banche dati di tipo archeologico, geomorfologico e geologico. Si tratta di strumenti operativi rivolti esclusivamente a chi si occupa di gestione, tutela e salvaguardia ambientale. Tutt'altra impostazione metodologica contraddistingue la Carta Geologica d'Italia, a cura del Servizio Geologico Nazionale e tuttora in corso di pubblicazione. La carta, infatti, redatta sulla base dei fogli IGM in scala 1:50.000, si limita a segnalare, attraverso la rappresentazione di una colonna con capitello, «un'area di interesse archeologico» e il dato archeologico è marginalmente trattato nelle Note illustrative allegate (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1992). Rigore metodologico e uso dei più moderni strumenti d'indagine e dell'informatica caratterizzano sempre più numerosi progetti di ricerca, generalmente a carattere universitario. Si tratta di ricerche di superficie di porzioni territoriali, scelte in base a specifiche problematiche storiche; esemplari a

questo proposito le esperienze di ricognizioni topografiche nell'*ager Cosanus* e nella valle d'Albenga (ATTOLINI *et alii*, 1983; CAMBI, 1986; CAMBI & FENTRESS, 1988; REGOLI, 1992; REGOLI & TERRENATO, 1989). La finalità di queste ricerche è la ricostruzione del paesaggio in epoca antica in tutti i suoi aspetti: antropico, geomorfologico, ambientale. Sono moltissimi gli strumenti utilizzati, come la fotointerpretazione e il telerilevamento, la cartografia storica e le professionalità impiegate, dal geologo, al geomorfologo, all'archeologo, al topografo, al palinologo, al climatologo. Questi studi si inseriscono a buon diritto in quella che oggi è chiamata "archeologia del paesaggio" o con una definizione più recente, "archeologia dei paesaggi" (CAMBI & TERRENATO, 1994; DE GUIO, 1992, p. 348; CAMBI, 2003); nata come "disciplina nel senso moderno" in Gran Bretagna negli anni '60 (WARD PERKINS, 1955) e definita da BARKER (1986, p. 12) come lo «studio archeologico del rapporto fra le persone e l'ambiente nell'antichità e dei rapporti tra la gente e la gente nel contesto dell'ambiente in cui abita» (CAMBI & TERRENATO, 1994, p. 36). L'archeologia dei paesaggi, ancora carente, secondo alcuni autori, di un nuovo minimo comune denominatore, si è orientata, nell'ultimo decennio, verso la formalizzazione delle procedure, l'unificazione e la ricomposizione tra nuove tendenze e campi di ricerca ormai consolidati, come la topografia e l'epigrafia (CAMBI & TERRENATO, 1994; BERNARDI, 1992; MARAGNO, 1996; ZACCARIA, 1999). Partecipano a pieno titolo a questo dibattito metodologico e scientifico alcuni studiosi dell'Università di Padova, in particolare Giovanni Leonardi e Armando De Guio, che si occupano in particolare delle influenze dei fattori naturali sui contesti archeologici, dei processi formativi dei contesti archeologici, delle loro relazioni con gli aspetti geologici e geomorfologici, della sperimentazione dei modelli interpretativi (BALISTA *et alii*, 1982; DE GUIO *et alii*, 1990; LEONARDI, 1992a; DE GUIO, 1985; 1992; 1995; 1997; 2001). Di tutti questi lavori, ma soprattutto delle indicazioni offerte dalla "archeologia dei paesaggi", si è tenu-

Fig. 2.28. Il modello esplicativo del sistema paesaggio (da CASTIGLIONI, 2002).

to conto nella scelta di un metodo. Il “prodotto finale” della nostra indagine archeologica è l’inserimento dei siti archeologici nella carta geomorfologica. La loro presenza ha dovuto tener conto delle finalità di una carta geomorfologica che prevede solo la cartografia dei siti archeologici, ma, a differenza delle carte archeologiche tradizionali, non fornisce schede di riferimento e di conseguenza non offre alcuna possibilità di verifica del rappresentato. Inoltre la carta è stata elaborata in una scala di lavoro 1:20.000, di buon dettaglio, ma non adatta a una cartografia con finalità di tutela, e non è legata a un progetto specifico di ricognizione di superficie. Si tratta invece di una carta che prevede, per la prima volta, la presenza dei siti archeologici accanto agli elementi geomorfologici. La presenza di un livello informativo archeologico costituisce quindi un valore e un *layer* cognitivo aggiunto alla carta e dovrebbe contribuire a dar significato agli elementi geomorfologici e, insieme a loro, a fornire indicazioni precise sulla evoluzione naturale e antropica del territorio in esame. In questa prospettiva la *Carta Geomorfologica della provincia di Venezia* può essere considerata come una carta diacronica che, secondo la definizione di Cambi,

«presuppone un ragionamento rigoroso, spesso serrato, talvolta tormentato, sulla geomorfologia antica, diacronicamente ricostruita, dei paesaggi, sulle scelte preferenziali dell’insediamento, sulla correlazione tra popolamento e ambiente, fra tipi insediativi e politica, infrastrutture, comunicazione, cultura» (CAMBI & TERRENATO, 1994, p. 73). È per questo che si è ritenuto opportuno adottare per la nostra ricerca le procedure elaborate dall’archeologia dei paesaggi, tenendo conto anche delle indicazioni fornite dalla metodologia delle più moderne carte archeologiche. «In questa prospettiva non può essere il singolo manufatto, come nella tradizione archeologica del passato, o il singolo sito, come generalmente nella prassi attuale, l’oggetto della ricerca, bensì, ed è questa la sfida dell’archeologia degli anni ’90 con la quale ci dovremmo misurare, il paesaggio come un insieme all’interno del quale gli insediamenti trovino una collocazione ed una puntuale integrazione» (BROGIOLO, 1993, p. 17). Il paesaggio viene così interpretato come un sistema generato dalle reciproche relazioni esistenti tra i caratteri fisici, quelli dell’antropizzazione e quelli culturali (CASTIGLIONI, 2002; fig. 2.28). Si tratta di una metodologia che utilizza



tutti gli strumenti sviluppati e messi in atto dalla ricerca topografica, archeologica e geomorfologica, ma che orienta analisi e sintesi dei dati secondo un'ottica comune e ha un'unica finalità: la ricostruzione dell'ambiente in epoca antica in tutti i suoi aspetti antropici e naturali. Il metodo di lavoro è stato messo a punto e testato nel primo anno di attuazione del progetto per una zona ristretta, compresa tra Piave e Livenza, scelta come area di saggio, sia per sperimentare la metodologia di ricerca e di raccolta dei dati che per affinarla nel proseguimento del lavoro. Una volta conclusa la verifica incrociata dei dati, dei criteri di indagine e degli strumenti utilizzati, la ricerca si è estesa a tutto il territorio in esame. La stessa metodologia è stata applicata all'allestimento della *Carta della fotointerpretazione e dei siti archeologici della provincia di Venezia tra i fiumi Livenza e Tagliamento*, in scala 1:10.000 e alla creazione di una banca-dati dei siti archeologici dei comuni del Veneto orientale a essa allegata, realizzate nel settembre 2001 (BONDESAN A. *et alii*, 2002a). In questa sede terraferma e laguna vengono trattate separatamente: medesimo approccio metodologico accumuna le fasi della ricerca, ma sono invece diverse la storia degli studi, delle scoperte, la documentazione disponibile e le procedure adottate.

2. VIII. 2. LE FASI DELLA RICERCA

2. VIII. 2. a. *La terraferma*

La ricerca archeologica è stata articolata nelle seguenti fasi:

- lo spoglio della bibliografia e l'acquisizione dei dati;
- il recupero e la verifica delle informazioni;
- la registrazione dei dati nella scheda di rilevamento;
- la cartografia dei siti in carta e la costruzione della legenda;
- la lettura e l'interpretazione dei dati archeologici.

I Fase: *la raccolta e l'acquisizione dei dati*

L'indagine ha preso avvio dallo spoglio siste-

matico della bibliografia sia scientifica che non specialistica a carattere locale, regionale e nazionale, aggiornata a ottobre 2003 e relativa alle fonti letterarie, ai dati archeologici, alle ricostruzioni storiche, archeologiche e topografiche dell'area in esame. Si è così proceduto all'acquisizione di tutte le evidenze archeologiche pubblicate e già note della terraferma, operata «con lo spirito e il metodo della ricerca *intensiva* (quella che sfrutta, contestualizzandolo, anche il più piccolo indizio)» (LEONARDI, 1992a, p. 26). Si tratta di un tipo di ricerca che ritiene «fondamentale l'assunzione di tutti i dati archeologici già esistenti e per *tutti* intendo sia tutte le evidenze definibili come oggetti, dal coccio al monumento, sia ovviamente tutta la documentazione che ci forniscono i dati stratigrafici di contesto, che costituiscono l'unica base di riferimento per ancorare il dato cronologico a quello ambientale» (LEONARDI, 1992a, p. 28). L'ambito cronologico costituisce una questione aperta, ancora non risolta, per la gran parte delle ricerche archeologiche, troppo spesso condizionato dalla scelta, talvolta arbitraria e soggettiva, dei ricercatori (MILANESE, 2001). La finalità di questa carta geomorfologica, rivolta alla ricostruzione diacronica del territorio, in accordo con le indicazioni di "archeologia globale" proposte da alcuni autori (MANNONI *et alii*, 2001; MILANESE, 2001), ci ha fatto adottare un ambito cronologico esteso dalla preistoria all'età moderna, senza alcuna discriminazione e cesura, ambito che per quanto riguarda la terraferma si è inevitabilmente arrestato all'epoca medievale per mancanza di scavi o di pubblicazioni. L'ampio ambito territoriale, i tempi e i costi di realizzazione dei Progetti Doge e Leo, hanno condizionato la ricerca che si è rivolta allo spoglio del pubblicato e comprende, per questo, quasi esclusivamente dati editi. La collaborazione recente con Armando De Guio e con l'ispettrice della Soprintendenza Elena Pettenò, la disponibilità del Gruppo Storico Etnografico "Giuseppe Pavanello" di Meolo, del Direttore e del personale del Museo della Bonifica di San Donà, hanno consentito l'acquisizione di dati inediti relativi al

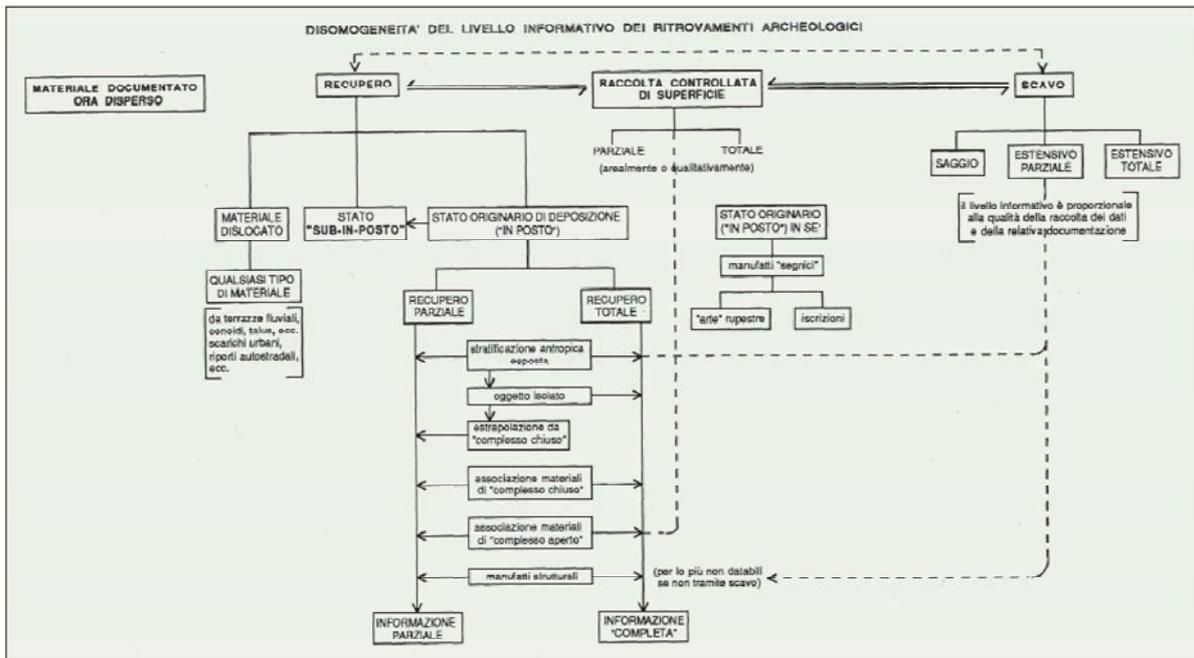
Fig. 2.29. La disomogeneità del livello informativo dei ritrovamenti archeologici (da LEONARDI, 1992a).

territorio tra Sile e Livenza, attualmente oggetto anche di una tesi di laurea. La fonte principale dei dati archeologici è la *Carta Archeologica del Veneto* e in particolare sono stati consultati i Fogli 39, Pordenone; 40, Palmanova (CAPUIS *et alii*, 1988) e i Fogli 50, San Donà; 51, Venezia; 65, Adria; 53, Foce del Tagliamento (CAPUIS *et alii*, 1994). La *Carta Archeologica del Veneto* è un repertorio prezioso di dati, altrimenti destinati a perdita irrimediabile, ma ha finalità, tempi di esecuzione e finanziamenti che hanno fortemente condizionato la qualità delle informazioni: le coordinate geografiche, pur previste, in molti casi non vengono riportate spesso sono desunte da carte a piccola scala e bassa definizione e sono imprecise o errate; la localizzazione dei siti riportata nei Fogli IGM in scala 1:100.000 è estremamente imprecisa e spesso non coincide con le coordinate riportate nel testo e manca, soprattutto per l'epoca romana, una terminologia comune per definire il contesto e i materiali. La disomogeneità delle informazioni ha impedito la semplice acquisizione e sovrapposizione dei siti

nella carta geomorfologica. La localizzazione, il contesto e la datazione, spesso imprecisabili, non consentono la lettura, l'interpretazione corretta dei dati e il loro utilizzo; per questo si è dovuto procedere per ogni sito al recupero delle fonti originali.

Il Fase: il recupero e la verifica delle informazioni

L'esigenza di avere a disposizione informazioni il più possibile precise e omogenee ha reso necessaria la verifica puntuale di tutti i dati archeologici. Una forte disomogeneità del livello informativo caratterizza, come in molte altre ricerche di questo tipo, le fonti originali. (LEONARDI, 1992a; BROGIOLO, 1993; fig. 2.29). La maggioranza dei rinvenimenti riguarda recuperi di fine '800, prima metà del 1900. Alcuni di questi ritrovamenti sono del tutto fortuiti, effettuati senza un adeguato controllo scientifico durante lavori edilizi o agricoli, e generalmente caratterizzati dal recupero dei materiali, ma dalla perdita del contesto e dell'ubicazione originaria; altri sono frutto di ricerche di appassionati locali e



cultori della materia, e risentono comunque del grado delle conoscenze e della terminologia dell'epoca. Altrettanto elevato è il numero dei ritrovamenti riferibili a raccolte di superficie non programmate, avvenute negli anni '80 e '90, ed effettuate da Gruppi Archeologici con la supervisione scientifica degli Ispettori della Soprintendenza Archeologica del Veneto, soprattutto nell'area tra Sile e Tagliamento, nel Miranese e nell'area di Lova (Campagna Lupia). Un numero esiguo di siti è invece riferibile a scavi stratigrafici effettuati sotto la direzione scientifica di Ispettori della Soprintendenza o docenti dell'Università di Padova; la maggior parte di essi sono localizzati a Altino e Concordia; sono, invece, estremamente rari quelli nel territorio. Per ogni sito si è cercato di risalire alla localizzazione precisa attraverso il recupero delle coordinate geografiche, UTM o Gauss-Boaga, alla quota, alle condizioni di giacitura originaria dei reperti (in posto, sub-in posto, dislocati), ai reperti, al contesto, anche attraverso la consultazione, per alcune aree, dell'Archivio della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto, sopralluoghi autoptici e controlli delle notizie presso i Gruppi Archeologici e gli appassionati locali. La verifica e lo studio tipologico dei reperti hanno consentito nella maggioranza dei casi la verifica del contesto e l'attribuzione cronologica del sito. Particolare attenzione è stata riservata alle modalità di rinvenimento e al metodo utilizzato per il recupero dei reperti; attraverso la contestualizzazione e la decodificazione delle informazioni è stato possibile precisare e definire, per ogni sito, la qualità del livello informativo e l'affidabilità dei dati. Un ottimo livello qualitativo caratterizza i siti dell'area compresa tra Sile e Tagliamento dove operano i Gruppi Archeologici di Meolo, del Veneto orientale, di Concordia e di San Donà, sotto il controllo e la direzione scientifica della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto. La quasi totalità dei ritrovamenti, che rappresenta quasi la metà dei siti totali identificati, si riferisce a raccolte di superficie, effettuate in occasione di arature: pubblicazioni recenti, di buon livello scientifico e

la revisione effettuata nel corso dell'elaborazione della carta geomorfologica nell'area tra Sile e Livenza hanno consentito in moltissimi casi il recupero delle coordinate e la precisazione del contesto e della datazione. Un ottimo livello informativo caratterizza anche i dati desunti da pubblicazioni scientifiche recenti, corredate nella quasi totalità dalla localizzazione in carta dei siti. Si è rivelato in molti casi alquanto difficile, ma decisamente appassionante, il recupero di dati relativi a ritrovamenti di fine '800 e prima metà del '900 che ha costretto in alcuni casi a un vero e proprio lavoro investigativo sulle tracce del nome della località o del proprietario di un fondo nelle prime levate delle Tavole dell'IGM e nelle carte storiche o attraverso uno schizzo o le indicazioni toponomastiche dell'epoca. Questo tipo di indagine si è dimostrata particolarmente proficua per i siti di Cittanova e di Jesolo e il risultato è evidente dal confronto tra la *Carta Archeologica del Veneto* e la carta geomorfologica. Tutti i materiali lapidei rinvenuti nelle fondazioni e nell'area circostante gli edifici religiosi, ora scomparsi, di San Mauro e San Giorgio di Jesolo sono stati finora considerati come materiale di reimpiego proveniente da Altino o Aquileia (TOMBOLANI, 1985c; 1985d; SARTORI, 1985). Il recupero dei dati di ritrovamento riportati nelle pubblicazioni dell'epoca, particolarmente utile quella di CONTON (1911), ha permesso invece di precisare la provenienza e il contesto di tutti i reperti, che per la quasi totalità non è sicuramente di reimpiego. Inoltre la consultazione di carte storiche del XVI secolo (CANIATO, 1985; ASVE, SEA Piave 6, IMAGO 11; fig.2.30) e delle prime levate in scala 1:25.000 delle tavole dell'Istituto Geografico Militare ha portato all'identificazione delle località di provenienza, di cui oggi si è perso il toponimo e la memoria, di parte dei materiali. Per quanto riguarda i ritrovamenti dell'area di Cittanova, rinvenuti in epoche lontane e dispersi in varie sedi museali, la nostra ricerca ha permesso di localizzare e cartografare molti siti, frutto del riordino o della recente riclassificazione (TOZZI & HARARI, 1984) e di una



Fig. 2.30. Valle posta tra il Piave e il canale Largon, dal Taglio del re al mare, con canali minori e laghetti nella zona di Giacomo De Castaldi, 1562 (ASVE, SEA, Piave, ds. 6).



altrettanto recente raccolta programmata diretta da S. Salvatori (BLAKE *et alii*, 1988; SALVATORI, 1989), che consente di precisare i contorni e le caratteristiche insediative di un'area di estremo interesse. È stato possibile precisare la localizzazione e identificare il contesto e la datazione di un sito rinvenuto in un'area oggi barenosa sotto il Bondante di Sotto (sito 899) grazie alla descrizione puntuale e alla riproduzione fedele dei reperti in un manoscritto di TEMANZA (1756; 1761). La lettura delle prime levate delle tavolette IGM in scala 1:25.000 e delle carte storiche consente l'identificazione e la localizzazione in carta anche di tratti della via Annia, riconosciuti alla fine del 1800 dalla Commissione di Storia Patria (BAROZZI *et alii*, 1983a; 1983b; 1983c; 1984): è il caso ad esempio del tratto rinvenuto in località Al Fornetto nei pressi di San Donà di Piave (sito 53). Meno buona la qualità dei dati archeologici nell'area centro-meridionale. Non è stato sempre possibile recuperare le informazioni relative ai siti, editi e inediti, in aree sottoposte a ricognizioni e raccolte di superficie da parte dei gruppi archeologici locali di Mestre, Mogliano, Mirano e Campagna Lupia. Sono rare le pubblicazioni scientifiche recenti, gli scavi

archeologici, molte delle informazioni desunte da tesi di laurea risultano poco attendibili e non sono più verificabili. In quest'area prevalgono quindi siti la cui localizzazione non è georeferenziata o cartografata con precisione. In questa fase della ricerca sono stati eliminati tutti i siti, che erano già stati numerati e inseriti in carta, ma il cui livello informativo è stato ritenuto insufficiente e inaffidabile e le informazioni non erano utilizzabili ai fini di una lettura geo-archeologica dei siti stessi. Ad esempio sono risultate estremamente generiche e imprecisabili la localizzazione, il contesto, i materiali e la datazione di molti ritrovamenti riportati nella *Carta Archeologica* del Foglio 38, Conegliano e del Foglio 52-53 di BERTI & BOCCAZZI (1959; 1962) e in alcune tesi di laurea degli anni '80.

III Fase: la registrazione dei dati

Tutti i dati relativi a ogni rinvenimento sono stati registrati in una scheda di rilevamento e ricognizione bibliografica. La scheda-sito, modificata rispetto a quella già utilizzata per la banca dati della Carta della fotointerpretazione e dei Siti Archeologici del Veneto orientale (BONDESAN *et alii*, 2002), è frutto di un'attenta e approfondi-





Fig. 2.31. La maschera di immissione dati impiegata per la schedatura dei siti archeologici della provincia di Venezia.

SITO N° Losson		COMUNE Meolo (VE)		Quota p.c.	
Lat. N	45°37'50"	F.° IGM	52 IV NO	Rif. Cat.	1254
Long. E	0°01'22"	Tav.		Proprietario	
Modalità di Rinvenimento		Anno	Modalità di Acquisizione	Conservazione Attuale	
<input checked="" type="checkbox"/> Aratura <input type="checkbox"/> Attività edilizia <input type="checkbox"/> Reimpiego <input type="checkbox"/> Imprecisabile		1989-1	<input type="checkbox"/> Scavo stratigrafico <input checked="" type="checkbox"/> Raccolta di superficie <input type="checkbox"/> Acquisto/dono <input type="checkbox"/> Imprecisabile	<input checked="" type="checkbox"/> Museo di Castelfranco <input type="checkbox"/> Sopr. Arch. PD <input type="checkbox"/> Disperso	
Geomorfologia		Utilizzazione del Suolo		Viabilità	
<input type="checkbox"/> Alta pianura <input type="checkbox"/> Faezia ricongiunta <input checked="" type="checkbox"/> Bassa pianura <input type="checkbox"/> Area pentagonaria <input type="checkbox"/> Litorale <input type="checkbox"/> Laguna		<input type="checkbox"/> Sommità di dosso <input type="checkbox"/> Argine naturale <input checked="" type="checkbox"/> Palcoscivo <input type="checkbox"/> Limb. antico bacino lagunare <input type="checkbox"/> Interfluvio <input type="checkbox"/> Altro		<input checked="" type="checkbox"/> Coltivato <input type="checkbox"/> Non coltivata <input type="checkbox"/> Edificato	
Presenza Preromana		Affidabilità localizzazione		Affidabilità fonte	
<input checked="" type="checkbox"/> Mesolitico <input type="checkbox"/> Neolitico/Eneolitico		<input type="checkbox"/> Età Bronzo <input type="checkbox"/> Età Ferro		<input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Bassa	
Contesto insediativo		Elementi strutturali del contesto inaed.		Contesto Funerario	
<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Privato <input type="checkbox"/> Edificio Pubblico <input type="checkbox"/> Luogo di culto <input type="checkbox"/> Villa rustica <input type="checkbox"/> Tesoretto <input type="checkbox"/> Non Precisabile		<input type="checkbox"/> resti murari <input type="checkbox"/> leceri musivi <input type="checkbox"/> dec. parietale <input type="checkbox"/> el. architettonico <input type="checkbox"/> vasca-canaletta <input type="checkbox"/> pozzo		<input checked="" type="checkbox"/> Tombe (1-5) <input type="checkbox"/> Necropoli <input type="checkbox"/> Corredi <input type="checkbox"/> pozzo	
				Rito	
				<input type="checkbox"/> Incinerazione <input type="checkbox"/> Inumazione <input checked="" type="checkbox"/> Imprecisabile	
				Tipologia Tomba	
				<input type="checkbox"/> in fossa <input type="checkbox"/> oaseotta <input type="checkbox"/> sotto anfora <input type="checkbox"/> bustum <input type="checkbox"/> mon. lapideo <input type="checkbox"/> cappuccina <input type="checkbox"/> sarcofago <input type="checkbox"/> imprecisabile	
Dati di Scavo e/o di ritrovamento					
Reperti		Fittili		Vetro	
<input type="checkbox"/> Tegole/coppi <input type="checkbox"/> Mattoni <input type="checkbox"/> Tessere musive		<input type="checkbox"/> Intonaci <input type="checkbox"/> Decorazioni architett. <input type="checkbox"/> Iscrizioni		<input type="checkbox"/> Cor. comune <input type="checkbox"/> Cor. a vernice nera <input checked="" type="checkbox"/> Cor. a pareti sottili	
		<input type="checkbox"/> ponte <input type="checkbox"/> miliare <input type="checkbox"/> cippo <input type="checkbox"/> canale <input type="checkbox"/> imprecisabile		<input type="checkbox"/> Sigillata chiara <input type="checkbox"/> Lucerne <input type="checkbox"/> Anfore	
				<input type="checkbox"/> Vetro <input type="checkbox"/> Bronzo <input type="checkbox"/> Ferro <input type="checkbox"/> Argento/piombo	
				<input type="checkbox"/> Moneta <input type="checkbox"/> Macina <input type="checkbox"/> Attrezzi agricoli <input type="checkbox"/> Pesi da telaio	
Ceramica					
Corpo cer. - degr. - inv		marron.gran.media		grigio, gran. fine	
Classe - forma		olla ad orlo esverso, dec. a linee ondulate		coppetta a pareti sottili	
Tipo - Cfr. tp.		Vegas tpo 5; cfr. AA.VV., L'antico Polosene, Padova 1986, p.220, tav. 6, 64		cfr. Atlante delle forme ceramiche, II, tipo 2/134	
Corpo cer. - degr. - inv		arancio, gran. fine			
Classe - forma		coppetta a pareti sottili			
Tipo - Cfr. tp.		cfr. Atlante delle forme ceramiche, II, tipo 2/134			
Corpo cer. - degr. - inv					
Classe - forma					
Tipo - Cfr. tp.					
Corpo cer. - degr. - inv					
Classe - forma					
Tipo - Cfr. tp.					
Bronzo					
Forma - inv.					
Cfr. tp.					
Forma - inv.					
Cfr. tp.					
Forma - inv.					
Cfr. tp.					
Ferro					
Forma - inv.		chiodo a testa troncoconica		Argento	
Cfr. tp.		cfr. AA.VV., Settefinestre, Modena 1965, tipo tav.4.1		Forma - inv.	
Forma - inv.				Cfr. tp.	
Cfr. tp.				Forma - inv.	
				Cfr. tp.	
Vetro					
Forma - inv.					
Cfr. tp.					
Mat. lapideo					
Tipo - inv.					
Cfr. tp.					
Definizione Cronologica I-II secolo d.C.					
Bibliografia e Documentazione d'Archivio					
AA.VV., La pianura tra Sile e Piave nell'antichità. Le origini di Venezia, in La provincia di Venezia, XV, 4/6, p.26, n.48					Formato stampato
					<input checked="" type="checkbox"/> A4
					<input type="checkbox"/> A5
Documentazione					

Affidabilità localizzazione
Affidabilità fonte





ta riflessione metodologica e tiene conto delle esigenze specifiche della carta geomorfologica. È emersa la necessità di avere a disposizione dati il più possibile omogenei perché le informazioni fossero confrontabili tra loro e successivamente fosse possibile metterle a confronto con gli elementi geomorfologici. Per garantire quindi l'inserimento corretto di dati di diversa natura è stata progettata e utilizzata una scheda di lavoro, dotata di voci predefinite e campi liberi descrittivi, che comprendesse informazioni relative alla localizzazione, alla modalità di ritrovamento, al contesto, ai materiali e alla datazione, ma che prevedesse anche un corretto e preciso inserimento geomorfologico del sito (fig. 2.31).

La scheda, una sorta di carta d'identità del sito, si compone di cinque sezioni:

- "Dati identificativi" riporta l'identificazione del sito, attraverso il nome, il Comune, le coordinate UTM, geografiche e Gauss Boaga, il riferimento catastale, il nome del proprietario del fondo, la quota e la storia del ritrovamento attraverso le modalità di rinvenimento, di acquisizione, l'anno e la conservazione attuale dei reperti. La valutazione del livello informativo trova collocazione in Affidabilità della localizzazione e Affidabilità della fonte;

- "Dati geomorfologici/ambientali" contiene l'attribuzione geomorfologica precisa del sito e le informazioni relative alla utilizzazione del suolo, alla viabilità, alla vegetazione e alla toponomastica;
- "Dati interpretativi" presenta i dati di scavo e/o di ritrovamento, il contesto, i materiali e la loro attribuzione tipologica, definiti attraverso una serie articolata di voci;

- "Dati cronologici" definisce l'età del sito sotto il profilo culturale e la definizione cronologica puntuale desunta dalla studio tipologico dei reperti;

- "Dati bibliografici" riferisce la bibliografia aggiornata relativa al sito.

Le schede relative a ciascun ritrovamento sono state utilizzate esclusivamente come strumento di lavoro e costituiscono un documento interno ai progetti Doge e Leo; come tali non

vengono pubblicate in questa sede, ma faranno parte della banca dati dei siti archeologici del progetto SINPAV, Sistema Informativo del Paesaggio Antico della provincia di Venezia, che prenderà avvio nel 2004. In Appendice 2, in questo volume, è presente una tabella completa di tutti i siti presenti in carta; di ognuno di essi, numerato in ordine progressivo, viene fornito: nome; quota, ove presente; contesto; datazione e bibliografia essenziale di riferimento.

IV Fase: *la cartografia dei siti nella carta e la costruzione della legenda*

L'informazione riferibile sulla carta geomorfologica è relativa al sito:

- dal quale provengono e sono tuttora conservati resti archeologici;

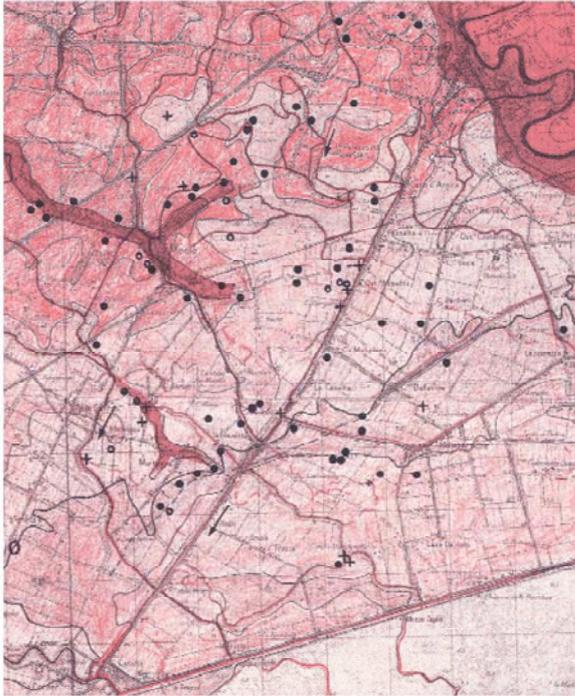
- dal quale provengono resti archeologici, successivamente asportati;

- presso il quale si trovano resti archeologici, ma dei quali non si conosce la provenienza originaria.

I siti sono stati informatizzati attraverso le coordinate geografiche o UTM convertite in Gauss-Boaga e georeferenziati o, in mancanza delle coordinate, sono stati localizzati in carta in scala 1:20.000 e 1:10.000. Ogni ritrovamento archeologico è stato rappresentato nella carta geomorfologica attraverso una simbologia specifica e semplificata che definisce il contesto (insediativo, funerario, culturale, imprecisabile), un soprassegno che chiarisce le modalità di rinvenimento (raccolta di superficie, scavo stratigrafico/raccolta programmata, reimpiego, recupero occasionale quando assente) e un colore che indica l'età di attribuzione del sito. I simboli, mancando un testo di riferimento convenzionale, sono stati scelti e adattati in base a criteri funzionali al tipo di carta e alle esigenze che via via sono emerse nel corso dell'elaborazione della stessa. Per ogni sito si forniscono così tre tipi di informazioni: il contesto, precisato in molti casi da simboli specifici che indicano la presenza di strade, ponti, edifici, marginamenti di sponda, moli, miliari ecc., la datazione e la modalità di rinvenimento. La sottolineatura del numero riportata



Fig. 2.32. Uno dei primi esempi di integrazione tra dati archeologici ed elementi geomorfologici in una carta dell'Arca tra Silc e Piave (da FAVERO, 1991b).



nelle carte in scala 1:20.000 e nell'elenco dei siti in appendice (vedi Appendice 2 in questo volume) fornisce una ulteriore indicazione circa la localizzazione, più o meno precisa, del sito. Per non rendere estremamente difficoltosa la lettura della carta a causa di un numero elevato di colori si è preferita l'attribuzione del sito a un'età (Mesolitico, Neolitico, Eneolitico, Bronzo, Ferro, romana e medievale) e non, forse più correttamente, a una fase cronologica precisa. L'età romana, che va dal II secolo a.C. al V secolo d.C., viene invece suddivisa in due periodi: l'età romana, dalla seconda metà del II secolo a.C. al II secolo d.C., e l'età tardo romana, dal III secolo d.C. al V secolo d.C., per il gran numero di dati disponibili, per la ricchezza delle fonti e per i cambiamenti, ben documentati, intervenuti sul territorio. La quota del piano campagna, nel caso sia stato possibile recuperarla, è riportata accanto al simbolo in carta. Il ricorso ai simboli è una necessità per carte con queste caratteristiche, che, proprio a causa della scala, non possono riportare il

perimetro e le articolazioni precise del ritrovamento, che invece trovano collocazione in carte a scala molto grande, come quelle utilizzate per i centri urbani. L'elaborazione della carta dei centri urbani utilizza una metodologia diversa da quella adottata per la costruzione della carta di distribuzione dei siti archeologici del territorio. Infatti la rappresentazione in carta delle evidenze urbane, soggette a metodi di analisi particolari, richiede specifici accorgimenti e strumenti diversi, come ad esempio l'utilizzo di scale ad alta definizione, 1:5000-1:2000, e simboli dedicati. Proprio per questo motivo, per quanto riguarda l'analisi dei centri urbani di età romana presenti nel territorio di Altino e Concordia, l'acquisizione dei dati e l'identificazione dei siti è stata regolarmente effettuata, ma al solo scopo di indicare con precisione in carta l'estensione dell'area occupata dal centro urbano in epoca antica e di assumere e mettere a confronto le informazioni di tipo archeologico e stratigrafico con quelle geomorfologiche e ambientali. I siti sono stati numerati da 1 a 900; a ogni numero corrisponde una scheda di rilevamento, non pubblicata, e un punto in carta. Il numero compare, vicino al simbolo, solamente nelle carte in scala 1:20.000 e indica i siti georeferenziati, attraverso coordinate, o comunque localizzati con la massima precisione possibile; la sottolineatura del numero indica invece la localizzazione imprecisa o attualmente imprecisabile. Alla carta in scala 1:20.000 fa riferimento l'elenco dei siti. In Appendice 2 è consultabile una tabella dei siti che riporta tutti i ritrovamenti archeologici, presenti in carta, numerati progressivamente; per ognuno viene riportato il numero, il nome e la quota rispetto al piano campagna dove presente, il contesto e la datazione precisa.

V Fase: la lettura e l'interpretazione dei dati

I siti archeologici identificati sono 799.

È stato possibile identificare la localizzazione dei siti in 497 casi, attraverso le coordinate geografiche o UTM. Le coordinate sono state successivamente convertite dal Servizio Informativo

Fig. 2.33. Il tracciato della *via Annia* e il popolamento in rapporto agli elementi geomorfologici. Stralcio della *Carta geomorfologica della provincia di Venezia dell'area tra Sile e Piave*.

del Consorzio Venezia Nuova in Gaus-Boaga e nuovamente verificate in carta; i siti sono stati così georeferenziati. Gli scavi stratigrafici, diretti dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto e dal Dipartimento di Archeologia dell'Università di Padova, hanno interessato 61 siti che riguardano soprattutto le città romane di Concordia e di Altino. I siti identificati attraverso raccolte di superficie non programmate sono stati 390, i recuperi casuali sono 306. I siti riferibili al Mesolitico sono 10, al Neolitico 16, all'Eneolitico 8, all'età del Bronzo 25, 33 sono quelli dell'età del Ferro. La maggioranza dei ritrovamenti è riferibile all'età romana. Riferibili al I secolo a.C. - II secolo d.C. sono 603 siti; sono databili all'età tardo-romana (III-V secolo d.C.) 38 insediamenti. Per 49 siti la datazione è genericamente romana, ma, attualmente, non meglio precisabile. I ritrovamenti riferibili all'età medievale sono stati 12; sono completamente assenti i siti riferibili all'età moderna. La scarsità dei primi e l'assenza di que-

st'ultimi potrebbe non essere dovuta a un effettivo vuoto insediativo, quanto piuttosto a una carenza documentaria. Solo recentemente, infatti, l'interesse dei ricercatori e degli appassionati si è rivolto alle epoche medievali e moderne (FRANCOVICH & VALENTI, 2001). Il contesto insediativo ha interessato 462 siti, 165 quello funerario, 12 quello culturale, per 46 rimane imprecisabile (vedi tab. 4.). Sono 25 gli edifici accertati.

Una volta conclusa la raccolta e la registrazione dei dati, si è potuto procedere alla loro lettura e alla loro interpretazione. A questa prima fase è seguito il confronto con i dati geomorfologici/ambientali: esaminando i vari livelli informativi è possibile leggere e interpretare gli elementi della carta. L'alto grado di risoluzione, grazie all'utilizzo di una scala adeguata, l'informatizzazione, il confronto dei dati archeologici e degli elementi geomorfologici con le indicazioni fornite dalle fonti classiche, dalle indagini storiche, topografi-

Tab. 4. Entità e tipologia dei siti archeologici

Numero totale siti	779
Rinvenimento superficiale	390
Rcimpicgo	22
Scavi/Raccolta programmata	61
Rinvenimenti occasionali	306
Localizzazione certa	497
Localizzazione incerta	283
Contesto insediativo	462
Contesto funerario	165
Contesto culturale	12
Contesto imprecisabile	46
Mesolitico	10
Neolitico	16
Eneolitico	8
Età del Bronzo	25
Età del Ferro	33
Età Romana	603
Età Romana imprecisabile	49
Età Tardo Romana	38
Età Medievale	12

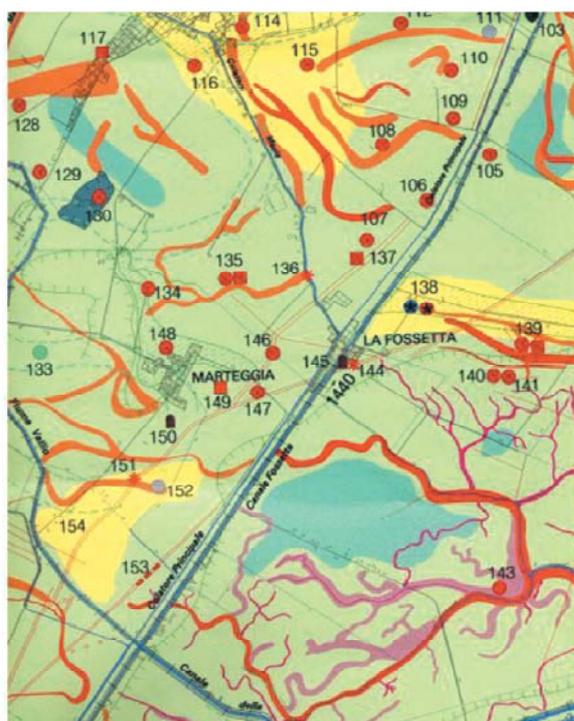
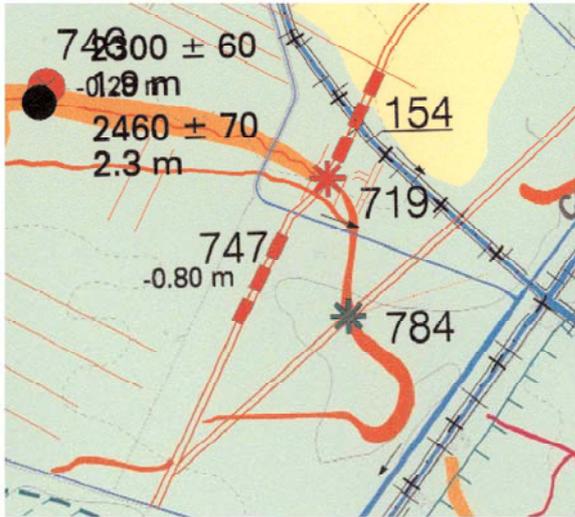


Fig. 2.34. Particolare della *Carta geomorfologica della provincia di Venezia* nell'area tra Sile e Piave: scavi archeologici recenti hanno messo in luce due ponti dove i tracciati della *via Annia* intercettano il paleoalveo della Canna.

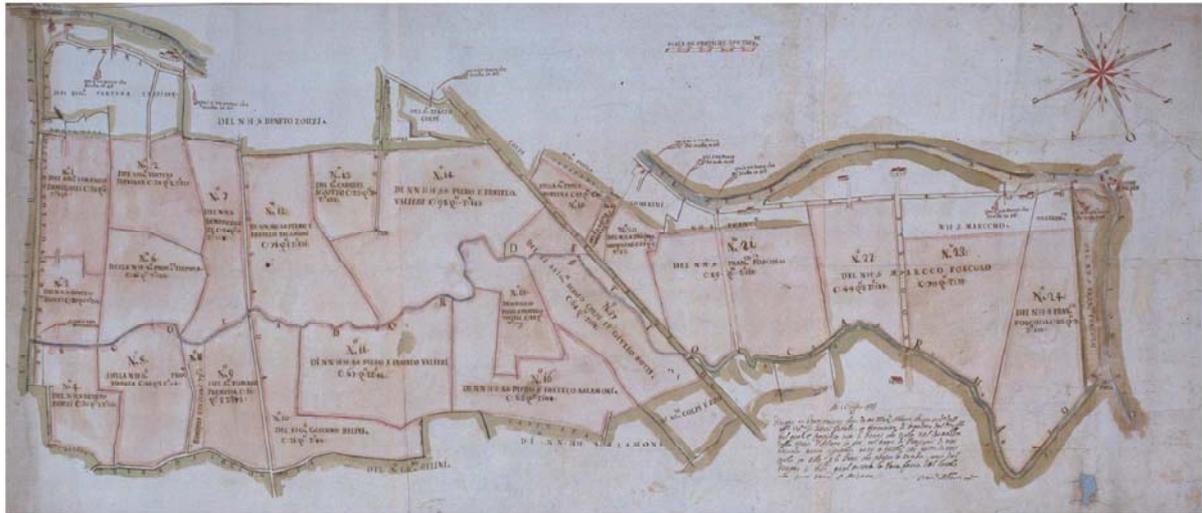


che e dalla cartografia storica consentono in molti casi e con estrema precisione di identificare e di datare tracce antropiche: strade, insediamenti rustici, impianti produttivi, lineazioni della centuriazione, e tracce naturali, come gli antichi percorsi fluviali e le antiche linee di costa. L'incrocio dei dati si è rivelato particolarmente soddisfacente per quanto riguarda il tracciato della strade, riferibili a epoca antica, che attraversavano il territorio della provincia di Venezia. Il percorso della *via Annia*, d' epoca romana, è perfettamente ricostruibile, senza soluzione di continuità, nel tratto da Mestre al Tagliamento: le tracce messe in luce dalla fotointerpretazione "si saldano" perfettamente con tratti di strada rilevati sul terreno, desunti da cartografia storica, infrastrutture quali ponti databili alla fine del I secolo a.C. - I secolo d.C. e militari del IV secolo d.C. Inoltre la presenza di siti archeologici lungo il tracciato, come necropoli ed edifici rustici, databili alla fine del I secolo a.C. - I secolo d.C., costituiscono elementi indiziari a ulteriore conferma della presenza della strada e del suo tracciato. Il confronto del tracciato della *via Annia* nella carta geomorfologica e quello proposto in altre carte topografiche, pur di ottimo livello scientifico (BOSIO, 1987; ROSADA, 1999), mostra

profonde differenze nella definizione, nel grado di risoluzione e nella ricchezza delle prove documentarie, per la prima volta disponibili insieme (fig. 2.32, fig. 2.33). Il confronto e l'interpretazione dei dati archeologici e geomorfologici si è rivelato particolarmente felice, in particolare lungo un tratto della *via Annia* tra Sile e Piave messo in luce dalla fotointerpretazione: nella tenuta di Ca' Tron, dove la via intercetta un paleoalveo (Paleoalveo della Canna), uno scavo archeologico nel 2003 ha rivelato la presenza di strutture riferibili a un ponte (GHEDINI & BUSANA, 2002; vedi scheda "Il Progetto Ca' Tron: un'indagine integrata" di BASSO, BONETTO, BUSANA & GHEDINI, in questo volume) (fig. 2.34). Un altro esempio di integrazione fra dati desunti dall'archeologia, dalla cartografia storica e dalla geomorfologia è costituito dallo scolo Carmason da alcuni autori identificato come un antico percorso del Sile (PIANETTI, 1979a), che nelle carte storiche defluisce nel Sioncello (ASVE, Beni Inculti Treviso-Friuli, ds. 446/32b/1, IMAGO 137; fig. 2.35). L'indagine geomorfologica mostra la presenza di un paleoalveo, in parte corrispondente con l'attuale scolo Carmason, fiancheggiato da una traccia antropica che scavi stratigrafici recenti hanno identificato come la strada di raccordo che in epoca romana portava da Altino a Oderzo. Lo scavo ha confermato la presenza accanto alla strada di un antico corso d'acqua, probabile canale artificiale scavato nel paleoalveo, e di una necropoli (TIRELLI, 1985; 1986; TIRELLI *et alii*, 1988, TOMBOLANI, 1987). La presenza di siti archeologici sopra il dosso di un paleoalveo fornisce precise indicazioni sull'andamento, sull'attività di un corso d'acqua in un determinato periodo e sul suo popolamento. È il caso del Tagliamento di epoca romana, indicato da Plinio come *Tiliaventum Maius* (*Naturalis Historia*, III, 126) e il cui tracciato è già stato identificato e proposto in pubblicazioni scientifiche (MAPPA ARCHEOLOGICA, 1985; CROCE DA VILLA *et alii*, 1987). La georeferenziazione dei siti e l'alta definizione della carta geomorfologica permettono di evidenziare in maniera precisa il percorso del



Fig. 2.35. Quarto d'Altino, Tre Palade, a sud del Sile attraversato dallo scolador del Carmason di Francesco Alberti, 1665 (ASVE, Beni Inculti Treviso-Friuli, ds. 446-32b-1).



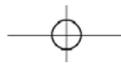
fiume lungo il corso della roggia Lugugnana tra Teglio Veneto, Fossalta e Lugugnana, fin quasi alla costa attuale, delimitato a destra e sinistra del dosso da numerosi siti archeologici di epoca romana che ne datano il periodo di attività (vedi paragrafo 4.I.5. in questo volume). Si rivela altrettanto prezioso il confronto tra i dati archeologici, quelli geomorfologici e la fotointerpretazione. Ad esempio la presenza di tracce antropiche evidenziate dalla fotointerpretazione e di ritrovamenti sopra il dosso che raggiunge Torre di Mosto conferma che la sua formazione era già conclusa in epoca romana (vedi capitolo 4.II.3. in questo volume).

2. VIII. 2. b. La laguna

Fase I: l'acquisizione dei dati

La metodologia e le fasi della ricerca utilizzate per la laguna sono del tutto simili a quelle della terraferma; sono diverse invece le procedure di acquisizione dei dati. L'allestimento della carta ha previsto lo spoglio di tutta la bibliografia disponibile, l'identificazione dei siti archeologici, la loro verifica, il recupero dei dati ritenuti insufficienti, la lettura, il confronto e l'interpretazione dei dati archeologici in relazione alle informazioni geomorfologiche. Sono più di 250 le "sta-

zioni" o unità topografiche finora identificate e 500 le strutture rilevate negli ultimi quaranta anni in laguna soprattutto ad opera dell'Ispettore Onorario della Soprintendenza Archeologica, di E. Canal e in tempi recenti da NAUSICAA, Nucleo Operativo della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto, diretto da L. Fozzati. È attualmente in corso di preparazione la Carta Archeologica completa dei siti lagunari che costituirà il V volume della *Carta Archeologica del Veneto*. Sono solo 50 circa le "stazioni" finora oggetto di pubblicazione da parte dello stesso CANAL (1995; 1998). Altri siti, nella quasi totalità rilevati dall'Autore, sono stati pubblicati in *Quaderni di Archeologia del Veneto*, in *Archeologia delle acque* e in testi recenti, a carattere scientifico. Le informazioni relative a ciascun sito identificato in carta sono state registrate nella "scheda di rilevamento" già utilizzata per la terraferma, ma appositamente adattata alle esigenze particolari della ricerca archeologica lagunare. Per molti di questi siti sono assenti le coordinate precise, geografiche o UTM, manca spesso la collocazione in una carta a grande scala e spesso non vengono riportati rilievi; sono assenti la determinazione cronologica precisa, lo studio tipologico dei materiali, tutte informazioni necessarie per una



lettura e interpretazione corretta del sito e indispensabili per un confronto puntuale con i dati geomorfologici e cartografici. Per questo motivo è stata effettuata una ricognizione della banca dati dei siti archeologici della laguna di Venezia conservata al Consorzio Venezia Nuova - Servizio Informativo. La banca dati è costituita da 226 schede riferibili in 165 casi a stazioni identificate e rilevate da E. Canal; sono molte le schede elaborate sulla base delle informazioni fornite da appassionati locali; un numero limitato, 12, riguardano scavi recenti condotti da NAUSICAA e sono state redatte da M. D'Agostino, archeologo del Consorzio Venezia Nuova. Sono state consultate esclusivamente le schede relative alle stazioni e ai siti editi. Le schede della banca dati risentono dell'anno di redazione, 1994 e seguenti, e delle conoscenze di allora. Per la prima volta si valutavano le ricerche e le scoperte in laguna di alcuni subacquei volontari, ma soprattutto di E. Canal. Il mondo accademico, a parte rare eccezioni (DORIGO, 1983), fino ad allora aveva negato e negava l'esistenza di siti archeologici in laguna (BOSIO, 1984). Mancavano studi scientifici in proposito e le schede di E. Canal rappresentavano la sintesi di quarant'anni di lavoro. Per questo sono estremamente sintetiche le notizie sui dati di scavo e di ritrovamento, comunque insufficienti perché riportano solo una descrizione ridotta del ritrovamento, ma non consentono di rintracciare e verificare coordinate, datazione e contesto; sono quasi sempre assenti rilievi, disegni e foto, generalmente ancora in possesso dello scopritore. Le datazioni sono molto approssimative, alta la percentuale di datazione estremamente generica, moderna o imprecisabile; non sono mai riportati i dati relativi ai reperti: la stratigrafia o i dati di recupero, il numero complessivo, il materiale, la classe, la forma, il tipo, elementi preziosi e indispensabili per ricostruire la "storia" del ritrovamento e definire o controllare la datazione. Si sono quindi resi necessari una verifica e un recupero, ove possibile, delle informazioni ritenute insufficienti. Per questo ci si è avvalsi della collaborazione dello stesso Canal che ha fornito

la collocazione puntuale dei siti archeologici editi mediante coordinate geografiche o l'ubicazione nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (la dimensione del simbolo nella carta tuttavia garantisce sufficiente indeterminatezza ai fini della tutela dei siti). Per ciascun sito ha messo a disposizione tutti i documenti in suo possesso e di sua proprietà relativi ai dati di scavo e di ritrovamento, alle analisi, ai carotaggi, ai sondaggi, alle datazioni al radiocarbonio, effettuate a proprie spese presso il CNR di Roma (G. CALDERONI). Ha permesso la visione di filmati, fotografie e diapositive di ognuno di essi. Inoltre ha curato l'elaborazione nella Carta Tecnica Regionale dei percorsi antichi del Brenta e del Piave identificati attraverso più di duemila tra carotaggi e sondaggi, e delle antiche linee di costa. La sua preziosa collaborazione ha permesso di cartografare i siti nella carta geomorfologica e di precisare contesto e datazione di ognuno, di riportare le quote e, quando disponibili, le datazioni al radiocarbonio. È stato possibile indicare nella carta geomorfologica anche gli antichi percorsi di Brenta e Piave e le antiche linee di costa. In totale sono stati identificati 100 siti che coprono un arco cronologico compreso tra il Neolitico e l'età moderna. Per ognuno è stata compilata una scheda di rilevamento, documento interno al progetto, e il sito è stato collocato in carta. Nella carta in scala 1:20.000 è riportato il numero che trova corrispondenza nell'elenco completo dei siti presente in appendice (vedi Appendice 2 in questo volume) che riporta il nome del sito, il numero, la quota sul l.m.m., la datazione al radiocarbonio, ove disponibile, il contesto e la datazione.

Fase II: *la lettura e l'interpretazione dei dati*

La proposta di lettura e interpretazione dei dati relativi alla laguna risente inevitabilmente della disponibilità parziale dei dati archeologici editi, ma è comunque la prima volta che una carta a grande scala offre tanti elementi diversi insieme: archeologici, geomorfologici, cartografici, preziosi dati come datazioni al radiocarbo-

nio, carotaggi e sondaggi insieme. La lettura, l'interpretazione dei dati e il loro confronto hanno fornito in molti casi buoni risultati. L'integrazione tra informazioni di tipo diverso, archeologico, geomorfologico e cartografico, ha permesso ad esempio di identificare e proporre i vari percorsi del Brenta in terraferma e laguna in età antica (vedi paragrafo 4.V.2 in questo volume). È stato identificato un probabile percorso fluvio-lagunare di un antico ramo del Brenta che da Lova, passando per San Leonardo in Fossa Mala, arrivava fino al porto di Malamocco, dove Canal ha individuato le tracce di una struttura portuale (vedi paragrafo 4.V.2.b.(iii) in questo volume). Un paleoalveo del Brenta da San Leonardo in Fossa Mala sembra infatti proseguire in un corso d'acqua, il Canal Mazor, di cui si conserva traccia in alcune carte storiche del XVI secolo fino a Lova dove la presenza di un dosso messo in luce dalla fotointerpretazione e testimonianze archeologiche rivelano la presenza di un fiume attivo in età preromana che raggiungeva Padova. Datazioni al radiocarbonio indicano che un Brenta era attivo a partire dall'età preromana e sembrano collegarsi alle testimonianze archeologiche che rivelano il passaggio di un fiume in età romana lungo il dosso di Arzergrande. E infine in un perfetto gioco a incastro le indicazioni fornite da alcune datazioni al radiocarbonio su sedimenti fluviali nell'area del Bondante a Torson, nei pressi del dosso di Lugo e delle Giare in laguna, sembrano confermare la presenza di un Brenta attivo in età romana lungo il dosso di Stra, ora occupato dal Naviglio Brenta (vedi paragrafo 4.V.2.c.(i) in questo volume). Ancora, linee di costa antiche, individuate da E. Canal, per Sant'Erasmo, Lio Piccolo e Lio Maggiore si collegano alle antiche linee di riva messe in luce dalla fotointerpretazione da Jesolo a Torre di Fine dove ritrovamenti archeologici sono allineati lungo il canale Cavetta, probabili scali interni di un percorso endolagunare (vedi paragrafo 4.II.5. in questo volume). Testimonianze archeologiche in terraferma e siti, ora sommersi, in laguna, indicazioni paleoambientali,

presenza di dossi sepolti, dati desunti da carte storiche e datazioni al radiocarbonio hanno permesso di ricostruire e datare possibili antichi percorsi del Sile e del Piave, in un alternarsi di terre emerse e aree lagunari, fornendo così contorni più precisi di una laguna e di un territorio che si va rivelando sempre più profondamente diverso da quello attuale (vedi paragrafi 4.III.4. e 4.IX.3. in questo volume).

CAPITOLO 2. IX.

LE RADIODATAZIONI AL ^{14}C NELLA CARTA GEOMORFOLOGICA

di Sara Magri e Aldino Bondesan

Le radiodatazioni al ^{14}C costituiscono un dato estremamente importante ai fini della ricostruzione dell'assetto geomorfologico e delle vicende evolutive della pianura. Il dato in sé, svincolato dal contesto dal quale il campione è stato prelevato e dal complesso di studi accessori che generalmente accompagnano le ricerche, non è esaustivo, tuttavia, in fase di allestimento della legenda, si è ritenuto utile apportare in carta le datazioni più significative, corredate dalla profondità di prelievo del materiale datato relativamente alla pianura e della quota riferita al livello del mare per la laguna. Le date sono generalmente discusse nel testo delle note illustrative, dove esse vengono inserite nel quadro stratigrafico dell'area, e pertanto la loro rappresentazione grafica costituisce un importante elemento di supporto alla trattazione della geomorfologia del territorio provinciale.

Per uniformare la loro rappresentazione si è adottato il criterio di riportare sempre la sola data convenzionale corredata dalla deviazione standard, rimandando all'Appendice 3 e al testo l'indicazione dell'equivalente data calibrata. Anche nel testo, le date non calibrate sono



esprese in anni BP (Before Present) e corredate dalla deviazione standard (esempio: 5345 ± 140 anni ^{14}C BP), mentre, quando sono calibrate, le datazioni vengono espresse in date calendario a.C. o d.C., riportando l'intervallo cronologico (esempio: 580-730 d.C. oppure 2450-2130 a.C.). Quando attraverso la calibrazione si sono ottenuti più intervalli cronologici si è adottato il criterio di riportate la coppia di date ai due estremi inferiore e superiore. Ad esempio, un campione avente data calibrata 2 sigma pari a: 3940-3850 a.C. e 3820-3620 a.C. è diventato 3940-3620 a.C.

Durante la preparazione della carta sono state raccolte più di 300 date provenienti da fonti diverse. È stato preparato un *data base* strutturato in 6 sezioni che raggruppano ciascuna più campi; si riportano di seguito le informazioni contenute in ciascuna sezione (vedi tab. 4).

Tab. 5. Sezioni del *data base* cronologico.

Sezione Identificazione	ID campione Località prelievo Nome campione Età radiometrica convenzionale BP \pm errore
Sezione Analisi	Nome laboratorio Codice laboratorio Tipo di analisi Materiale trattato Pretrattamento
Sezione Datazione	Età radiometrica misurata BP \pm errore $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in ‰ (stimato o misurato) Età radiometrica convenzionale \pm errore
Sezione Calibrazione	Cal a / Cal BP a
Sezione Luogo	Provincia prelievo Comune prelievo Quota s.l.m. (m) Profondità piano campagna (m) Coordinate Gauss Boaga (latitudine e longitudine) Descrizione luogo
Sezione Dati generali	Data prelievo Nome operatore Progetto Stratigrafia Bibliografia Note

Di tutte le date disponibili è stata fatta una selezione di quelle più significative; nella carta geomorfologica vengono rappresentati 102 risultati di radiodatazioni al ^{14}C disposte omogeneamente nella zona orientale del Portogruarese, nella parte centrale dell'entroterra di Mestre, lungo i litorali e nella laguna di Venezia, mentre vi è la totale assenza di datazioni nella zona occidentale, fatta eccezione per un solo punto datato nel comune di Chioggia.

Le date sono state raccolte dalla letteratura scientifica, da ricerche inedite condotte da ricercatori afferenti al Dipartimento di Geografia dall'Università di Padova e da lavori inediti di E. Canal. Nel dettaglio, le datazioni al ^{14}C utilizzate provengono:

- per il 36,3% da lavori pubblicati tra il 2000 e il 2002. 19 sono in BONDESAN A. *et alii* (2002b) e raccolgono datazioni eseguite nell'entroterra veneziano e nei comuni di Jesolo e Eraclea; altre 14 date sono pubblicate in GHEDINI *et alii* (2002); vi sono inoltre le datazioni eseguite nelle tenuta di Ca' Tron c nelle zone limitrofe; infine 5 pubblicate in SERANDREI BARBERO *et alii* (2001), dove sono riportati i campioni datati prelevati nel sottosuolo del centro storico di Venezia;
- per il 23,6% da lavori pubblicati dal 1968 al 2001. Sono tutti lavori eseguiti da ricercatori del CNR di Venezia (FONTES & BORTOLAMI, 1973; BONATTI, 1968; ALBANI *et alii*, 1995; BORTOLAMI *et alii*, 1977; ALBEROTANZA *et alii*, 2002; SCHIOZZI & BRAMBATI, 2001; FAVERO & SERANDREI BARBERO, 1981; SERANDREI BARBERO *et alii*, 1997) e trattano prevalentemente le datazioni eseguite su sedimenti della Laguna di Venezia;
- per l'8,9% dal 1995 al 1999. La maggior parte, 9, sono pubblicati in GALASSI & MAROCCO (1999). Le datazioni pubblicate si riferiscono ai comuni di Caorle e Portogruaro;
- per il 15,6% sono datazioni inedite facenti parte di ricerche in corso da parte degli Autori;
- per il 15,6% sono di E. Canal, inedite o pubblicate in CANAL (1998).

Tutte le datazioni rappresentate in carta si trovano riassunte per ordine crescente d'età



nell'Appendice 3, dove una tabella elenca per ciascuna datazione i seguenti tematismi:

- l'identificativo del campione: il nome attribuito al campione e il codice del laboratorio (ad esempio Roma-1093);
- il tipo di analisi a cui è stato sottoposto: il 70% circa dei campioni è stato analizzato con la "procedura radiometrica standard", il 10% circa con il metodo della "scintillazione liquida" e il 20% circa è stato datato con il metodo dell'AMS (Accelerator Mass Spectrometry);
- il tipo di materiale trattato: il 77% dei campioni inviati erano costituiti da torba, il 12% da frammenti di legno e l'11% da gusci o frammenti conchigliari;
- la data calibrata;
- la localizzazione: provincia, comune, località, coordinate e profondità sia dal piano campagna sia rispetto al l.m.m.;
- la bibliografia.

Durante la compilazione del *data base* i dati più difficilmente reperibili nei lavori consultati sono stati il tipo di analisi a cui è stato sottoposto il campione, il nome del laboratorio specializzato dove il campione è stato datato e il codice assegnatogli. Altri due dati non sempre facilmente reperibili sono stati l'esatta collocazione geografica e la quota del campione sul livello del mare. Per il primo dato si è spesso ricorso alla georeferenziazione della carta della pubblicazione nella quale veniva riportata l'ubicazione del punto di prelievo del campione; per il secondo si sono utilizzate le informazioni sull'elevazione o si è utilizzato il microrilievo nel quale venivano collocati i sondaggi. Sulla base di tali informazioni sono state determinate la profondità dal piano campagna per la pianura e la quota sul l.m.m. per la laguna.

LA RADIODATAZIONE AL ^{14}C

di Sara Magri e Giulietta De Biasi

La radiodatazione è una tecnica che sfrutta le proprietà del Carbonio (C), che è un elemento molto diffuso in natura ed è il costituente fondamentale di tutti i composti organici, grazie alla sua particolare proprietà di combinarsi con se stesso per formare lunghe catene di atomi dette carboidrati. Inoltre il Carbonio si presenta sotto forma di tre isotopi: i primi due, ^{12}C e ^{13}C sono stabili, il terzo, ^{14}C , è radioattivo e si forma solo nella bassa atmosfera in quantità ridotte. Ciò fa sì che sia presente in tutti gli organismi viventi, anche nella sua forma radioattiva, e la misurazione della quantità rimasta di questa permette di risalire in maniera abbastanza precisa all'età della morte del campione studiato. Infatti, il radiocarbonio, rimanendo parecchi anni nell'atmosfera dopo essersi formato e mescolandosi uniformemente con i suoi due isotopi stabili, entra nel ciclo geologico solitamente attraverso l'idrosfera e viene incorporato nel materiale organico, nei sedimenti e nelle superfici d'acqua.

Un parametro importante, per la caratterizzazione del nucleo radioattivo del C, è il tempo di dimezzamento $t_{1/2}$, che corrisponde al tempo caratteristico in cui le quantità di atomi che sono decaduti è ridotta della metà.

Per il ^{14}C tale parametro può essere rappresentato dal seguente grafico (fig. 2.36), dove il valore t è in ascissa e l'attività del carbonio è in ordinata (disintegrazioni per minuto per grammo).

Il grafico illustra la diminuzione nel tempo dei nuclei radioattivi ed è evidenziato il valore di $t_{1/2}$ per il ^{14}C , che corrisponde a 5730 ± 30 anni, calcolato da GOLDWIN nel 1962.

Quando però Libby nel 1955 espose i principi della radiodatazione al carbonio, calcolò un tempo di dimezzamento per il ^{14}C pari a 5568 anni, con un errore del 3%. Per evitare confusione fu deciso di continuare a usare il tempo calcolato da Libby arrotondato a 5570 anni (BRADLEY, 1999).

In conclusione, basandosi sul fatto che una sostanza impiega un numero determinato d'anni a trasformarsi in un'altra, conoscendo con opportune analisi la percentuale dell'isotopo radioattivo ancora presente e quella dell'elemento prodotto dal decadimento, è possibile risalire all'età del campione in esame. Nel caso del metodo al carbonio non viene misurato l'elemento prodotto dopo il decadimento ma si misura il



rapporto tra il carbonio radioattivo ^{14}C e il suo isotopo stabile ^{12}C .

Il metodo ha un limite temporale in quanto la radioattività dopo 50.000 anni risulta troppo bassa per essere rilevata dagli strumenti. Anche per campioni più giovani ci sono delle limitazioni, in quanto negli ultimi due/tre secoli ci sono state fluttuazioni marcate del carbonio radioattivo nell'atmosfera. Infatti, con l'inizio dell'industrializzazione e dell'uso del carbone come fonte energetica, la concentrazione di ^{14}C è diminuita perché il carbone bruciato libera grandi quantità di carbonio stabile (non radioattivo) già decaduto da lungo tempo.

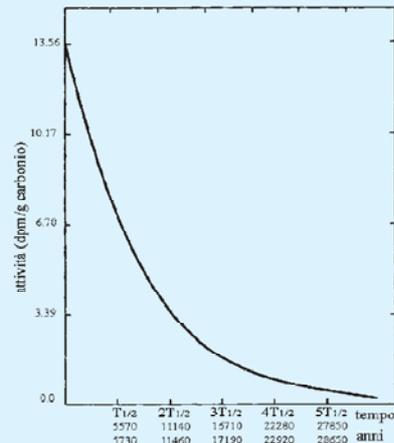
Quando i campioni vengono mandati ai vari laboratori specializzati nella datazione radiometrica, essi vengono pre-trattati per eliminare componenti secondari del carbonio dovute alla contaminazione. Questo fenomeno è provocato da carbonio proveniente dall'ambiente circostante con differente rapporto $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$. La contaminazione avviene in campo attraverso l'apporto di materiale di diversa età, oppure attraverso processi di tipo meccanico, chimico e microbiologico.

Per esempio, se viene trattato un campione di torba, la sostanza più usata per la datazione, il primo passaggio compiuto è quello di riconoscere le fonti di contaminazione, come radici di piante ancora in vita, penetrate nella sezione dove è stato prelevato il campione. Oppure si possono individuare acidi umici prodotti da batteri o sale proveniente dagli spruzzi del mare, elementi di combustione fossile o prodotti di scolo di coltivazioni nelle vicinanze del prelievo. Questi sono solo alcuni esempi delle tante cause che possono contaminare un campione e alterare il risultato della datazione. Dopo il pre-trattamento il campione in esame viene convertito in un composto adatto per il conteggio del ^{14}C .

I laboratori utilizzano due metodi detti convenzionali:

- i contatori di gas proporzionale o "procedura radiometrica standard": si tratta di un metodo che utilizza, per la maggior parte delle volte, CO_2 in quanto le sue proprietà criogeniche facilitano il trattamento e riducono il grado di contaminazione. Il gas ottenuto viene purificato facendolo circolare sopra del rame e dell'argento caldo per qualche giorno. In seguito il gas viene messo in un contatore proporzionale capace di rilevare particelle β in quanto gli impulsi in uscita sono proporzionali alla frequenza di emissione di que-

Fig. 2.36. Il decadimento del radiocarbonio nel tempo. È rappresentato sia il valore di $T_{1/2}$ calcolato da LIBBY nel 1955 (5570 anni) che quello calcolato da GOLDWIN nel 1962 (5730 anni) (da BRADLEY, 1999, modificata).



ste particelle.

- la "tecnica della scintillazione liquida": il carbonio è convertito in benzene o qualche altro liquido organico e inserito in uno strumento che rileva i *flashes* di luce prodotti dall'interazione di particelle β e il fosforo aggiunto al liquido organico.

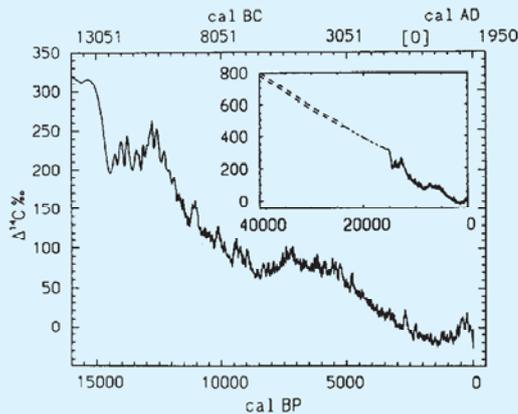
In entrambi i metodi sono necessarie rigide misurazioni per evitare che i contatori siano contaminati da radioattività esterna che deriva dai componenti della strumentazione, dal materiale di laboratorio, dall'ambiente circostante in generale, inclusi i raggi cosmici che penetrano nell'atmosfera. Inoltre, per datare campioni molto antichi con metodi convenzionali occorre una quantità elevata di campione affinché la sua attività sia conteggiata.

Un altro metodo, inventato nel 1977, chiamato AMS (Accelerator Mass Spectrometry) invece di misurare direttamente la quantità di ^{14}C nel campione, con il conteggio delle particelle β emesse, rileva la concentrazione dei singoli ioni ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . Il campione viene bombardato da una sorgente di ioni negativi che lo inducono ad emettere anch'esso ioni dello stesso tipo. In seguito questi ioni passano attraverso un analizzatore magnetico (e in certi casi anche attraverso uno elettrostatico), che ha la funzione di analizzare la massa del raggio di ioni negativi con una risoluzione sufficiente a separare isotopi di elementi pesanti.

I vantaggi dell'utilizzo dell'AMS rispetto alle tecniche convenzionali sono molteplici permettendo, infatti, una precisione, per il ^{14}C , dell'1% (± 83 anni),



Fig. 2.37. Valutazione relativa della concentrazione di ^{14}C nell'atmosfera (rispetto al valore standard) ricostruita mediante la dendrocronologia e la cronologia dei coralli e delle varve (da IMPROTA, 2000).



rende possibile misurare il radiocarbonio in campioni molto più piccoli (1-10 mg di carbonio) di quelli richiesti dalle tecniche convenzionali, come campioni di piccoli foraminiferi, granelli di polline o semi, in tempi molto più brevi; inoltre si può utilizzare per datare campioni il cui processo di decadimento del radiocarbonio è cominciato 60.000 anni fa o più.

È indubbio che con questi metodi non è possibile assegnare una datazione assoluta, ma solo relativa, a un campione in quanto non è possibile determinare quando un atomo di carbonio decade ma si può solo rilevare che, in un campione contenente un numero elevato di ^{14}C , un certo numero di disintegrazioni avverranno in media in un certo intervallo di tempo. Perché una datazione sia assoluta dovrebbe essere nota e costante, per ogni serbatoio, cioè per l'atmosfera, l'idrosfera e la biosfera, la concentrazione di ^{14}C . Infatti, gli organismi durante la loro vita posseggono una concentrazione di radiocarbonio strettamente connessa con quella del serbatoio di appartenenza, in una situazione di equilibrio dinamico. Pertanto, per ottenere una datazione assoluta dei campioni è stato necessario ottenere delle prove di variazione nel passato della concentrazione di ^{14}C che, per ogni serbatoio, deve essere determinata per via indipendente utilizzando archivi naturali di radiocarbonio la cui età assoluta sia nota. Questi archivi sono i cerchi di accrescimento degli alberi, per il ser-

batoio atmosfera, coralli e sedimenti marini varvati, per il serbatoio idrosfera. L'età assoluta è stata determinata nel primo caso con la dendrocronologia tramite la sequenza continua di campioni di alberi dataati, fino a ottenere un *data base* chiamato INTCAL98, pubblicato dalla rivista *Radiocarbon*, che permette di passare attraverso la calibrazione dal dato radiometrico di laboratorio al dato assoluto, nel secondo caso invece l'età assoluta è stata determinata con misurazioni con il metodo U/Th, per i coralli, e con il conteggio, per quanto riguarda le varve.

I dati relativi alla concentrazione di radiocarbonio per un serbatoio possono essere trasferiti a un altro per mezzo di modelli matematici.

Dall'età "radiocarbonio o convenzionale" ricavata in laboratorio (l'età che avrebbe un campione se l'organismo da cui esso deriva fosse vissuto in equilibrio con un serbatoio a concentrazione costante, quale quella stabilita per convenzione da uno standard di riferimento) viene calcolata l'età assoluta attraverso l'operazione della calibrazione. Questo consiste nell'intersezione del dato radiometrico relativo con la curva che esprime l'andamento della variazione nel tempo della concentrazione di ^{14}C .

La curva di calibrazione è basata sulla dendrocronologia per il periodo compreso tra il presente e l'anno 11.850 BP, mentre per il periodo compreso tra 11.850 BP e l'anno 24.000, si è fatto ricorso alla cronologia dei coralli e delle varve marine. Il limite inferiore dell'età assoluta attualmente determinabile con la calibrazione corrisponde a un'età convenzionale di circa 20.200 anni, età notevolmente distante dal limite strumentale valutabile intorno a 60.000 anni BP (IMPROTA, 2000).

Il processo di calibrazione è basato su campioni di legno corrispondenti a un periodo di uno o più decenni per la maggior parte della curva, mentre, negli ultimi 500 anni circa, l'analisi di legni annuali ha fornito un confronto dettagliato tra l'età convenzionale e quella calendario. Per gli ultimi 2500 anni circa le due età hanno uno scarto di ± 100 anni, che aumenta fino a circa 1000 anni per 10.000 anni BP; questo confronto rivela che l'età convenzionale continua a essere sistematicamente più giovane dell'età assoluta almeno fino a 30.000 anni calendario, con una differenza di circa 3500 anni.



CAPITOLO 2. X.

L'INFORMATIZZAZIONE

di Barbara Bertani e Giancarlo Biotto

Le problematiche relative allo studio e al monitoraggio del territorio richiedono informazioni precise e aggiornate. Un'attenta gestione del territorio stesso si può infatti realizzare solo attraverso la sua conoscenza approfondita nel tempo. L'informazione è, quindi, alla base della pianificazione e delle scelte gestionali in campo ambientale. Si inserisce in tale ottica l'informatizzazione di dati relativi al territorio che consente la realizzazione di un moderno strumento di archiviazione delle conoscenze, a disposizione di un'utenza sempre più varia. Tutto ciò avviene grazie all'utilizzo di tecnologie informatiche capaci di utilizzare e gestire informazioni territoriali di diversa natura (immagini satellitari, fotografie aeree, dati vettoriali, *raster* ecc.) e di rappresentare le informazioni archiviate in modo efficace (mediante carte tematiche, modelli tridimensionali ecc.). Praticamente questi sistemi sono in grado di ricevere dati grezzi territoriali e trasformarli in dati opportunamente elaborati per l'analisi del territorio.

I progetti Doge e Leo si sono prestati in modo particolare all'utilizzo di queste tecnologie in quanto hanno permesso la creazione di un importante archivio di dati riguardanti varie discipline e, soprattutto, hanno reso possibile correlare tutte le informazioni fra di loro e ottenere, quindi, delle informazioni derivate. Si può dire che si è costituita un'ottima base sia per lo studio del territorio della provincia di Venezia che per lo sviluppo di applicazioni informatiche sulla gestione del territorio.

2. X. 1. IL FLUSSO DEL LAVORO

La prima operazione è consistita nell'elaborazione della legenda in bozza. Essa, comune a entrambi i progetti Doge e Leo, è stata realizzata utilizzando criteri morfogenetici. Dopo aver elaborato la legenda di massima e definite le prime

proposte di modalità di rappresentazione dei vari tematismi, si è proceduto con la raccolta, l'analisi e il caricamento dei dati riferiti a un'area campione (area del basso Piave), per cui era stata prevista una carta di prova alla scala di stampa finale (1:50.000) con l'obiettivo di testare sia i contenuti che la resa grafica (fig. 2.1).

2. X. 1. a. *La raccolta dei dati*

Una volta individuati i tematismi di interesse si è provveduto alla raccolta e allo spoglio della bibliografia esistente nonché di tutti i dati presenti negli uffici:

- del Servizio Informativo;
- della Provincia di Venezia;
- del Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova;
- dell'ARPAV.

In tali archivi è stato raccolto materiale di diversa tipologia: banche dati informatizzate e georeferenziate, bibliografia in generale, cartografia tematica e storica, fotografie aeree, immagini satellitari, il tutto in formato cartaceo c/o digitale.

Dal punto di vista dell'informatizzazione è importante descrivere le fonti e la tipologia dei dati perché la valutazione e il trattamento successivo delle informazioni è fortemente dipendente da questo.

2. X. 1. b. *L'analisi dei dati*

La fase successiva è consistita:

- nell'analisi dei dati a disposizione;
- nella predisposizione di un sistema e di norme di acquisizione per garantire l'uniformità del risultato.

In particolare si è analizzata la struttura, il formato, l'attendibilità del dato, la coerenza dal punto di vista temporale delle informazioni che si sono volute rappresentare e la loro possibilità di impiego ai fini dell'inserimento nella carta.

È risultato subito evidente che, per il loro corretto utilizzo, è assolutamente indispensabile conoscere come e quando le informazioni sono state raccolte, eventualmente trattate e restituite.





Il produttore, infatti, è ovviamente in grado di vagliare e utilizzare i dati nel modo migliore, mentre il loro riutilizzo è legato alla possibilità di conoscerne le caratteristiche per essere in grado di valutarne utilità e limiti.

In tale ottica nell'ambito di questo progetto è stata prevista un'appendice (vedi Appendice 1 in questo volume) in correlazione con la legenda, in cui è presente una breve descrizione di ogni tematismo corredata dalle indicazioni sul dato di origine e sulle successive ed eventuali elaborazioni dello stesso che hanno condotto al risultato finale.

2. X. 1. c. *Il caricamento dei dati*

Data la molteplicità dei tematismi oggetto di questa carta, la varietà delle fonti e le tipologie di dati originali, anche le modalità di acquisizione informatica sono state diverse.

Si può dire che i dati originali a disposizione potevano essere raggruppati in due categorie: digitali e non digitali.

I dati già digitali possono essere stati soggetti a:

- un'eventuale conversione dal formato d'origine nel formato dell'ambiente di lavoro (Microstation SE), (ad esempio cave, discariche, microrilievo della terraferma, difese a mare);
- una conversione nel sistema di riferimento prescelto per il lavoro (sistema nazionale Gauss Boaga, fuso est), nel caso fossero stati elaborati in un altro sistema di riferimento;
- l'estrazione e/o elaborazione di elementi (ad esempio idrografia, aree urbanizzate, argini dalla CTR su supporto digitale; tendenze evolutive delle barene ottenute da confronto di estensione in periodi differenti; microrilievo della laguna, velme ecc.).

Il caricamento dei dati non digitali prevede per prima cosa l'acquisizione della geometria delle varie entità e successivamente la loro organizzazione in tematismi.

In base alla tipologia, le entità cartografabili sono state rappresentate mediante uno dei tre elementi geometrici di base: punto, linea o poligono chiuso. La loro acquisizione si compie attraverso la "vettorializzazione" o digitalizzazione,

che consiste nel "disegnare" gli elementi su una base vettoriale georeferenziata (vale a dire riferita ad un sistema di riferimento noto, in questo caso il sistema nazionale Gauss Boaga fuso est).

In generale, i tematismi sono stati prima riportati su supporto cartaceo e, quindi, sottoposti ai seguenti processi:

- scansione (creazione di un *file raster*);
- georeferenziazione della base *raster* eseguita attraverso una rototraslazione con variazione di scala. Essa è possibile solo se si evidenziano nell'immagine almeno 4 punti corrispondenti ad altrettanti di coordinate note nella cartografia di riferimento.
- digitalizzazione (a schermo) degli oggetti da rappresentare, eseguita con una precisione conforme alla scala degli originali.

2. X. 2. L'ALLESTIMENTO DELLA CARTA

2. X. 2. a. *La base topografica*

Per garantire una buona leggibilità complessiva del territorio si è deciso di rappresentare i tematismi geomorfologici e archeologici sulla base topografica della Carta Tecnica Regionale numerica (di tipo CAD).

Considerata la scala di stampa prevista (1:50.000), si è valutato che la complessità e la quantità di elementi presenti nella CTRN stessa (in scala 1:5000) avrebbero pregiudicato la leggibilità dei tematismi geomorfologici. È stato, quindi, svolto un lungo lavoro di semplificazione che si è articolato nelle seguenti fasi:

- estrazione da ogni elemento alla scala 1:5000 (circa 350 carte per tutta l'estensione dell'area interessata) delle entità giudicate importanti per descrivere il territorio alla scala prevista, ovvero edifici e viabilità;
- eliminazione manuale di elementi poco significativi (ad esempio alcune fra le strade secondarie o di campagna) dal momento che, dopo la prima selezione, la base risultava ancora troppo fitta.

2. X. 2. b. *La simbologia*

L'approccio all'informatizzazione e alla gestione di una cartografia tecnico-tematica deve





tener conto dell'esigenza di produrre, a partire dal prodotto digitale, la cartografia su supporto cartaceo alle scale nominali previste e con la simbologia convenzionale stabilita.

Essendo la rappresentazione cartografica l'obiettivo primario di questo lavoro, un notevole impegno è stato dedicato alla creazione di una simbologia idonea a raffigurare i tematismi.

Le difficoltà principali si sono riscontrate nella necessità di dover rappresentare un gran numero di elementi e di evidenziare alcuni oggetti senza pregiudicare la visibilità di altri.

La simbologia è stata gestita tramite una tabella di corrispondenza (*pen table*), ovvero un *file* d'istruzioni che permette di selezionare gli elementi in base ai *file* e ai livelli in cui si trovano, o in base al colore, spessore e stile che presentano e di definire le caratteristiche di stampa dei vari tematismi senza dover necessariamente modificare gli oggetti originali.

Per le *entità di tipo areale* le modalità di rappresentazione sono state fondamentalmente due:

- con *campiture*
- con *pattern* o retini che permettono di vedere in trasparenza anche le campiture sottostanti.

Questi retini non sono fisicamente associati agli oggetti, ma sono stati creati appositamente con le dimensioni corrette per la scala prevista, raccolti in una speciale libreria e poi richiamati in fase di stampa.

Per le *entità lineari* le differenziazioni fra i vari oggetti si sono realizzate tramite lo spessore, il colore e lo stile che può essere continuo, tratteggiato con varie modalità, o creato *ad hoc* a seconda delle esigenze. In quest'ultimo caso gli stili di linea creati sono stati raccolti in una particolare libreria, ognuno con un nome che lo identifica univocamente e con la possibilità di essere attribuiti a qualsiasi linea.

Per le *entità puntuali* in genere si è ricorsi a simboli creati appositamente, chiamati "celle"; ognuno è identificato da un nome e sono contenuti in una particolare libreria da cui possono essere richiamati e posizionati.

Il metodo usato per posizionare tematismi

puntuali ha previsto, nel caso di un simbolo, che l'ubicazione esatta faccia riferimento al centro del simbolo stesso.

Le potenzialità del *software* utilizzato hanno permesso anche di poter ruotare i simboli in modo da fornire informazioni aggiuntive e importanti come l'orientazione (ad esempio alcuni siti archeologici come strade, approdi, gli ingressi in laguna ecc.).

Per quanto riguarda la scelta dei colori, dei simboli e degli stili di linea si è cercato di uniformarsi il più possibile a standard di simbologia che permettessero una più veloce lettura della carta e limitassero al massimo la necessità di una continua consultazione della legenda.

2. X. 3. IL GIS (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM)

Il GIS è il *software* usato per analizzare e dare una collocazione spaziale agli oggetti esistenti. Deve le sue possibilità alla capacità di memorizzare dati in un *data base*, trattarli e analizzarli nel contesto del territorio stabilendo relazioni spaziali tra i diversi oggetti e creare rappresentazioni cartografiche digitali.

Essendo la stampa della carta la finalità prioritaria di questo lavoro ed essendo ad ora l'ambiente CAD quello che offre maggiori possibilità dal punto di vista dell'editing e della simbologia, per il momento tutto il materiale è in questo formato.

Si prevede, comunque, di realizzare in un immediato futuro un GIS che raccolga e unifichi tutti questi dati, realizzabile tramite la correlazione dei dati grafici con un *data base*.

Questa operazione fisicamente si traduce nell'associazione di una scheda di identificazione a ogni oggetto. La scheda contiene informazioni che l'utente, dipendendo dalla tipologia, è in grado di caricare manualmente o anche automaticamente.

Il sistema permette di modificare e aggiornare i dati nel corso del progetto, di estrarli a piacimento sulle base di specifiche richieste dell'utente, di fare analisi sulla base degli attributi alfanumerici, contenuti nelle tabelle collegate ai vari oggetti, e di fare analisi di tipo spaziale.





2. X. 1. IL CD-ROM

Alla cartografia in formato cartaceo e al volume delle *Note illustrative* è stato allegato un CD-ROM che permette di visualizzare e stampare il prodotto realizzato.

Esso è strutturato in sessioni diverse che permettono di effettuare le seguenti operazioni:

- lettura di una parte introduttiva predisposta in formato pdf relativa al progetto realizzato;
- visualizzazione della cartografia digitale suddivisa per quadrante in scala 1:20.000 della CTR del Veneto con possibilità di operare degli ingrandimenti di aree di particolare interesse e di consultare la legenda;
- stampa delle singole porzioni o delle carte e della legenda alla scala 1:20.000.

Pensando a un utilizzo pratico di queste carte e anche alla maggiore scala alla quale si può stampare, la base topografica della cartografia interna al CD non è quella semplificata utilizzata per la stampa alla scala 1:50.000, ma la CTRN completa (per questioni di leggibilità e anche considerato il fatto che le informazioni sull'altimetria sono già date dal microrilievo, sono state tolte le quote).

2. X. 5. LA RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO ATTRAVERSO UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE (di R. Rosselli)

2. X. 5. a. *Le opportunità e i problemi*

La possibilità, attraverso l'uso del computer, di acquisire e gestire autonomamente gli strati informativi dei dati territoriali per aggregarli in rappresentazioni e scenari differenziati consente di creare un nuovo costrutto operativo: il sistema informativo territoriale. La conoscenza del territorio viene gestita utilizzando strumenti (i computer grafici e le attrezzature di acquisizione e riproduzione) e metodi (i programmi grafici, le banche dati).

Il sistema informativo territoriale non ha più i vincoli sui tempi lunghi e i costi di realizzazione e sulla troppa specificità del singolo prodotto cartografico; pertanto può essere progettato a partire dall'analisi degli impieghi previsti. Ciò comporta,

fra l'altro, l'attribuzione di un preciso significato a ciascuna informazione raccolta, evitando il rischio di possibili interpretazioni personali.

Anche i prodotti cartografici ottenibili sono i più diversificati e, come dimostra la carta geomorfologica ottenuta, modulabili sia in qualità che in quantità di informazione rappresentabile.

La realizzazione di un sistema informativo di tipo territoriale costituisce un obiettivo estremamente ambizioso che pone problemi complessi e impegnativi.

Il primo problema deriva dalla natura del territorio, che ospita fenomeni diversissimi fra i quali esistono importanti relazioni di interdipendenza derivanti dal semplice fatto di condividere la stessa ubicazione geografica. Secondo l'approccio classico ciascun fenomeno è sempre stato osservato in un'ottica settoriale: il sistema informativo deve superare tale impostazione fornendo gli strumenti per la gestione di una visione integrata del territorio.

Un secondo problema nasce dalla necessità di selezionare con ocularità le informazioni da acquisire, controllare, correggere e aggiornare, con l'obiettivo di ottenere la migliore descrizione del territorio con il minimo numero di dati.

Un altro problema, riguardante specificatamente la fase realizzativa del sistema informativo, è dato dalla necessità di rapportarsi al rapido sviluppo della tecnologia informatica, sia hardware (calcolatori, dispositivi periferici, reti) che software (sistemi di gestione e di trattamento dei dati).

2. X. 5. b. *La complessità del territorio: i sistemi e le loro rappresentazioni*

Il governo di un territorio, ovvero la sua conoscenza e la sua gestione, porta a considerare il territorio nei suoi aspetti globali, unitari, come apparato complesso composto da elementi eterogenei, che coesistono in un certo spazio (il suolo, il sottosuolo, le acque superficiali e profonde, il patrimonio edilizio, la popolazione, la forza lavoro, le attività economiche, i servizi ecc.) che si configura come unità, come sistema reale dato che tutti questi elementi sono interconnessi fra loro per influen-





ze incrociate, costituite da scambi di beni, di denaro, di immagini, di persone, di acqua, di materia, di energia.

Non è sufficiente pensare che un sistema informativo contenga informazioni relative al territorio per poterlo definire territoriale, ma è necessario che consenta anche di evidenziare e considerare le relazioni di varia natura e spesso di difficile definizione proprie dei sistemi territoriali, relazioni tutte caratterizzate dal ruolo fondamentale del fattore spazio.

Il sistema territorio è contrapposto al resto del mondo con cui effettua scambi per mezzo di molti canali di comunicazione: riceve e invia risorse di diversa natura, informazioni, servizi.

Esso è perciò sede di un'evoluzione continua: alcuni territori da savana diventano deserto, altri passano da una situazione agricola a una urbana. Questo comporta naturalmente il modificarsi anche degli elementi che fanno parte del territorio: cambia la popolazione, si inaridiscono o vengono regolate le acque ecc. Anche questi elementi costituiscono dunque un'unità; anch'essi si evolvono e scambiano materia fra di loro o con il mondo esterno e possono essere identificati e descritti come sistemi, che verranno chiamati *sottosistemi del territorio*.

Non è sufficiente però lo studio dei sottosistemi e delle loro relazioni a dare conto della dinamica dell'intero sistema territorio. Riconoscere che questi sottosistemi formano un sistema implica prendere atto che la loro azione comune verso l'esterno è ben diversa e va oltre la semplice somma delle azioni singole e ammettere esplicitamente che l'intervento su una parte si riflette sul comportamento generale del sistema verso l'ambiente e/o sulle relazioni interne fra sottosistemi, riportando in discussione quindi l'intera dinamica di tutti questi rapporti.

L'identificare il territorio come sistema reale pone subito a chi voglia governarlo due ordini di problemi:

1. la descrizione del sistema mediante un modello, per molte parti informale, che individui insiemi, relazioni e comportamenti del sistema rilevanti allo

scopo di chi lo sta costruendo;

2. l'ordinamento del modello costruito – quando è possibile e per le parti per cui è possibile – mediante strumenti formali precisi e rigorosi, quali modelli matematici che ne esprimano la dinamica o sistemi informatici che ne determinino i contenuti, le relazioni logiche e spaziali, i vincoli e le dipendenze.

2. X. 5. c. *Gli strumenti di classificazione*

Il Magistrato alle Acque, dovendo affrontare i problemi di governo del territorio, ha dovuto dotarsi di strumenti d'analisi e di decisione che permettano di descrivere il "sistema territorio" nella maniera più completa possibile e di valutare le informazioni raccolte pur conoscendo i limiti di tale operazione.

Questi strumenti sono classificabili in tre livelli:
Le biblioteche delle informazioni.

Sono diverse le forme mediante le quali si presentano i documenti di base della conoscenza del territorio. Occorre pensare ad una serie differenziata di elementi che forniscono la materia prima di un lavoro di classificazione della conoscenza: cartografia, foto aeree, diapositive, pubblicazioni scientifiche ecc.

Queste fonti sono sempre la base dalla quale si parte per la creazione del sistema informativo. Di esse sono note le modalità di realizzazione e il modo d'uso; su di esse si possono creare dei sistemi informatizzati di catalogazione e di ricerca.

Sono a tutti gli effetti gli strumenti di lavoro per la realizzazione delle banche dati grafiche.

Le banche dati grafiche.

In sintesi, nelle banche dati grafiche avviene l'ordinamento sul territorio dei dati contenuti nei documenti fisici provenienti dalle biblioteche del punto precedente.

Le banche dati forniscono un quadro conoscitivo generale della geografia del territorio, i cui dati sono stati predisposti per un uso automatico generalizzato. In esse vengono memorizzati dati di misura (fisici, chimici, socioeconomici) e dati geografici provenienti dalla cartografia che si traducono in elementi grafici: punti, linee e aree.





I sistemi di supporto alle decisioni.

Sono strumenti d'analisi e di rappresentazione che vengono individuati, creati e adottati nel corso di un processo durante il quale l'osservatore identifica le parti del sistema reale che vuole o può descrivere e mette a punto un modello informale che permetta, almeno grossolanamente, la descrizione di quella parte del comportamento effettivo del territorio che gli interessa.

Chiunque agisca sul territorio ha un proprio modello informale del sistema a seconda che sia fruitore e anche gestore, pianificatore, lavoratore o speculatore; questo modello è più o meno esplicito e basato fortemente sul sistema di valori personale.

Chi fa del territorio l'oggetto della propria attività specializzata concretizza il modello in un sottinsieme del linguaggio naturale, in un linguaggio specialistico che tende ad evidenziare gli aspetti tecnici dell'attività e a valorizzare ciò che l'operatore ha considerato positivo.

I modelli applicativi delle singole specialità sono spesso tra loro conflittuali e chi è preposto alla descrizione del territorio deve uniformarli in un unico modello base.

È in questa maniera mediata che si formano i sistemi informativi degli enti preposti al governo del territorio.

Si tratta dunque di sistemi, di nuovo articolati in sottosistemi, ma costituiti da dati e procedure per la loro elaborazione, usati da chi deve prendere decisioni. I sottosistemi del sistema informativo altro non sono che gli archivi e gli strumenti di elaborazione.

Un sistema informativo, sia pur rudimentale, esiste in ogni ente o organizzazione, in ogni luogo ove si operano delle scelte.

La implementazione di sistemi automatizzati per la realizzazione dei sistemi informativi rende più efficace ed efficiente l'utilizzo dei dati e delle procedure.

Nel complesso, però, si può dire che è compito di chi voglia governare il territorio, lo sviluppare, modificare e, ove occorra, riprogettare il sistema informativo per renderlo adatto alle proprie necessità.

La realizzazione di un sistema informativo territoriale prende in considerazione tre aspetti:

1. la scelta dell'unità elementare alla quale riferire l'informazione (individuo o famiglia, unità locale, particella catastale, comuni ecc.);
2. il livello di dettaglio nello specificare il contenuto dell'informazione (numero dei caratteri da considerare e numero delle classi per ogni carattere);
3. il livello di dettaglio nella descrizione spaziale dell'unità elementare alla quale è riferita l'informazione (forma e collocazione territoriale).

Spesso dai livelli di dettaglio, e quindi di ricchezza e di precisione delle informazioni, delle diverse fonti di dati, discende l'esigenza di costruire dei sistemi informativi che integrino la precisione localizzativa delle carte e la ricchezza descrittiva e classificatoria propria degli archivi, adottando unità di riferimento delle informazioni compatibili nei due sistemi di rappresentazione.

Questa coerenza fra dati di fonte diversa è uno dei requisiti essenziali di ogni sistema informativo, qualunque sia il livello di dettaglio prescelto.

Il presupposto di base che si propone per arrivare alla definizione e alla implementazione dei sistemi informativi territoriali è quella che il territorio sia un insieme di forme fisiche, geomorfologiche, socioeconomiche che possono essere classificate secondo precisi criteri descrittivi.

Si vuole cioè mostrare che la conoscenza dell'ambiente piuttosto che puntare ad una logica assoluta debba far capo a una serie multiforme di tecniche, a un insieme di strumenti eterogenei, creati per scopi diversissimi e provenienti dalla fisica, dalle scienze statistiche, dall'ottica, dalla fotografia. Il modo di descrivere e rappresentare l'ambiente deve dunque utilizzare tutte le possibilità che gli vengono offerte e cioè: la comunicazione grafica, la comunicazione linguistica, quella numerica e la comunicazione attraverso le immagini.

2. X. 5. d. I criteri di classificazione del territorio

A maggior comprensione di un possibile criterio di classificazione, si può definire, innanzitutto, una serie di livelli logici che ci aiuteranno a classificare l'ambiente, a descriverlo e a scegliere gli stru-





menti più adatti per la sua rappresentazione. Nella costruzione di un sistema informativo territoriale ci si occuperà di: i) geografia del suolo, ii) geografia dell'uomo, iii) geografia dell'ecologia, iv) geografia dei controlli.

Questa classificazione, ben lungi dall'essere l'unica possibile, ha comunque il pregio di contribuire alla descrizione di ecosistemi complessi ove la componente geografica riveste un ruolo determinante. È infatti mediante la geografia che fornisce il criterio logico per l'organizzazione della conoscenza.

Sia nella fase di lettura del territorio per raccogliere i dati necessari, sia nella fase di costruzione di un quadro d'insieme integrato a partire dai punti di vista specialistici, la geografia è in grado di collegare oggetti e fenomeni sulla base delle loro proprietà topologiche, ovvero sulla base delle rispettive e mutue collocazioni e relazioni nello spazio geografico.

I livelli logici a cui ci si riferirà per la descrizione dell'ambiente sono quindi:

2. X. 5. d. (i) *La geografia del suolo*

È il livello delle entità ambientali elementari, dei connotati territoriali più semplici; è il livello della morfologia, della geografia del mondo minerale.

A essa sono riconducibili quei temi territoriali che, assunte le forme grafiche descrittive, avranno attributi di identificazione che forniranno una sorta di anatomia del territorio.

Questo è il livello logico a cui appartengono i confini tra terra e mare, i fiumi, i bacini idrografici, le strade, le ferrovie, l'orografia della terra e la batimetria dei fondali acquei. Questo livello è anche quello delle collezioni dei dati, dei parametri ambientali quali sondaggi, capisaldi, dati meteorologici ecc.

A tale livello logico le entità territoriali sono quasi sempre il risultato di semplici proprietà associative, anche se sono già presenti delle gerarchie precise, quali per esempio la dipendenza di ogni tratto della rete dei fiumi dal corrispondente sottobacino, responsabile della por-

tata del tratto considerato.

Le entità di questo livello (fiumi e sottobacini) si combinano per articolarsi in una logica di grado superiore (l'idrografia del territorio). Infatti fiumi e sottobacini devono essere associati e gerarchizzati per rappresentare la meccanica di deflusso delle acque.

2. X. 5. d. (ii) *La geografia dell'uomo*

Ci si pone nell'ottica di descrivere due livelli di conoscenza: la distribuzione della popolazione residente sul territorio e l'identificazione delle aree a diverso uso del suolo.

Già a questo livello le organizzazioni logiche delle entità cominciano ad articolarsi e intrecciarsi; si ottengono, quindi, costrutti informativi che sono funzione di altri costrutti di base.

Ipotizzando che la distribuzione della popolazione sia frutto del censimento e della rappresentazione tratta dalla banca dati dell'Istat (aree a geometria nota con numero noto di residenti) e che, in prima approssimazione, si costruisca il livello informativo uso del suolo in due categorie (ambiti urbani e agricoli), è possibile sovrapporre le sezioni di censimento con gli ambiti urbani identificando quindi un dato derivato gli "ambiti urbani senza residenti" (aeroporti, ferrovie, stadi, eccetera), gli "ambiti urbani a residenza intensiva", eccetera.

A questo livello sono collocabili gli ambiti amministrativi, i vincoli del suolo, le aree a diverso valore paesaggistico e archeologico, e così via.

2. X. 5. d. (iii) *La geografia dell'ecologia*

È la geografia della pressione antropica sull'ambiente. In tale livello logico vengono rappresentati i risultati degli studi sulla distribuzione dei principali fenomeni inquinanti sull'ambiente e sugli ambiti urbani.

Le correlazioni tra questo livello e i precedenti cominciano a diventare il frutto di una più precisa e scientifica conoscenza dei fenomeni; non più una semplice correlazione geografica tra tematismi ma una relazione causa-effetto tra le sorgenti, i mezzi di trasporto e i recettori di tali fenomeni (spesso relativi a tipologie di inquinamento).





L'inquinamento urbano sarà collegato con la popolazione residente (appartenente alla geografia dell'uomo), quello agricolo con l'idrografia del suolo e la sua diffusione (geografia del suolo).

Appartengono a tale livello anche altri temi quali: gli impianti di depurazione, gli ambiti di depurazione, le reti fognarie, le aree a rischio ambientale ecc.

L'obiettivo ultimo di un tale livello logico non è tanto quello di fornire un quadro completo dell'ecologia del territorio quanto quello di documentare le tendenze evolutive degli aspetti più fragili dell'ambiente.

In tal senso, eletti i parametri di inquinamento, saranno descritte per fasce di concentrazione le condizioni di inquinamento: il mezzo per arrivare a questa descrizione sono i modelli matematici che rappresentano la simulazione dei processi evolutivi degli inquinanti stessi nell'ambiente.

Questi scenari, messi a confronto con i monitoraggi sull'ambiente, daranno le tendenze evolutive ambientali che vengono considerate come variazioni dei parametri scelti.

Ciò che evolve, infatti, non è la materia, né l'energia, ma l'organizzazione, l'interazione delle entità territoriali: organizzazione e interazione stratificate nei vari livelli logici di descrizione.

La base di dati, approfittando della geografia comune a tutti i dati, consente verifiche globali con i dati degli altri livelli logici: l'inquinamento urbano sarà proporzionale ai residenti non allacciati a impianti di depurazione, l'inquinamento agricolo risulterà variamente proporzionale alle aree a diversa coltura ecc.

2. X. 5. d. (iv) *La geografia dei controlli*

In questo livello vengono presi in considerazione quegli interventi sul territorio che ne determinano le modifiche nelle tendenze evolutive; è il livello del monitoraggio ambientale che permette il controllo dell'aderenza alla realtà dei singoli modelli progettuali adottati, creando le premesse per il loro eventuale perfezionamento.

Si arriva alla definizione di questo ambiente operativo dopo le seguenti fasi:

- realizzazione di una banca dati geografica
- realizzazione di modelli di simulazione e di evoluzione di parametri ambientali, morfologici e/o socioeconomici
- definizione degli obiettivi di gestione del territorio e di misura della qualità della vita.

2. X. 5. e. *La diffusione dell'informazione territoriale*

Le diverse e strane forme che riescono a cementarsi nella faticosa costruzione della conoscenza dell'ecosistema spesso lasciano perplessi per la loro molteplicità e varietà, perché ognuna di esse è a sua volta formata da una sostanza multiforme e imprevedibile, perché nessuna di esse può essere strutturata autonomamente.

Occorre ammettere che all'affermazione che l'unità dell'ambiente esiste, bisogna affiancarne un'altra, per dire che questa unità è frazionata e frantumata da una miriade di forme, di dati e di descrizioni ognuna autonoma e diversa, a volte imbastardita da incontrollabili mode esterne.

Difficile interpretare le due tesi opposte, che tuttavia convivono e anzi si dimostrano a vicenda.

Il percorso interpretativo del territorio attraverso i sistemi informatizzati riporta all'esigenza di una rappresentazione che sia invariante per persone con diverse estrazioni scientifiche e tecniche: l'uomo descrive da sempre l'ambiente nel quale vive utilizzando il segno grafico (oltre ovviamente alla parola) come principale mezzo per la trasmissione della propria conoscenza.

Nel percorso di rappresentazione e di comunicazione dei segni territoriali (dai primi graffiti sulle rocce alla mappa digitale) esistono innumerevoli metodi rappresentativi che hanno utilizzato i più disparati supporti.

La necessità di riprodurre sulla carta, in questo caso di tipo geomorfologico, le informazioni territoriali si combina, quindi, con la necessità di coglierne anche la loro evoluzione. Il linguaggio utilizzato, pur se prende forma da un supporto digitale, si riporta alla sua essenza di segno cartografico, di simbolismo tecnico e, infine, di rappresentazione armonica e comprensibile di forme e colori.



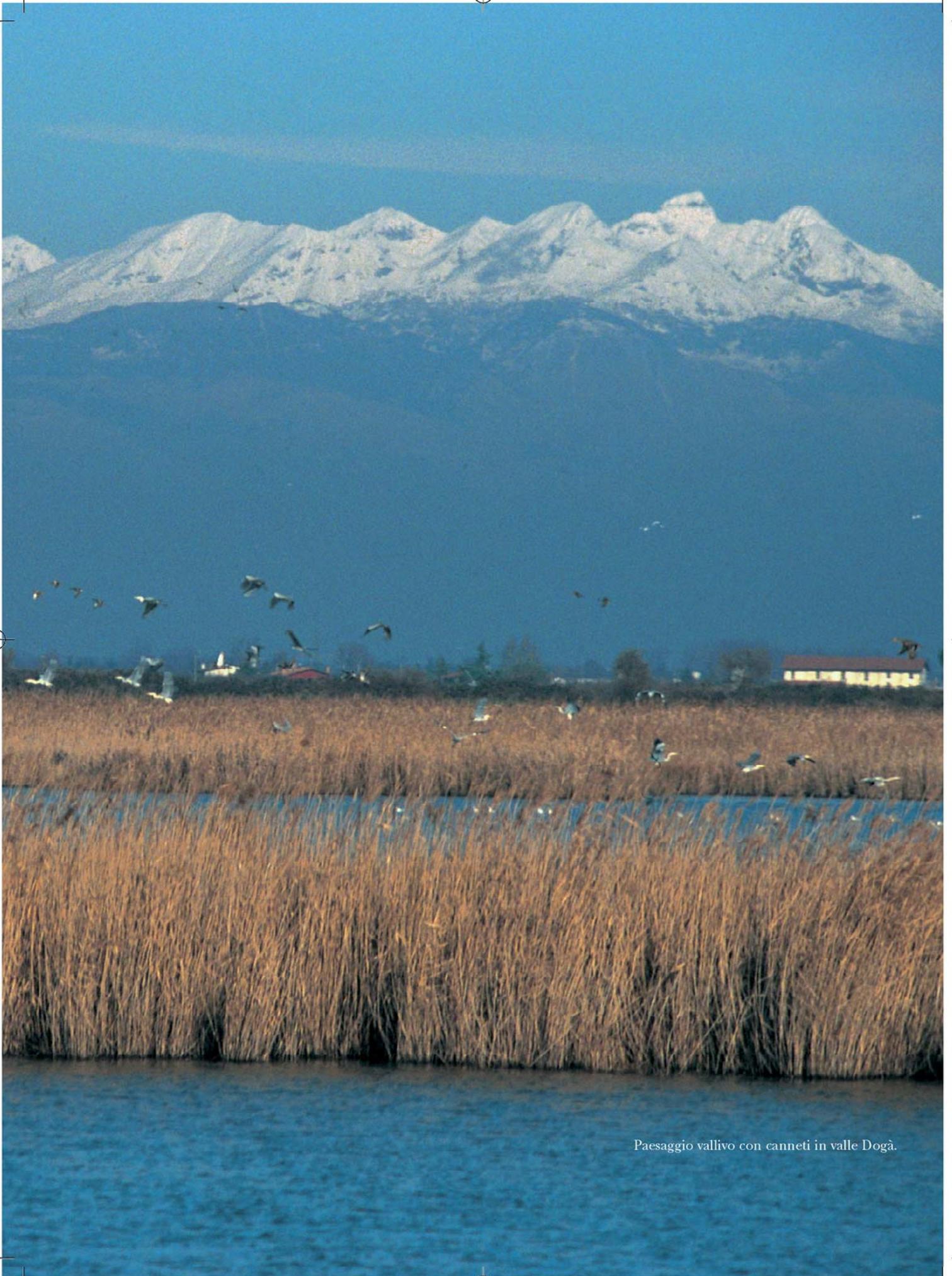


SEZIONE 3

Inquadramento geomorfologico ed evoluzione del territorio

Paolo Baschieri
Aldino Bondesan
Alessandro Fontana
Paola Furlanetto
Sara Magri
Mirco Meneghel
Paolo Mozzi
Sandra Primon





Paesaggio vallivo con canneti in valle Dogà.

SEZIONE 3

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED EVOLUZIONE DEL TERRITORIO

CAPITOLO 3. I.

L'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA VENETO-FRIULANA

di Alessandro Fontana, Paolo Mozzi
e Aldino Bondesan

3. I. 1. INTRODUZIONE

La pianura veneto-friulana, pur appartenendo alla regione geografica della pianura padana, di cui rappresenta l'estrema propaggine orientale, presenta importanti specificità rispetto all'area padana *s.s.* Il sistema idrografico del settore veneto-friulano si riversa direttamente nell'Adriatico, e non è tributario del Po. Altro aspetto distintivo è costituito dalla breve distanza esistente tra il margine alpino e la linea di costa, che diminuisce progressivamente verso est fino a scomparire dove l'altopiano del Carso si affaccia direttamente sul mare (fig. 3.1). Ciò fa sì che, procedendo verso est, le granulometrie dei depositi fluviali di bassa pianura, sia pleistocenici sia attuali, risultino progressivamente di maggiori dimensioni, fino a giungere al fiume Isonzo dove le ghiaie arrivano al mare e formano anche barre di foce.

Le Alpi orientali, tettonicamente attive, hanno fornito notevoli quantitativi di detriti alimentando il trasporto solido lungo le aste fluviali: «nella fascia pedealpina la costruzione dei grandi conoidi dei corsi alpini si può interpretare, senza negare altri fattori, come la risposta all'attività tettonica del fronte montuoso...» (CASTIGLIONI, 2001b, p. 168). Oltre all'assetto tettonico, determinanti nel condizionare l'evoluzione geologica dell'area durante il Quaternario e, di conseguenza, il modellamento dell'attuale superficie della pianura sono state le variazioni ambientali che si sono succedute nel corso del Pleistocene superiore e dell'Olocene. Queste variazioni, legate a fenomeni attivi su scala plane-

taria, hanno esercitato dei forti controlli sulle modalità di aggradazione dei sistemi sedimentari fluviali. I fattori principali sono stati, durante il Pleistocene finale, la formazione di ghiacciai nell'area montana (che nel caso dei ghiacciai del Piave – ramo lapisino – e del Tagliamento giungevano fino in pianura) e l'innalzamento eustatico del livello marino, durante l'Olocene, con conseguente formazione dei sistemi lagunari. Un aspetto che non può essere trascurato è inoltre rappresentato dall'attività antropica, che nel corso degli ultimi millenni ha indotto notevoli cambiamenti nella geomorfologia della pianura, soprattutto di quella bassa.

Per la definizione dei periodi cronologici utilizzati si veda l'Appendice 3, "Schema cronostratigrafico del tardo Pleistocene e dell'Olocene" di A. FONTANA, in questo volume.

3. I. 2. I CONOIDI E I MEGAFAN ALLUVIONALI

Nel Quaternario recente i fiumi veneto-friulani hanno ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco vallivo, interessando aree molto ampie fino a coprire migliaia di chilometri quadrati. Si sono così formati sistemi sedimentari che in pianta presentano una morfologia a ventaglio, mentre in tre dimensioni possiedono una forma simile a un cono appiattito (fig. 3.2). Generalmente, anche nell'area padana, questi corpi deposizionali vengono definiti conoidi alluvionali (CREMASCHI, 1987; GUZZETTI *et alii*, 1997; CASTIGLIONI, 1999).

Nella pianura lombarda i conoidi alluvionali, formati nel Pleistocene finale, sono caratterizzati da elevate pendenze delle superfici (10-3%) che ne permettono una facile identificazione fino all'inizio della bassa pianura; più a valle i conoidi tendono a raccordarsi fra loro originan-

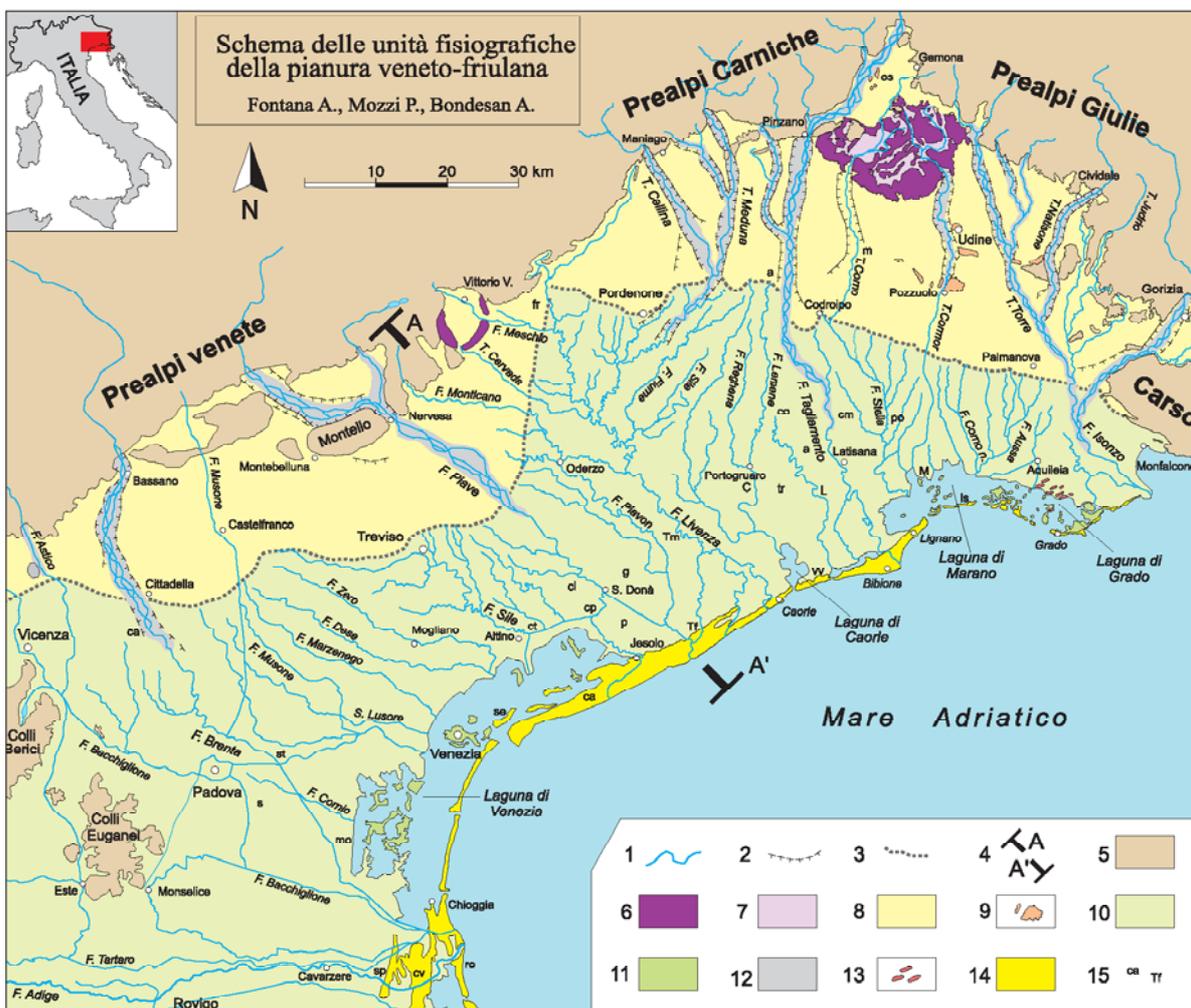


Fig. 3.1. Schema delle unità fisiografiche della pianura veneto-friulana.

do un'unica pianura e rendendo difficoltosa la separazione tra i depositi dei diversi bacini fluviali su base morfologica (GUZZETTI *et alii*, 1997).

Nell'area veneta e friulana, soprattutto a est

del Naviglio Brenta, i diversi tratti di pianura costruiti dai maggiori fiumi sono, invece, ben distinguibili fra loro fino all'attuale linea di costa (fig. 3.2): in alcuni settori infatti sono stati indivi-



Legenda: 1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) traccia della sezione geologica, vedi fig. 3.3; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 7) depressioni intermoreniche; 8) alta pianura; 9) bassa pianura; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) isole lagunari; 12) greti fluviali ghiaiosi attivi; 13) rilievi sabbiosi dell'area di Aquileia; 14) sistemi costieri e deltizi; 15) località citate nel testo – sp: San Pietro di Cavarzere; cv: Cavanella d'Adige; ro: Rosolina; mo: Casone Morosina; s: Saonara; st: Stra; ca: Carturo; se: Sant'Erasmus; ca: Cavallino; ct: Ca' Tron; cp: Caposile; p: Palazzetto; cl: Callalta; g: canale Grassaga; Tf: Torre di Fine; Tm: Torre di Mosto; fr: Francenigo; vw: Valle Vecchia; C: Concordia Sagittaria; tr: Torresella; L: Lugugnana; co: Cordovado; a: Alvisopoli; cm: Campomolle; po: Pocenia; a: Arzene; m: Mereto di Tomba; is: isola di Sant'Andrea; M: Marano Lagunare.



duati, con un buon grado di approssimazione, sulla base di dati geomorfologici, stratigrafici, pedologici, mineralogici e archeologici (COMEL, 1950; 1958; PROVINCIA DI VENEZIA, 1983; MOZZI, 1995; CASTIGLIONI, 1999; BONDESAN A. *et alii*, 2002b; FONTANA, 2002b). Nell'insieme, questi sistemi deposizionali presentano una continuità spaziale dallo sbocco vallivo fino alle zone costiere e mostrano forme complessivamente "a ventaglio". Tali caratteristiche hanno indotto gli studiosi a definirli complessivamente come conoidi alluvionali, terminologia ormai entrata nella prassi e usata anche nei lavori più recenti.

Questi "conoidi" presentano una marcata differenziazione interna in senso longitudinale (fig. 3.3). Nel complesso, le prime decine di chilometri del loro sviluppo, dallo sbocco vallivo dei corsi d'acqua fino alla fascia delle risorgive, sono ghiaiose e hanno pendenze comprese tra 7 e 3‰, corrispondenti alla cosiddetta "alta pianura". Allontanandosi dal margine alpino, la diminuzione della capacità di trasporto dei corsi d'acqua ha impedito loro di veicolare sedimenti grossolani, consentendo il moto verso valle di sedimenti progressivamente più fini, che vanno a costruire una pianura costituita da depositi di esondazione limoso-argillosi e da corpi di canale sabbiosi ("bassa pianura"). Vi è, dunque, una netta soglia sedimentaria (SCHUMM, 1977) che limita le aree di deposizione delle diverse classi granulometriche. A questi settori corrispondono inoltre differenti tipi di alveo e di *facies* sedimentarie, con una dinamica di *feed-back* in cui la variazione di ogni parametro influenza gli altri (MIALL, 1996). Tuttavia, procedendo dallo sbocco vallivo, i maggiori fiumi quali Tagliamento, Piave e Brenta presentano dapprima un letto ghiaioso molto largo a canali intrecciati (*braided*) aventi una profondità di 1-2 m. Più a valle, in genere poco a sud della linea delle risorgive, l'alveo diviene monocursale, prima a isole fluviali e poi a meandri. In tale settore l'acqua scorre in un canale profondo vari metri, con un'ampia zona d'esondazione in cui il fiume deposita sedimenti fini. Nel tratto terminale, l'alveo diviene pensile

e si ha la formazione di dossi fluviali rilevati.

La notevole estensione di tali sistemi deposizionali, i bassi gradienti topografici nella bassa pianura, la caratteristica selezione granulometrica dei sedimenti che da ghiaie passano a sabbie, limi e argille nelle porzioni distali, li rendono piuttosto diversi dai classici conoidi alluvionali descritti in letteratura (BULL, 1977; KELLY & OLSEN, 1993; STAINSTREET & MCCARTHY, 1993; OGUCHI & OHOMORI, 1994); in senso stretto, il termine "conoide" descrive bene le porzioni prossimali di "alta pianura", ma è ambiguo nel definire l'intera struttura. Pare invece più adeguato il raffronto con i cosiddetti *megafan* alluvionali, in italiano "megaconoidi", descritti originariamente nell'area pede-himalayana (GEDDES, 1960; GOHAIN & PARKASH, 1990; SINGH *et alii*, 1983). Tale vocabolo è correntemente utilizzato nella letteratura scientifica (STAINSTREET & MCCARTHY, 1993; BLAIR & MCPHERSON, 1994a) anche per descrivere sistemi continentali sepolti, riconosciuti tramite l'uso della stratigrafia sequenziale e le tecniche di esplorazione petrolifera, come ad esempio nel Golfo del Messico (VAN WAGONER *et alii*, 1995). La sua applicazione ai principali sistemi alluvionali della pianura dell'Italia nord-orientale (MOZZI, 1995; FONTANA, 2002b; MOZZI *et alii*, 2003), adottata anche in questo lavoro, sembra garantire un'adeguata definizione di tali corpi sedimentari. Il termine "conoide" viene qui usato solo in riferimento a quegli elementi deposizionali che si esauriscono nell'area pedemontana, costituiti da depositi ghiaiosi in tutto il loro sviluppo (fig. 3.2). È questo il caso dei sistemi del Natisone-Judrio e del Cellina. Una situazione particolare è rappresentata dal sistema del Piave di Montebelluna che, pur presentando caratteristiche di "conoide", costituisce in realtà il solo settore affiorante di un *megafan* la cui sezione distale è stata sepolta (BONDESAN A. *et alii*, 2002b). Considerazioni simili si possono effettuare per il *megafan* del Corno di San Daniele del Friuli.

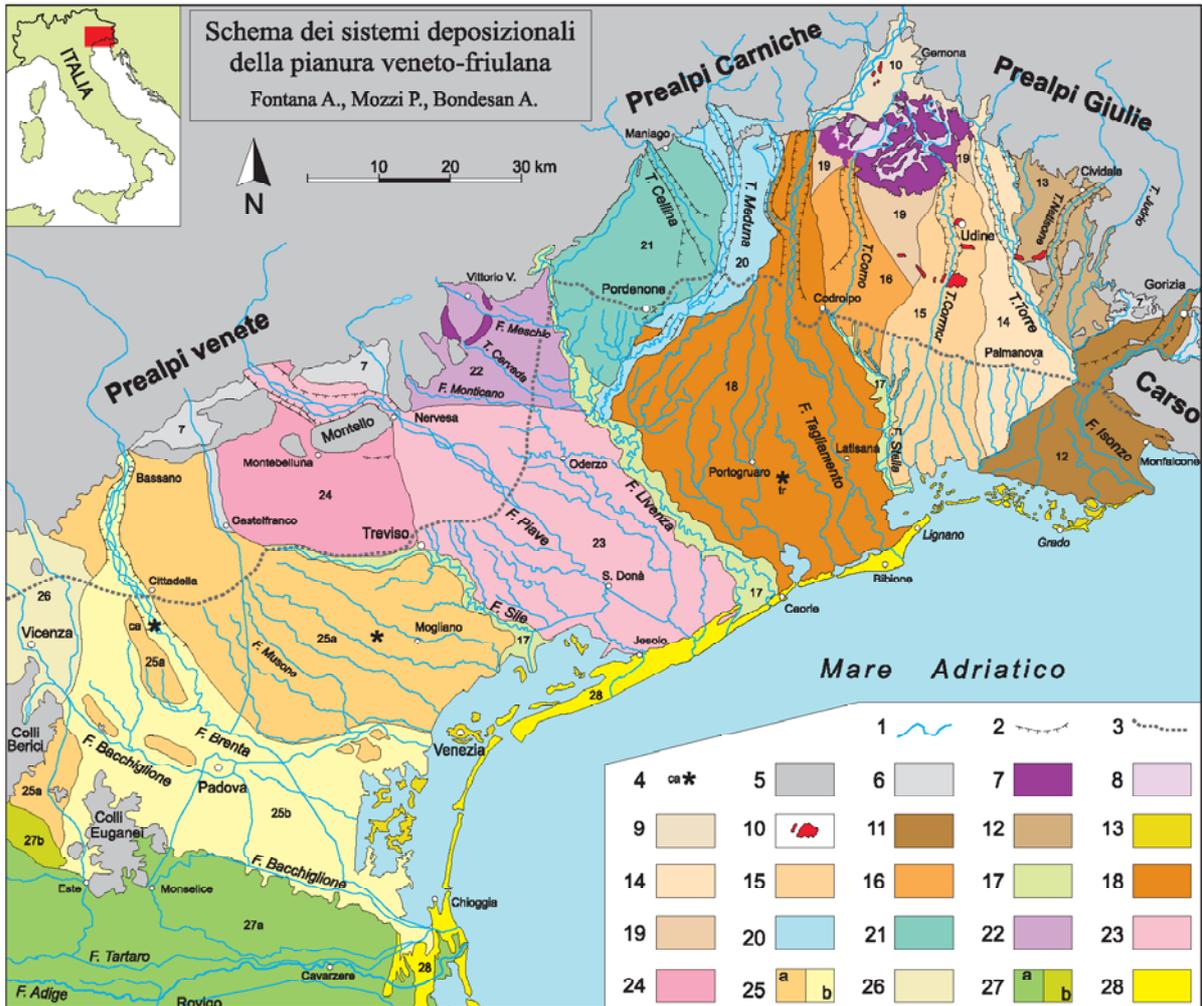
Da est verso ovest, s'individuano il *megafan* di Isonzo-Torre, il conoide del Natisone-Judrio, il *megafan* del Torre, il *megafan* del Cormor, il *mega-*



Fig. 3.2. Schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto-friulana.

fan del Corno di San Daniele, il *megafan* del Tagliamento, il *megafan* del Meduna, il conoide del Cellina, il conoide di Monticano-Cervada-

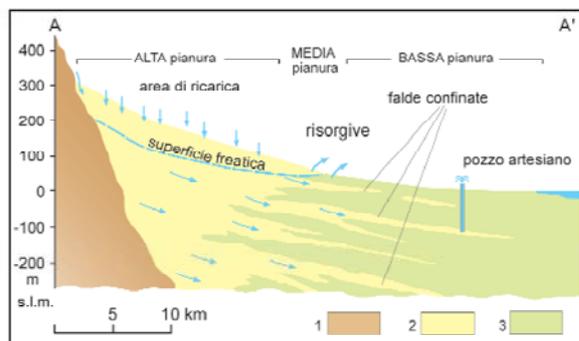
Meschio e scaricatori glaciali dell'anfiteatro di Vittorio Veneto, il *megafan* del Piave di Nervesa, il *megafan* del Piave di Montebelluna, il sistema del



Legenda: 1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) ubicazione delle sezioni stratigrafiche citate nel testo: figg. 3.6a, 3.6b e 3.10; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) aree alluvionali di corsi d'acqua prealpini; 7) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 8) depressioni intermoreniche; 9) piana di Osoppo; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) *megafan* dell'Isonzo-Torre; 12) conoide del Natisone-Judrio; 13) isole lagunari; 14) *megafan* del Torre; 15) *megafan* del Cormor; 16) *megafan* del Corno di San Daniele; 17) sistemi dei principali fiumi di risorgiva (Stella, Livenza e Sile), localmente incisi; 18) *megafan* del Tagliamento; 19) aree interposte tra *megafan*, appartenenti al *sandur* del Tagliamento; 20) *megafan* del Meduna; 21) conoide del Cellina; 22) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio, e degli scaricatori glaciali di Vittorio Veneto; 23) *megafan* del Piave di Nervesa; 24) *megafan* del Piave di Montebelluna; 25) sistema del Brenta: a) settore pleistocenico (*megafan* di Bassano), b) pianura olocenica del Brenta con apporti del Bacchiglione; 26) conoide dell'Astico; 27) sistema dell'Adige: a) pianura olocenica con apporti del Po; b) pianura pleistocenica; 28) sistemi costieri e deltizi.



Fig. 3.3. Sezione geologica schematica trasversale alla pianura veneto-friulana, per l'ubicazione si veda fig. 3.1.



Legenda: 1) Prealpi e substrato roccioso profondo; 2) ghiaie dell'alta pianura passanti a sabbie e sabbie ghiaiose nel sottosuolo della bassa pianura; 3) limi e argille impermeabili della bassa pianura (da FONTANA, 2003a).

Brenta (costituito da un settore pleistocenico – *megafan* di Bassano – e da una pianura olocenica con apporti del Bacchiglione), il conoide dell'Astico, la pianura dell'Adige (viene identificato un lembo di pianura pleistocenica tra Colli Berici e Euganei) (MURST, 1997; BONDESAN *et alii*, 2002b; FONTANA, 2002b). Nello schema di fig. 3.2 vengono presentati anche dei sistemi composti per l'azione combinata di più fiumi di una certa importanza, in cui la separazione fra i loro depositi al momento è poco definibile. È questo il caso dell'Isonzo-Torre e del Monticano-Cervada-Meschio e scaricatori glaciali dell'anfiteatro di Vittorio Veneto. Oltre il *megafan* di Bassano, i depositi di Brenta e Adige non sono più descrivibili come *megafan*.

Nel sottosuolo sono probabilmente presenti in successione verticale diverse generazioni di *megafan* e *fan-delta* che potrebbero presentare forma, estensione, direzione media e valori di inclinazione anche molto differenti rispetto a quelli attuali. Dallo studio della distribuzione delle ghiaie nei primi 100 m del sottosuolo si può però notare la stabilità delle zone di apice, in genere coincidenti con i principali sbocchi vallivi attuali (STEFANINI & CUCCHI, 1977; DAL PRÀ *et alii*, 1977).

Da notare, inoltre, che nella zona di interdiggitazione tra i maggiori *megafan*, esistono i più

importanti corsi di risorgiva o di risorgenza carsica che con i loro sistemi hanno occupato quindi le aree depresse d'interfluvio. È questo il caso dei fiumi Corno di Nogaro (tra *megafan* di Torre e Cormor), Stella (tra *megafan* di Cormor e Tagliamento), Livenza (tra *megafan* di Tagliamento e Piave) e Sile (tra *megafan* di Piave e Brenta).

3. I. 3. I MEGAFAN ALLUVIONALI COMPOSITI, POLICRONOLOGICI O POLIFASICI

Nell'area padano-alpina conoidi e *megafan* alluvionali hanno subito le maggiori fasi di aggradazione nei periodi glaciali, quando vi era abbondante quantità di detrito e una scarsa copertura forestale anche nelle aree pianiziali. Alcuni *megafan*, come quelli del Cormor, del Corno di San Daniele e del Brenta pleistocenico sono stati formati da deflussi fluvio-glaciali disattivatisi già con il Tardiglaciale, mentre successivamente li ha interessati solo un'idrografia secondaria.

Vari *megafan* dell'Italia nord-orientale sono stati oggetto di fasi di aggradazione e di erosione. Spesso queste dinamiche differenti si sono alternate all'interno di cicli legati soprattutto a quelli climatici e glacio-eustatici, riconoscibili su scala planetaria; in qualche caso i due opposti processi sedimentari possono essersi verificati contemporaneamente in *megafan* adiacenti. Al momento non sembra possibile definire uno schema cronostratigrafico applicabile a tutti i *megafan* della pianura veneto-friulana, ma si può comunque individuare un'importante fase morfogenetica comune, legata alle fasi finali dell'ultima glaciazione.

In quasi tutti i *megafan* del Triveneto, soprattutto in quelli friulani, si riconoscono infatti più sotto-sistemi che nel complesso formano un *megafan* composto o polifasico (cfr. MIALL, 1996; MARCHETTI, 2001). In genere, si può identificare una superficie principale corrispondente alla sedimentazione pleniglaciale, talvolta incisa nel suo tratto superiore (in qualche caso con scarpate molto alte, fino a 60 m), e ricoperta, in quella inferiore, da corpi deposizionali più recenti e di

minori dimensioni (fig. 3.5). Questi sono in genere di età Tardiglaciale ma, nelle aree attive durante l'Olocene, il processo d'incisione e deposizione ha interessato con i medesimi meccanismi anche tali corpi tardiglaciali. Per i conoidi del Cellina e Meduna si ha invece l'evidenza di un'aggradazione perdurata fino al Dryas recente, mentre la fase d'incisione si è verificata nell'Olocene (AVIGLIANO *et alii*, 2002a; 2002b). Nel settore costiero, la risposta dei sistemi fluviali alla trasgressione marina olocenica e alla conseguente evoluzione delle zone lagunari ha favorito la sedimentazione su vaste aree causando la progradazione dei sistemi deltizi.

A scala regionale, la geometria che si è creata ha permesso a COMEL (1956; 1958) di definire questi *megafan* polifasici come "telescopici": essi sono formati da più *megafan* minori che s'innestano uno nell'altro assumendo dimensioni minori e con apice situato più a valle, passando da quelli più antichi a quelli più recenti (fig. 3.5).

3. I. 4. L'INFLUENZA DELLA TETTONICA SULLA DINAMICA FLUVIALE

Nell'area veneto-friulana l'evoluzione tettonica è ancora particolarmente attiva e sono note numerose situazioni in cui è evidente il suo influsso diretto o indiretto sulla morfologia superficiale. Considerando l'intera pianura, i principali casi di elementi legati alla morfotettonica si trovano soprattutto a ridosso del margine prealpino, mentre nella bassa pianura le evidenze sono molto rare e spesso non del tutto dimostrabili. Di particolare risalto sono le alture della pianura friulana centrale, costituite da colli e da estesi terrazzi tettonici legati all'attività anche olocenica dei *thrust* ciechi più avanzati della catena sudalpina, come nei casi delle alture di Udine e di Medea e dei terrazzi di Pozzuolo del Friuli, Orgnano e Variano (COMEL, 1946; VENTURINI, 1987; FONTANA, 1999). Vi è poi la scarpata di faglia legata al sovrascorrimento Bassano-Cornuda che, poco a est di Bassano, interessa il conoide pleistocenico del Brenta creando un dislivello di quasi 5 m (FAVERO

& GRANDESSO, 1982).

Nelle zone più distali dalla catena un caso interessante è quello individuato sulla superficie pleistocenica tra Sile e Naviglio Brenta, dove il disorientamento tra la direzione dei fiumi di risorgiva (Zero, Dese, Marzenengo) e l'inclinazione della pianura è stato spiegato con un basculamento del territorio avvenuto nel post-glaciale (CASTIGLIONI, 1997).

L'evoluzione della rete fluviale, soprattutto nella bassa pianura, non mostra particolari evidenze di fenomeni legati alla tettonica, come deviazioni fluviali o particolari allineamenti. In quasi tutti i casi dubbi le anomalie sono spiegabili con altre cause non necessariamente tettoniche. Si deve perciò sottolineare la forza sedimentaria dei grandi fiumi alpini, la cui portata solida è stata ben alimentata dall'erosione dei bacini montani. Tuttavia, a scala regionale, vi sono delle aree che potrebbero essere influenzate dalla geologia profonda e sono in particolare i maggiori depocentri attualmente attivi. Due aree chiave sembrerebbero il margine settentrionale e quello meridionale della laguna di Venezia che, fin dalle fasi iniziali dell'Olocene, sono stati sempre interessati rispettivamente dai tratti terminali di Piave, Brenta, Adige e Po.

3. I. 5. L'EVOLUZIONE TARDO-PLEISTOCENICA

Nella pianura veneto-friulana, i sedimenti degli ultimi 30-50 m sono stati depositi principalmente durante il Pleistocene superiore per l'azione della notevole sedimentazione fluvioglaciale e fluviale. Durante l'Ultimo Massimo Glaciale (*Last Glacial Maximum*, LGM), periodo compreso in Italia settentrionale tra 25.000 e 15.000 anni a ¹⁴C BP (OROMBELLI & RAVAZZI, 1996) (vedi Appendice 3 "Schema cronostratigrafico" di A. FONTANA, in questo volume), i bacini dei maggiori sistemi fluviali di tutto l'arco alpino ospitavano grandi ghiacciai che giungevano fino in pianura o quasi (CASTIGLIONI, 1940). Dalle loro fronti si originavano degli scaricatori glaciali caratterizzati da una portata liquida e solida notevole (cfr. ad



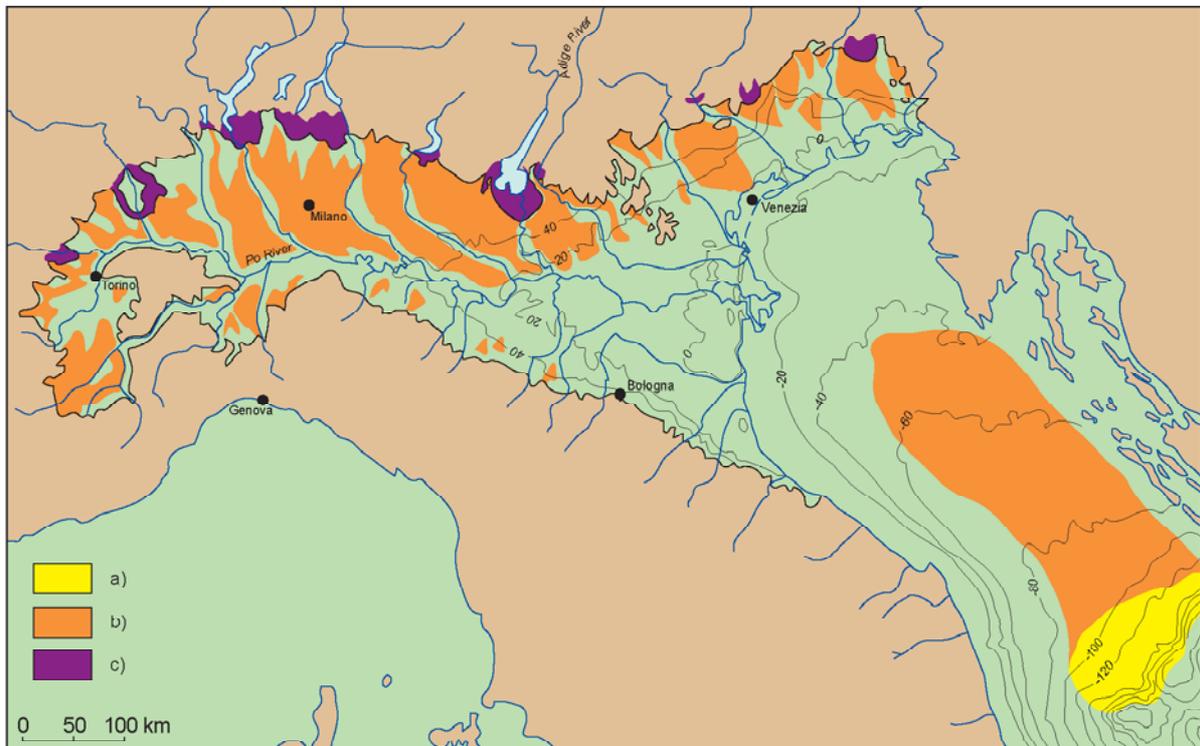
Fig. 3.4. Principali superfici tardo-pleistoceniche presenti nella pianura padana s.l. e sul fondo dell'Adriatico settentrionale.

esempio MARCHETTI, 1990). Nell'alta pianura la loro attività ha creato una stratigrafia davvero omogenea, data dall'alternanza di ghiaie e ghiaie-sabbiose. Nella bassa pianura, invece, la presenza anche di sedimenti fini ha generato una stratigrafia più complessa con la possibilità di riconoscere differenti unità sedimentarie anche all'interno dei depositi d'età glaciale (FERUGLIO, 1925; COMEL, 1958).

Il grande volume di acqua immobilizzato dagli *inlandsis* pleistocenici causò l'abbassamento del livello marino fino ad un minimo di circa -120 m s.l.m., con la conseguente formazione di una pianura emersa fino all'altezza di Ancona (CORREGGIARI *et alii*, 1996b).

Nonostante la fase di stazionamento basso del mare, durante l'LGM la pianura subì un'intensa

fase d'aggradazione per effetto della grande quantità di sedimenti resi disponibili dai processi glaciali. Nella bassa pianura veneta gli studi più recenti evidenziano la costruzione di unità sedimentarie limoso-sabbiose con potenza anche superiore a 10 m nel corso dell'LGM (BONDESAN A. *et alii*, 2002). Alternate ad esse si trovano livelli torbosi e limosi-organici di spessore pluricentimetrico con una continuità laterale fino a qualche chilometro che rappresentano momenti di stasi della deposizione fluviale (BONDESAN A. *et alii*, 2002c; BONDESAN A. *et alii*, 2003c). Tali orizzonti organici, che sono stati riconosciuti dall'Isonzo al delta padano, presentano un'età radiometrica compresa in genere tra 22.000 e 15.000 a ¹⁴C BP e contengono pollini tipici di ambienti a clima steppico (MAROCCO, 1991a;



Legenda: a) delta del Po sommerso nella "Depressione Centro Adriatica"; b) Principali superfici databili al Tardo-Pleistocene; c) anfiteatri morenici (di varie età) (da CASTIGLIONI, 1999, modificato).

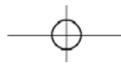
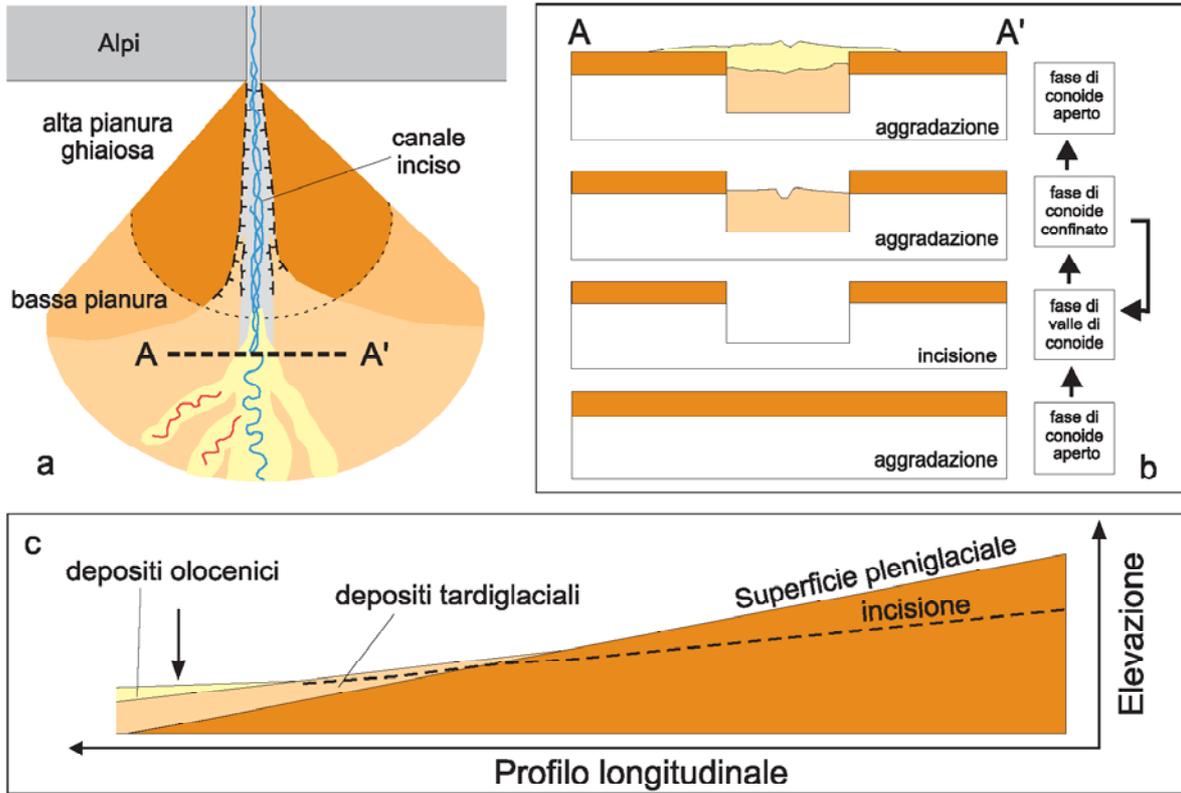




Fig. 3.5. Schema semplificato relativo all'evoluzione dei megafan alluvionali polifasici, probabilmente applicabile al sistema del Tagliamento.



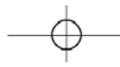
Legenda a) pianta; b) sezione trasversale con indicate le principali fasi evolutive dello sviluppo di un megafan polifasico (per l'ubicazione della sezione si veda la figura a); c) sezione longitudinale (la freccia indica la posizione della sezione di figura b).

BONDESAN A. *et alii*, 2002b; MIOLA *et alii*, 2003; BONDESAN A. *et alii*, 2003c). Date confrontabili con queste sono disponibili anche per i sedimenti continentali rinvenuti in Adriatico, a circa 10-20 km al largo della foce del Piave, a 1-3 m sotto il fondale (CORREGGIARI *et alii*, 1996a).

La notevole differenziazione tessiturale che distingue l'alta pianura da quella bassa si delineò proprio durante l'LGGM, quando gli scaricatori glaciali, all'epoca non confinati lateralmente in solchi d'incisione, deponevano le ghiaie a poche decine di chilometri dalle fronti glaciali, limitandole all'attuale alta pianura. I numerosi sondaggi stratigrafici disponibili per la bassa pianura denotano invece l'assenza di ghiaie per molti metri nelle sequenze tardo-pleistoceniche. I depositi in

questo caso sono formati da sedimenti fini della piana inondabile e corpi sabbiosi di canale, a geometria spesso lenticolare. In molte porzioni dei megafan, ritenute aree marginali rispetto alla sedimentazione d'epoca glaciale, si deposero importanti banchi argillosi e limosi (COMEL, 1950; FAVERO, 1991a).

Nell'area considerata, come in tutto il settore pedalpino della regione padana *s.l.*, l'evoluzione pleistocenica della pianura sembra controllata dal regime fluviale e di conseguenza dalle dinamiche dei bacini montani: si tratta quindi di un controllo "da monte". Anche in periodi più recenti, specie nel settore più orientale, i fiumi sono stati alimentati da grandi quantità di sedimenti, tanto da manifestare un regime torrentizio strettamente





legato al bacino montano, difficilmente riscontrabile in altre zone. Tale comportamento è stato ben descritto da MARINELLI (1922) e da TREVISAN (1968) con il termine di “fiumi friulani”.

In molte aree del mondo, come ad esempio nel delta del Reno-Mosa e nel Golfo del Messico, all'LGM corrisponde un'importante fase d'incisione della pianura con creazione di profondi *canyon* continentali (BLUM & TORNQVIST, 2000). Per queste zone si sottolinea la presenza, anche durante il Pleniglaciale, di un controllo “da mare”, con profonda influenza del livello eustatico anche sull'evoluzione dei settori continentali. L'abbassamento eustatico, infatti, fece scendere il mare lungo la scarpata continentale che delimita le coste oceaniche, innescando una profonda erosione della pianura retrostante. Nell'Adriatico invece la depressione esistente nella sua parte centrale, dove il mare si ritirò durante l'acme glaciale a -120 m s.l.m., si trova a oltre 400 km di distanza dall'area veneto-friulana (CATTANEO & TRINCARDI, 1999). La lunga pianura emersa durante l'LGM probabilmente impedì che l'abbassamento eustatico innescasse l'incisione fino alle zone considerate, consentendo invece in esse l'aggradazione sedimentaria controllata dai bacini fluviali, cioè “da monte”.

Nell'area veneta il *megafan* di Montebelluna era attivo precedentemente all'LGM, oltre 30.000 a ¹⁴C BP, ed è stato poi sepolto dal *megafan* di Nervesa e da quello di Bassano (BONDESAN A. *et alii*, 2002b). Nel settore friulano, oltre ai terrazzi tettonici dell'alta pianura, a valle di Aquileia (UD) sono presenti dei rilievi sabbiosi, allungati in direzione NE-SO, probabilmente formati prima dell'LGM (COMEL, 1958). La loro origine e datazione precisa non è ancora completamente chiara (MAROCCO, 1991b).

Dopo il raggiungimento dell'acme dell'LGM, circa 18.000 a ¹⁴C BP (OROMBELLI & RAVAZZI, 1996), i ghiacciai cominciarono la loro fase di arretramento, abbandonando le morene più esterne. Tra 18.000 e circa 15.000 a ¹⁴C B, in un periodo appartenente ancora all'LGM, ma spesso chiamato fase cataglaciale in quanto successi-

vo all'acme pleniglaciale, si verificò una fase di parossismo alluvionale riconosciuto dal Friuli al Piemonte (COMEL, 1958; CREMASCHI, 1987; MARCHETTI, 1990; MOZZI, 1995; FONTANA, 2002b). Il riscaldamento portò al rilascio di una enorme quantità di acque e detriti prima immobilizzati dai ghiacci. Probabilmente fu in tale periodo che nella pianura lombarda il cosiddetto “livello fondamentale della pianura” subì la sua ultima fase di aggradazione (CREMASCHI, 1987; MARCHETTI, 1990).

Al momento il ruolo svolto dai processi eolici e l'eventuale deposizione di *loess* in pianura durante i periodi glaciali non è noto, soprattutto per la prevalenza dei processi fluviali anche durante le fasi di massimo freddo secco. Si segnala però un esempio di morfologie eoliche, almeno in parte di età pleistocenica, presso Este sul lato occidentale dei Colli Euganei (RIZZETTO *et alii*, 1998).

Tra i processi più importanti verificatisi tra la fine del Pleniglaciale e l'inizio dell'Olocene vi fu la disattivazione di estesi settori di conoidi e *megafan* alluvionali per incisione del loro apice. Questa tendenza è stata riconosciuta lungo tutto il margine alpino e portò alla stabilizzazione morfologica di buona parte dell'alta pianura (COMEL *et alii*, 1982; CREMASCHI, 1987; MARCHETTI, 1990; GUZZETTI *et alii*, 1997; BONDESAN A. *et alii*, 2002b). L'attività fluviale subì così un confinamento e l'accresciuta capacità di trasporto delle acque comportò lo spostamento delle aree deposizionali di alcune decine di chilometri più a valle, con la creazione di *megafan* polifasici.

La fase d'incisione apicale non avvenne contemporaneamente in tutti i sistemi, ma vi sono esempi in cui è documentato uno sfasamento anche tra *megafan* adiacenti, come nel caso di Tagliamento e Meduna. Tali differenze cronologiche sono probabilmente spiegabili con un diverso comportamento dei bacini montani dei fiumi durante il Tardiglaciale.

Nel panorama complessivo della pianura veneto-friulana la fase d'incisione post-pleniglaciale è riconoscibile per tutti i maggiori *megafan* tranne



che per quello del Piave di Nervesa, dove nell'alta pianura non si hanno evidenti terrazzamenti della superficie pleistocenica. In realtà nella zona del Quartier del Piave, settore già quasi di pianura posto alle spalle del Montello e chiuso dalla soglia di Nervesa, il corso del fiume è inciso rispetto alla superficie pleniglaciale. Si può quindi ipotizzare che la presenza di questa zona particolare potrebbe aver reso meno evidente il fenomeno dell'incisione dell'apice del *megafan* a valle del Montello. Data la forte aggradazione nelle porzioni apicali del *megafan* di Nervesa (BONDESAN A. *et alii*, 2002b), è altresì possibile che l'ipotetica incisione sia stata riempita dagli apporti sedimentari post-glaciali.

Nell'anfiteatro morenico del Piave di Vittorio Veneto, l'ultima costruzione dell'arco morenico di Colle Umberto è stata datata a 17.670 ± 320 a ^{14}C BP (BONDESAN A. *et alii*, 2002b) mentre, già 14.370 ± 115 a ^{14}C BP, il ghiacciaio del Piave si trovava poco a monte di Revine (TV) durante la fase di ritiro della fronte (CASADORO *et alii*, 1976). Dati confrontabili sono disponibili per l'anfiteatro del Tagliamento (A. ZANFERRARI e collaboratori, comunicazione personale).

È interessante notare che nella zona di Ca' Tron (TV), in un'area distale del settore occidentale del *megafan* del Piave attivo nell'LGM, la data più recente relativa all'aggradazione della pianura, a 2,5 m di profondità, risale a 16.190 ± 50 a ^{14}C BP (vedi capitolo 4.III. in questo volume). Essa ricade quindi proprio all'interno del primo periodo di arretramento del ghiacciaio del Piave. Anche per i *megafan* di Brenta e Tagliamento le date relative all'ultima grande fase di costruzione pleistocenica sembrano coincidere con questo periodo, verosimilmente corrispondente alla cosiddetta fase cataglaciale. In particolare, per la bassa pianura del Brenta sono disponibili ben 13 datazioni effettuate su campioni situati tra 4 e 1,5 m di profondità, tutte comprese tra 14.645 ± 235 a ^{14}C BP e 17.050 ± 340 a ^{14}C BP (BONDESAN A. *et alii*, 2002b). Gli studi stratigrafici hanno documentato la presenza di numerosi dossi fluviali che ricoprono gli orizzonti datati e che si elevano al massimo

di 2 m sulla piana alluvionale (fig. 3.6a); questi elementi morfologici sono formati da depositi sabbiosi di canale con spessore massimo inferiore a 2 m e lunghezza che può arrivare a 1-2 km. Nella bassa pianura questi paleoalvei presentano una tipologia *braided*, che si evolve in un corso fluviale a isole in prossimità della frangia lagunare. I valori dell'indice di sinuosità sono sempre inferiori a 1,4 mentre i raggi di curvatura sono superiori a quelli olocenici.

Anche nella piana compresa tra i Colli Euganei e i Berici, a poca distanza dal margine di questi ultimi, numerose datazioni hanno dimostrato a 2-3 m di profondità la presenza di livelli organici datati tra 14.495 ± 200 e 16.815 ± 285 a ^{14}C BP (PAGANELLI *et alii*, 1988; CASTIGLIONI, 1992).

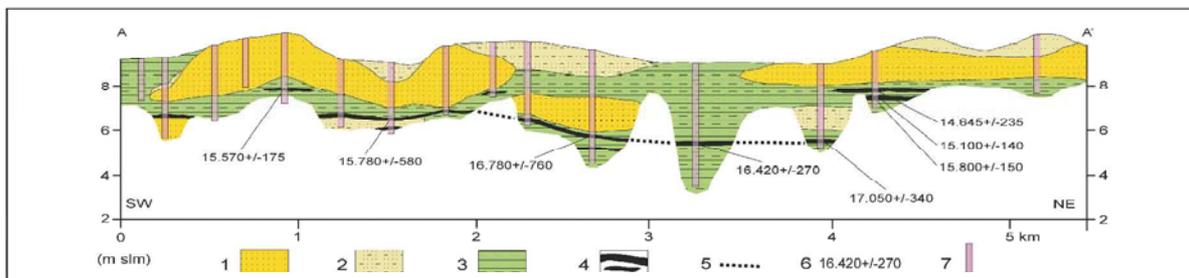
Una situazione confrontabile è documentata anche per i *megafan* alluvionali del Tagliamento e dei torrenti Corno di San Daniele e Cormor. Con la fine dell'LGM i tre corsi d'acqua si sono incisi nell'alta pianura, rispettivamente fino all'altezza di Valvasone (PN), Mereto di Tomba (UD) e Pozzuolo del Friuli (UD), mentre a valle hanno sedimentato sulla superficie pleniglaciale originando così anch'essi dei *megafan* polifasici (fig. 3.5). Il sistema del Tagliamento è tuttora attivo, mentre quelli di Cormor e Corno di San Daniele si sono disattivati con il Tardiglaciale. Fra questi due ultimi il primo è forse perdurato relativamente più a lungo in quanto sembra seppellire parzialmente il secondo.

Nella bassa pianura friulana durante lo scioglimento del ghiacciaio, il Tagliamento e il Cormor hanno sedimentato su di un'area molto estesa e, infatti, su quasi tutta la superficie della Bassa sono presenti numerose tracce di paleoalvei ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi riferibili a quel periodo, spesso ben riconoscibili dalle ultime propaggini dell'alta pianura fino alla frangia lagunare. Quasi fino al limite inferiore delle risorgive i paleoalvei tardo-pleistocenici sono di tipo *braided* mentre più a valle, fino alla costa attuale, si sviluppa la zona dei dossi fluviali che seppelliscono orizzonti organico-torbosi databili al Pleniglaciale (FONTANA, 2002b) (fig. 3.6b). Nel tratto finale gli

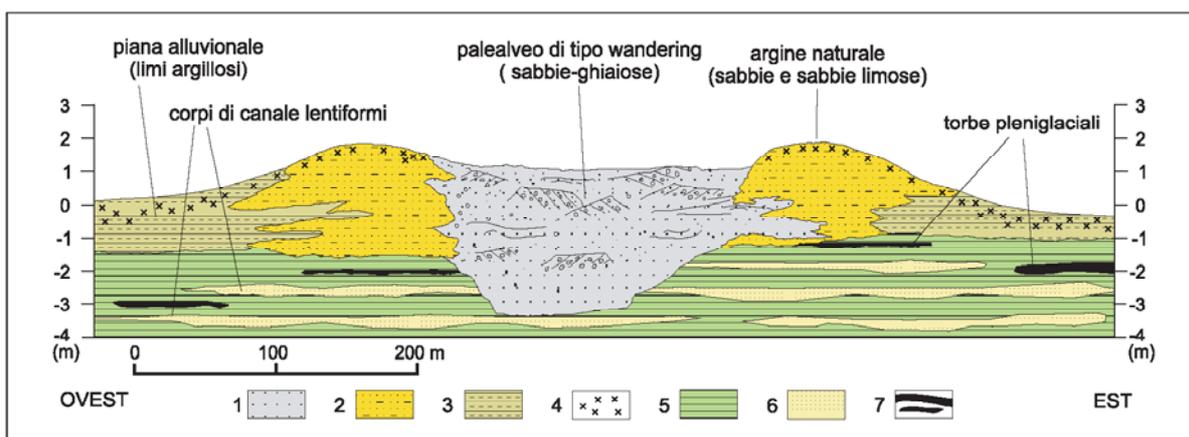


Fig. 3.6a. Profilo stratigrafico nel tratto distale del *megafan* pleistocenico di Bassano; per l'ubicazione si veda fig. 3.2 (Mogliano).

Fig. 3.6b. Profilo stratigrafico schematico di un dosso dei *megafan* del Tagliamento e del Cormor, databile tra la fine del Pleniglaciale e il Tardiglaciale; per l'ubicazione si veda fig. 3.2, tr: Torresella.



Legenda: 1) depositi di canale (sabbie da fini a grossolane, spesso in sequenze positive, con stratificazione interna millimetrica e centimetrica, parallela e incrociata); 2) depositi di traccimazione prossimali (alternanze millimetriche e centimetriche di sabbie fini limose e limi, comuni *ripples* negli strati più spessi e grossolani); 3) depositi di traccimazione distale (argille, argille limose e limi argillosi, con laminazione millimetrica parallela, spesso contenenti gasteropodi, radici, resti di vegetazione palustre); 4) depositi organici (torbe e argille organiche); 5) correlazione stratigrafica degli orizzonti organici; 6) campione con datazione ¹⁴C; 7) sondaggio stratigrafico.



Legenda: 1) alveo con sabbie ghiaiose disposte in stratificazione incrociata tabulare e con strutture di erosione e riempimento, frequenti ciottoli di fango; 2) argini naturali sabbioso limosi con presenza di suoli evoluti, spesso con rubefazione incipiente; 3) piana alluvionale distale limoso argillosa con laminazioni pluricentriche e presenza di suoli calcici con caratteri idromorfi; 4) concrezioni e croste carbonatiche; 5) piana alluvionale pleniglaciale argilloso limosa con laminazioni millimetriche, frammenti di vegetali e gasteropodi; 6) corpi di canale sabbiosi lentiformi con potenza decimetrica, presenza di laminazione parallela; 7) depositi organici, torbe e limi organici di età pleniglaciale.

alvei sono monocursali, compresi tra argini naturali sabbioso-limosi; procedendo verso valle, assumono sempre di più le caratteristiche di letto ad isole, con un andamento *wandering* a larghi meandri poco sinuosi. I dossi hanno una larghezza di 200-300 m e possiedono un'inclinazione compresa tra 1,2 e 0,8‰, confrontabile con quella della loro piana alluvionale. Gli alvei sono larghi 60-100 m e, pur essendo monocursali, sono caratterizzati da strutture sedimentarie tipiche

dei fiumi a canali intrecciati: depositi ghiaioso-sabbiosi con stratificazione incrociata tabulare, presenza di ciottoli di fango (*clay chip*), strutture di erosione e riempimento (*scour and fill*) e talvolta superfici di riattivazione. Inoltre, i canali sono riempiti totalmente da ghiaie o sabbie ghiaiose e mancano depositi fini e organici. Nella porzione più meridionale dei *megafan* tardo-pleistocenici del Tagliamento e del Cormor gli alvei ghiaioso-sabbiosi sono potenti 3-4 m, mentre la



pianura alluvionale a essi correlata arriva a 1-3 m di spessore.

Si sottolinea il fatto che questi dossi dell'area friulana sono aggradanti sulla pianura e sono ghiaiosi, mentre nel sottosuolo le ghiaie sono completamente assenti per decine di metri. Come detto sopra, anche nel settore più orientale della regione padana *s.l.* si evidenzia nel complesso una fase fluviale caratterizzata da grandi portate che pare coincidere con quanto descritto nell'area lombarda, dove è stata attribuita alle fasi finali dell'LGM (CREMASCHI & MARCHETTI, 1995).

Per il Tagliamento, anche se le datazioni sono rare, numerosi indizi stratigrafici sembrano concordare con la cronologia sopra descritta: una datazione effettuata poco a est di Portogruaro, a circa 5 m di profondità, è risultata riferibile a 14.650 ± 153 a ^{14}C BP (LENARDON *et alii*, 2000). Varie datazioni hanno invece documentato numerosi livelli torboso-organici intervallati alla sedimentazione pleniglaciale, spesso a debole profondità (BONDESAN A. *et alii*, 2002b; FONTANA, 2002b).

Nel *megafan* pleistocenico del Cormor, secondo numerosi indizi stratigrafici, alcuni livelli torbosi, situati a 2-3 m di profondità e sepolti dai dossi, sembrerebbero databili al Pleniglaciale, mentre i più antichi siti archeologici presenti sulla superficie dei dossi sono di età epigravettiana finale (11.500-9.500 a.C.) (FERRARI & PESSINA, 1992).

Durante il Tardiglaciale (tra 15.000 e 10.000 a ^{14}C BP, ossia in anni calendario fino al 9.500 a.C.) si verificarono alterni periodi climatici con brevi fasi caratterizzate da condizioni quasi glaciali che poterono creare una notevole instabilità anche nel sistema fluviale. Tale situazione perdurò fino al Dryas recente (12.000-9.500 a.C.); periodo molto freddo e secco dopo il quale s'instaurarono condizioni climatiche confrontabili con le attuali. Verosimilmente la riforestazione dei versanti alpini, avvenuta nel post-glaciale e conclusasi nell'Olocene iniziale, rese maggiormente sta-

bili i versanti, limitandone l'erosione da parte delle acque e il verificarsi di processi di tipo periglaciale.

Sul conoide del Cellina la fase di aggradazione è rimasta attiva dall'LGM fino al termine del Pleistocene, come confermano alcuni livelli organici sub-superficiali datati a 11.850 ± 110 e 10.530 ± 100 a ^{14}C BP; solo in seguito si è sviluppata la profonda incisione in cui oggi si trova l'alveo (AVIGLIANO *et alii*, 2002a). Il conoide del Meduna disattivò il suo lobo più orientale alla fine del Pleniglaciale, mentre quello occidentale ha avuto un'importante attività fino alle primissime fasi dell'Olocene, come dimostrato dai depositi superficiali datati presso Vacile (PN) al $9840 \pm 80 - 8885 \pm 75$ a ^{14}C BP; anche questo conoide ha subito poi una notevole fase di terrazzamento (AVIGLIANO *et alii*, 2002b).

Fino alla transizione tra Pleistocene e Olocene è segnalata anche un'importante fase sedimentaria all'interno del Vallone Bellunese, terminata 8000 a ^{14}C BP, probabilmente dovuta alla disponibilità di sedimenti sui versanti e alla grande attività dei processi gravitativi postglaciali (SURIAN & PELLEGRINI, 2000).

Dopo lo scioglimento dei grandi ghiacciai alpini e il loro ritiro ben all'interno delle valli, fino all'Olocene medio molti fiumi manifestarono un comportamento erosivo nella bassa pianura approfondendo notevolmente i loro alvei. Tale situazione è stata ben documentata nella pianura lombarda centrale (CREMASCHI, 1987; MARCHETTI, 1990) e in quella costiera padano-romagnola (COLANTONI *et alii*, 1990; AMOROSI *et alii*, 1999; BONDESAN M. *et alii*, 1999).

Un fattore di difficile interpretazione è stato l'effetto di eventuali laghi formati da sbarramenti morenici nelle valli alpine nel corso dello scioglimento dei ghiacciai. L'eventuale presenza dei bacini lacustri, anche temporanea, influì sulle portate solide e liquide dei maggiori fiumi alpini, anche se gli effetti sull'evoluzione della pianura sono poco conosciuti (CASTIGLIONI, 2001b; VENTURINI, 2003).



Fig. 3.7. Schema semplificato dell'evoluzione della costa dell'Adriatico settentrionale durante l'Olocene medio-superiore.

3. I. 6. LA TRASGRESSIONE FLANDRIANA, L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI LAGUNARI E DEGLI APPARATI DELTIZI

Dall'inizio dell'Olocene le condizioni climatiche si sono mantenute simili alle attuali, con lievi fluttuazioni della temperatura e della piovosità. Tali variazioni non hanno causato drammatici cambiamenti delle dinamiche geomorfologiche, ma sono comunque separabili in periodi climatici di durata secolare o millenaria (OROMBELLI & RAVAZZI, 1996) (vedi Appendice 3 "Schema cronostratigrafico del tardo Pleistocene e dell'Olocene" di A. FONTANA in questo volume).

Se durante le fasi finali del Pleistocene la morfogenesi venne attuata essenzialmente dai grandi sistemi fluvio-glaciali e fluviali, già con il Postglaciale, e soprattutto poi con l'Olocene, si assistette anche all'attività di altri agenti geomorfologici molto importanti. Essi sono il mare,

le lagune, i fiumi di risorgiva e l'uomo.

Durante l'Olocene ha avuto grandissima importanza l'innalzamento del livello marino definito come trasgressione Flandriana o anche Versiliana in Italia. A partire dal periodo Atlantico, circa 7000 anni fa, il mare ha iniziato la sua fase di stazionamento alto (fig. 3.7).

In generale, escluso il megaconoide del Piave di Nervesa, la porzione dei vari *megafan* interessata dall'evoluzione olocenica è stata più ridotta rispetto a quella pleistocenica; essa ha però la particolarità di essere stata influenzata direttamente anche dall'attività marina nei settori prossimi al mare o alle lagune. Di conseguenza, mentre durante il Pleistocene finale i sistemi fluviali sono stati condizionati quasi esclusivamente dai loro bacini alpini, con l'Olocene si è verificata anche una forte influenza da parte del mare.



Legenda: 1) coste alte e rocciose, rilievi prealpini; 2) aree di pianura alluvionale; 3) isoipse; 4) isopisa 0 m slm; 5) curve batimetriche; 6) ricostruzione ipotetica della massima ingressione marina, circa 6000 a ¹⁴C BP.



Infatti, la dinamica costiero-lagunare, l'aggradazione dei sistemi deltizi e delle pianure fluviali pericostiere sono stati condizionati dal progressivo sollevamento del livello eustatico.

Al culmine dell'LGM, in conseguenza dell'enorme volume di acqua immobilizzato dai ghiacciai, il mare aveva raggiunto un livello minimo trovandosi a circa -120 m rispetto all'attuale; con il successivo miglioramento climatico, attuatosi soprattutto a partire da 15.000 a ¹⁴C BP, la fusione dei ghiacci causò un rapido innalzamento marino al ritmo di risalita media di 1,5-1 cm/anno (FAIRBANKS, 1989; PRETI, 1999). L'effetto dello scioglimento dei ghiacciai sul livello eustatico è da imputarsi principalmente alla calotta artica. Infatti, nonostante lo scioglimento quasi completo dei ghiacciai nelle valli alpine fosse avvenuto già circa 13.000-12.000 anni fa (PELLEGRINI, 1994), il mare continuò a salire rapidamente fino al 6000-4000 a.C., quando raggiunse un livello relativo di circa -10 m, confrontabile con l'attuale (MAROCCO, 1991a; PRETI, 1999; BONDESAN M. *et alii*, 1999; CATTANEO & TRINCARDI, 1999) (fig. 3.8). È a questo periodo che si deve far risalire lo scioglimento completo anche dell'*Inlandis* nord-europeo e il raggiungimento da parte di quello groenlandese di un volume simile all'attuale (CASTIGLIONI, 1986a). Il sollevamento successivo del mare è da attribuirsi in massima parte alla subsidenza locale, alle deformazioni tettoniche e alle fluttuazioni climatiche oloceniche (FAIRBANKS, 1989). Dall'Olocene medio a oggi, nell'Alto Adriatico, l'innalzamento ha avuto un tasso medio inferiore a 0,5 mm/anno (PRETI, 1999; CATTANEO & TRINCARDI, 1999; fig. 3.8).

La trasgressione marina non fu un evento sincrono in tutto l'Adriatico, ma si verificò dapprima nel settore più meridionale e in quello orientale. La morfologia delle coste giocò un ruolo fondamentale e così, mentre sulla sponda istriano-dalmata, alta e rocciosa, il mare raggiunse piuttosto rapidamente una posizione simile all'attuale, sul versante opposto la scarsa pendenza della pianura alluvionale preesistente e l'attività dei fiumi alpini rallentarono il fenomeno (fig. 3.7).

meno (fig. 3.7).

Dopo il notevole calo della velocità di sollevamento eustatico, l'innalzamento del livello marino relativo è stato condizionato soprattutto dalla subsidenza locale del territorio e dalla quantità di apporti sedimentari fluviali. In base alle relazioni reciproche tra questi due fattori, si sono così generate delle situazioni differenziate anche tra zone fra loro adiacenti. In particolare, nella pianura veneto-friulana si riconoscono vaste aree in cui le superfici relitte di età pleistocenica sono affioranti fino al margine lagunare, comprese tra zone in cui i maggiori fiumi alpini hanno attuato la loro sedimentazione olocenica (fig. 3.4). Nelle antiche zone relitte, l'innalzamento del livello marino relativo è stato causato quasi esclusivamente dalla subsidenza, tanto che, in queste aree, l'odierna posizione del mare è la più interna raggiunta nel post-glaciale (fig. 3.7). Sono quindi aree in cui si riconosce una continua trasgressione tuttora in atto e, che, in generale coincidono con i settori centrali delle lagune attuali. È questo il caso della laguna di Venezia nel settore tra Naviglio Brenta e Sile, di quella di Marano e in parte di quella di Caorle.

Nelle aree in cui sono sfociati i corsi alpini durante l'Olocene la situazione è in genere più complessa: le indagini stratigrafiche consentono spesso di riconoscere un ciclo trasgressivo-regressivo in cui a una iniziale espansione marina sulla pianura preesistente segue l'instaurarsi di un ambiente lagunare o deltizio, talvolta caratterizzato dalla successiva progradazione dei sistemi fluviali. La presenza degli ambienti lagunari sulle coste basse è consentita proprio dall'esistenza di superfici relitte che separano due zone in cui sono invece attivi degli apparati deltizi; questi, con il loro protendimento verso mare e il sistema dei lidi da essi stessi creato, possono isolare specchi di mare in cui il moto ondoso ha un debole effetto, mentre diviene fondamentale il regime tidale (FAIRBANKS, 1989; BLUM & TÖRNQVIST, 2000).

Le ricerche stratigrafiche condotte lungo tutta la costa dell'Italia settentrionale consentono di



apprezzare la differente evoluzione che ha caratterizzato la risalita marina nelle diverse aree tra Romagna e Trieste. In qualche caso le diversità sono davvero significative e comunque, a sud della laguna di Venezia, in genere si può riconoscere più chiaramente un ciclo trasgressivo-regressivo (fig. 3.7). Infatti, presso il delta del Po il limite della massima trasgressione post-glaciale si trova fino a 20 km più all'interno della costa attuale, mentre verso nord la posizione più arretrata raggiunta dal mare è in genere meno lontana dalla linea di costa e talvolta corrisponde all'attuale margine costiero.

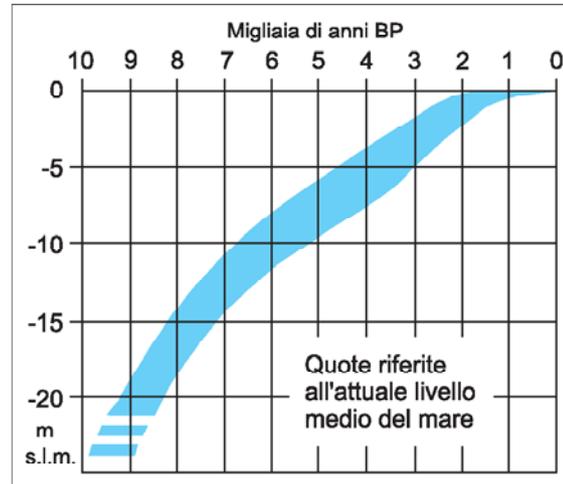
Al largo della costa romagnola le prime *facies* marino-lagunari sono state riconosciute tra -35 e -40 m s.l.m., con un'età di 7.700-8.600 a ¹⁴C BP (COLANTONI *et alii*, 1990). Nella pianura romagnola i sedimenti marini di 8215±100 a ¹⁴C BP si trovano tra -27 e -30 m s.l.m. e ricoprono la superficie pleniglaciale (AMOROSI *et alii*, 1999). Poco a nord, nell'area di Conselice e Pomposa, compaiono *facies* lagunari tra -15 e -18 m s.l.m., datate a 7000-8000 a ¹⁴C BP e, a -10 m s.l.m., sono invece riferibili a circa 6500 a ¹⁴C BP (BONDESAN M. *et alii*, 1999; PRETI, 1999).

Nella baia di Pirano (Slovenia), sulla sponda orientale dell'Adriatico, sono state individuate *facies* lagunari di 9160±20 a ¹⁴C BP a 26,5 m sotto il livello marino (OGORELEC *et alii*, 1981).

In area veneziana e friulana, la prima formazione delle lagune sembra essere documentata a circa 7000-6000 anni fa, in corrispondenza della massima trasgressione marina. La parte centrale della laguna di Venezia cominciò a formarsi circa 6000 anni fa (-8 m s.l.m.) e, presso Piazza San Marco, s'identifica un livello marino di 4670 a ¹⁴C BP a -5,8 m s.l.m. (FAVERO & SERANDREI BARBERO, 1980; SERANDREI BARBERO *et alii*, 2001). Un'età leggermente più antica per i primi depositi lagunari è segnalata nel settore meridionale della laguna e del delta dell'Adige (FAVERO & SERANDREI BARBERO, 1978; 1980).

La trasgressione atlantica raggiunse la zona di Adria e Cavarzere, ma la prima linea di costa ancora affiorante si stabilizzò circa 4500 anni fa

fig. 3.8. Relazione tra le età calibrate e le quote di provenienza di campioni datati, prelevati nell'area del delta del Po. La profondità dei campioni è stata corretta dell'effetto del costipamento conseguente alla bonifica [BONDESAN M. *et alii*, 1999].



lungo l'allineamento di dune di Motta Palazzetto- Motte Cucco-San Pietro di Cavarzere-Corte del Campanaro (BONDESAN M. *et alii*, 2001) (figg. 3.1 e 3.7). Questo sistema costiero proseguiva con la medesima direzione sia verso sud, fino al Po, sia verso nord, mantenendosi circa 3-4 km più all'interno del litorale di Pellestrina (vedi capitolo 4.VII in questo volume). Già agli inizi del Subatlantico la costa era progradata fino all'allineamento Chioggia-Canale di Valle-Cavanella d'Adige e si mantenne in tale posizione con lievi variazioni fino al Medioevo (BONDESAN M. *et alii*, 2001).

Presso l'isola di Sant'Erasmo la base dei depositi salmastri è stata datata a 7210±50 a ¹⁴C BP a 3,5 m di profondità mentre, in epoca romana, la zona si trovava lungo la costa, davanti alla quale è poi progradato il lido del Cavallino (SCHIOZZI & BRAMBATI, 2000). Nell'area del basso Piave, in località Palazzetto di San Donà, i primi sedimenti lagunari si trovano a 6 m di profondità e datano a 6520±50 a ¹⁴C BP (BONDESAN A. *et alii*, 2003c). Anche nel settore tra Piave e Livenza, dove il Piave ha avuto la sua foce durante tutto l'Olocene, si riconosce un ciclo trasgressivo-regressivo, con presenza di estese tracce appartenenti a più generazioni di sistemi deltizi, ora



situati nell'entroterra, che testimoniano la progredizione fluviale del Piave.

Nel complesso l'ingressione lagunare nell'area veneziana sembra esser stata guidata dalle aree a maggior subsidenza, cioè quella meridionale e quella settentrionale, mentre quella centrale sarebbe stata raggiunta dalle acque salmastre solo in fase successiva (TOSI, 1994b).

In molte zone i sedimenti lagunari seppelliscono la pianura pleistocenica, al cui tetto sono spesso presenti calcisuoli ben evoluti localmente definiti come "caranto" in letteratura (vedi paragrafo 3.I.8 e scheda "Il caranto lagunare" di P. Mozzi, in questo volume). I primi cordoni dunali del sistema costiero del fiume Piave si trovano nell'area di Torre di Fine-Eraclea a Mare ed erano già esistenti 5460 ± 60 a ^{14}C BP (BONDESAN A. *et alii*, 2003). Essi costituiscono un delta di tipo cuspidato bialare la cui forma originaria è quasi completamente conservata, mentre le dune che lo formavano sono state totalmente spianate dalle sistemazioni agrarie. La presenza di un altro delta più avanzato verso mare è datata almeno a 4380 ± 60 a ^{14}C BP, con una fase intermedia di accrescimento riferibile a 2900 ± 70 a ^{14}C BP, per arrivare ai depositi sub-attuali sulle dune in prossimità della linea di riva odierna (BONDESAN A. *et alii*, 2002b).

Nel caso del fiume Tagliamento, il suo delta attuale ha iniziato a formarsi circa 2000 anni fa (MAROCCO, 1991a), mentre le tracce dei sistemi di foce preesistenti sono molto scarse, anche se sono noti dei cordoni pre-romani poco a monte del sistema odierno.

Nella laguna di Marano, le più antiche tracce di presenza marina post-glaciale sono state riconosciute presso l'Isola di Sant'Andrea a -8 m s.l.m. e datano a 5540 ± 140 a ^{14}C BP (MAROCCO, 1989); presso Bevazzana di San Michele, a ridosso dell'attuale delta del Tagliamento, a -7,3 m s.l.m. è stata segnalata la presenza di sedimenti lagunari di 4620 ± 160 a ^{14}C BP (MAROCCO, 1991a).

Da questo assetto cronologico, piuttosto omogeneo per tutta l'area veneto-friulana, si discostano le lagune di Caorle e quella di Grado. La

prima viene ritenuta più antica, con i primi strati datati a 8060 ± 655 a ^{14}C BP a -7,8 m s.l.m. e 6270 ± 515 a ^{14}C BP a -6 m s.l.m. (MAROCCO *et alii*, 1996; GALASSI & MAROCCO, 1999); tuttavia, l'elevata deviazione standard presentata dai campioni richiederebbe una conferma sulla loro età. La laguna di Grado, invece, si è formata nell'epoca post romana, circa 1500 anni fa (MAROCCO, 1991a). Quest'ultima, probabilmente, si è strutturata in forte ritardo a causa della posizione un tempo più occidentale della foce del fiume Isonzo, che forse contrastò la subsidenza della zona con la sua sedimentazione (MAROCCO, 1991a). L'Isonzo sfociava in epoca pre-romana più a ovest e ha poi subito una progressiva migrazione verso est (DESIO, 1922; MAROCCO, 1991a).

Lungo la costa veneto-friulana la risalita marina e l'espansione dei sistemi lagunari sono state fortemente condizionate dalla morfologia della pianura preesistente. La presenza di aree più depresse può aver consentito alle acque salmastre di penetrarvi più precocemente che in altri settori. In particolare, alcune incisioni fluviali precedentemente formate da paleoalvei più profondi e ben delineati hanno consentito alle acque marine di giungere molto all'interno della pianura emersa creando dei "bracci" lagunari (fig. 3.7). Il caso meglio noto è quello verificatosi lungo il corso degli attuali fiumi Lemene e Reghena, dove due percorsi del paleo-Tagliamento, già disattivati al momento della massima trasgressione, avevano inciso per circa 10 m la superficie tardo-pleistocenica, formando delle ampie valli. Sfruttando questo "corridoio idraulico" le acque salmastre giunsero fino a Portogruaro, lambendo Concordia Sagittaria (FAVERO, 1991a; VALLE & VERCESI, 1996; FONTANA, paragrafo 4.I.6 in questo volume) e formando una costa a *liman* (cfr. CASTIGLIONI, 1986a, p. 368). L'evoluzione successiva ha condotto al completo colmamento di queste valli prima con sedimenti lagunari e poi con depositi fluviali.

Anche alle foci del Sile è stata documentata una valle larga circa 600 m e profonda 12 m, quasi completamente colmata da sedimenti sabbiosi già nel 3650 ± 40 a ^{14}C BP (vedi paragrafo 4.III.3 in

questo volume). Più a monte, nei pressi di Casier (TV) è stato dimostrato come il Piave sia defluito all'interno di questa ampia incisione tra la fine del III e l'inizio del II millennio a.C. (MOZZI, 1998a).

L'evoluzione dei sistemi lagunari è stata fortemente condizionata da fattori locali come la subsidenza e la presenza di apporti sedimentari; tuttavia diversi autori hanno cercato d'individuare alcune fasi di sviluppo comuni a tutto il Nord Adriatico. Sulla base di dati stratigrafici e geoarcheologici, tramite il confronto con le variazioni climatiche, alcuni autori hanno proposto l'esistenza di importanti fasi di trasgressione anche durante il periodo Subboreale, e più precisamente durante l'età del Rame (tra il III e il II millennio a.C.), e alla fine dell'età del Bronzo (XI secolo a.C.) (ad esempio CIARATTI, 1967; BLAKE *et alii*, 1988; BALISTA & BIANCHIN CITTON, 1994; VALLE & VERCESI, 1996). Tuttavia i dati sono ancora limitati e piuttosto localizzati e non consentono una sicura generalizzazione.

Invece un momento importante, riconoscibile sia a scala dell'Italia settentrionale che globale, è la trasgressione medievale, contemporanea alle importanti variazioni della rete fluviale e al dissesto territoriale successivo al periodo romano (DALL'AGLIO & MARCHETTI, 1998; BERENDSEN & STOUTHAMER, 2001).

In molte ricerche riguardanti la pianura padana e veneto-friulana sono segnalate lagune e territori palustri pericostieri del IX-XIII secolo ben più estese di quelle esistenti in epoca romana. Al periodo compreso tra V e X secolo sono anche riferibili numerose variazioni fluviali di grande entità che interessarono Adige, Tagliamento e Piave.

3. I. 7. IL FENOMENO DELLE RISORGIVE E I FIUMI DA ESSE ALIMENTATI

Tra gli elementi più caratteristici della pianura veneta-friulana vi sono sicuramente la fascia delle risorgive e i corsi d'acqua che essa alimenta, comunemente definiti fiumi di risorgiva. La

venuta a giorno della falda freatica si verifica lungo una fascia di larghezza variabile tra i 2 e i 10 km, individuata da un limite superiore e uno inferiore. Essa separa l'alta pianura ghiaiosa, quasi priva di drenaggio superficiale, da quella bassa limoso-argillosa, ricca di acque. Gli orizzonti argillosi impermeabili costringono parte della falda freatica a emergere in superficie, mentre la porzione rimanente continua il suo moto verso valle nel sottosuolo creando un sistema di falde confinate sovrapposte (fig. 3.3).

Il limite superiore delle risorgive (l.s.) corrisponde all'intersezione della superficie freatica con quella del terreno, mentre il limite inferiore (l.i.) è identificato dall'affioramento, più verso monte, dei corpi argillosi impermeabili (fig. 3.1). Mentre quest'ultimo può considerarsi relativamente fisso, il l.s. può variare considerevolmente in quanto risente delle oscillazioni della superficie piezometrica della falda: esso infatti si sposta verso monte quando il livello di essa s'innalza e verso valle quando quest'ultimo decresce.

Prima delle moderne bonifiche che resero coltivabili le aree sorgentizie, erano evidenti delle variazioni stagionali della falda che raggiungevano anche 3-4 m e portavano a spostamenti del l.s. di oltre 1 km. I cambiamenti climatici avvenuti nel corso dell'Olocene hanno causato variazioni della piovosità che potrebbero aver innescato anche importanti variazioni nella posizione del l.s. Secondo i dati disponibili, tuttavia, non si segnalano cambiamenti molto differenti da quelli di carattere stagionale. Il l.s. coincide con il limite di sedimentazione delle ghiaie grossolane e corrisponde anche a un brusco cambio di pendenza: da monte a valle del l.s. si passa da un valore del 5-4‰ al 3-2‰. Data l'entità del cambiamento il l.s. deve essere considerato come una posizione sopra cui la falda freatica può essere difficilmente salita. Infatti la pendenza a monte del l.s. è talmente elevata da richiedere un sollevamento della falda troppo elevato per essere stato innescato dalle variazioni oloceniche del clima (MOZZI, 1995; FONTANA, 2002b).

Considerata l'attuale idrografia della pianura

veneta e friulana, gran parte di essa non è interessata direttamente da grandi fiumi di origine alpina; essa è invece caratterizzata da una rete di corsi minori, formata da fiumi di risorgiva e drenaggi superficiali. In molti casi, ad esempio nei settori pleistocenici dei *megafan* del Brenta, Tagliamento e Piave, l'idrografia minore è particolarmente abbondante e fitta (fig. 3.1).

Per il fatto di non essere alimentati direttamente dalle precipitazioni ma in maniera indiretta dalla falda, i corsi di risorgiva presentano una portata piuttosto costante durante l'anno, con variazioni stagionali contenute e leggermente sfasate rispetto a quelle delle precipitazioni meteoriche e della temperatura. La falda viene alimentata dalle perdite di subalveo dei fiumi alpini e dalle precipitazioni e impiega alcuni mesi e talvolta anni a compiere il circuito sotterraneo; di conseguenza, eventuali variazioni di piovosità medio-piccole non sono generalmente risentite dal sistema delle sorgenti.

I corsi di risorgiva manifestano un comportamento passivo a tutte le scale, avendo sviluppato i loro corsi lungo le depressioni topografiche preesistenti: sia intra-*megafan*, che intra-dosso, che all'interno di paleovalle abbandonati dai corsi alpini. A livello regionale, i maggiori corsi di risorgiva si trovano infatti nella zona depressa posta al contatto tra due *megafan*; a scala più dettagliata i corsi di risorgiva scorrono nelle aree ghiaiose interposte a quelle argillose subito a sud del l.i.; verso valle e fino alla laguna s'innestano invece nelle depressioni fra i dossi fluviali. Un ruolo importante nello sviluppo dei reticoli minori è stato svolto dalla litologia della pianura: sui settori limoso-argillosi della pianura pleistocenica il reticolo idrografico appare infatti ben formato e con affluenti spesso disposti a creare un *pattern* dendritico. Nelle aree di formazione olocenica, specie le più recenti, i fiumi di risorgiva sono in genere scarsi e con pochi affluenti. In vari casi è poi evidente che tali corsi d'acqua hanno occupato alvei abbandonati dai fiumi alpini.

I fiumi di risorgiva sono quasi sempre piccoli,

con una portata limitata ad alcuni metri cubi; tuttavia, i principali corsi come il Sile, il Livenza, il Lemene e lo Stella sono caratterizzati da un deflusso importante che può raggiungere 30-50 m³/s. Si tratta però di fiumi intra-bacinali, cioè che nascono e si sviluppano all'interno di un bacino sedimentario di un fiume alpino (MOZZI, 1998a). Di conseguenza sono corsi che non sono direttamente alimentati da un bacino montuoso, ma trasportano solo i detriti che erodono lungo il loro percorso. Per questo essi hanno soprattutto svolto un'azione erosiva nei confronti della pianura preesistente, rimodellandola in modo localizzato. Quasi sempre le morfologie sono poco significative, con incisione della piana di divagazione per 1-3 m rispetto alla pianura circostante. Tuttavia l'azione erosiva dei corsi maggiori ha condotto alla formazione di vere e proprie valli, larghe anche oltre 2 km e profonde 4-10 m; la valle del Sile e quella dello Stella sono tra gli elementi morfologici più caratteristici della pianura dell'Italia nord-orientale (LORENZI, 1911; FERUGLIO, 1925; BONDESAN A. *et alii*, 1998).

A differenza di quasi tutta l'area padana, nel territorio veneto-friulano i maggiori corsi di risorgiva defluiscono nelle lagune e quindi hanno anche subito in modo più o meno diretto gli effetti della trasgressione olocenica. Come per i grandi fiumi alpini, l'innalzamento eustatico ha favorito la sedimentazione lungo i tratti terminali dei corsi di risorgiva; il Sile e lo Stella hanno così formato dei sistemi deltizi endolagunari limitati, ma ben evidenti (fig. 3.1).

Tra i fattori più importanti per la morfologia di valli e incisioni di risorgiva vi sono le variazioni della soglia di scarico, i cambiamenti della portata liquida, la pendenza e la tessitura dei depositi della pianura preesistente. I meccanismi che sono alla base del processo d'incisione sono raggruppabili in due diverse modalità: l'innalzamento del livello di base del corso d'acqua (sollevamenti eustatici, periodi di piena dei corsi collettori) o il suo abbassamento (fasi di regressione marina e periodi di magra dei corsi collettori). Alle due diverse tendenze corrispondono rispet-



tivamente la tendenza all'allargamento delle incisioni e il loro approfondimento (COMEL, 1950). Tanto più frequenti e importanti sono le oscillazioni delle principali aste fluviali, tanto più forti sono le ripercussioni sulla profondità e larghezza dei solchi di terrazzamento (COMEL, 1950).

Si deve però ricordare che, nel caso delle maggiori incisioni, hanno talvolta svolto un ruolo importante anche i fiumi alpini; questi ultimi, in qualche caso, avevano creato con dei percorsi antichi delle bassure, poi riutilizzate da corsi di risorgiva, come nei casi di Reghena e Lemene. In altre situazioni hanno utilizzato per qualche tempo le depressioni in cui scorrevano i corsi di risorgiva, come ad esempio il Piave nel Sile a valle di Treviso, tra la fine del III e l'inizio del II millennio a.C. (MOZZI, 1998a).

Anche per il fiume Stella è riconoscibile una notevole e complessa evoluzione della sua valle durante l'Olocene, con una probabile influenza del Tagliamento. Anche se l'esistenza dell'incisione risale almeno all'inizio dell'Olocene, l'ultima grande fase morfogenetica si è verificata nel Subboreale, tra la prima metà del III e l'inizio del I millennio a.C. (FONTANA, 2002b).

Come s'intuisce dalle informazioni disponibili, l'evoluzione dei maggiori fiumi di risorgiva è un fenomeno molto complesso e ancora poco compreso, caratterizzato da specifiche particolarità nelle diverse aree.

3. I. 8. I SUOLI E L'EVOLUZIONE PEDOLOGICA

La pianura veneta centro-orientale e quella friulana rappresentano una "regione pedologica" con caratteristiche peculiari, legate soprattutto alla notevole percentuale di carbonati presenti nei depositi alluvionali. Il settore orientale delle Alpi meridionali, che con i suoi sedimenti ha costruito la pianura, è infatti costituito in gran parte da calcari e dolomie. Si possono comunque individuare delle differenze tra i vari bacini fluviali, talvolta anche marcate, proprio in dipendenza della composizione del substrato geologico dei settori montani. In particolare i sedimenti

attuali di Isonzo, Torre, Tagliamento, Meduna e Cellina superano in genere il 70% di carbonati, quelli del Piave arrivano al 65%, mentre le alluvioni del Brenta raggiungono il 20-35% e quelle dell'Adige e del Po il 10-15% (JOBSTRAIBIZER & MALESANI, 1973; COMEL *et alii*, 1982). È quindi evidente un *trend* di crescita generale del contenuto di carbonati da sud-ovest verso nord-est, con valori massimi presentati dai sedimenti di Cellina e Meduna che possono giungere anche oltre il 96% (MICHELUTTI *et alii*, 2003). La composizione dei sedimenti alluvionali su cui si è attuata la pedogenesi è uno dei fattori fondamentali in quanto la presenza dei carbonati tende a opporsi all'evoluzione dei suoli, bloccando i processi di brunificazione e lisciviazione (TROMBINO, 2001).

Un altro fattore fondamentale è la superficialità della falda freatica nella bassa pianura, dove in genere essa si trova a 1-2 m di profondità. Anche questo carattere ostacola la pedogenesi, facendo prevalere i processi di tipo *gley*. L'effetto combinato dell'abbondanza di carbonati e della falda subaffiorante è quello di inibire lo sviluppo dei suoli e di conseguenza quello di non rendere agevole il riconoscimento dell'età delle superfici tramite la semplice analisi dei profili pedologici presenti su di esse. Nella pianura veneta centro-orientale e in quella friulana, a differenza di quella padana, i profili pedogenetici infatti possono sembrare molto più recenti di quanto non siano in realtà le superfici su cui si sono evoluti. Tale situazione ha generato anche una profonda differenziazione tra i suoli presenti nell'alta e nella bassa pianura e, all'interno di quest'ultima, anche fra quelli posti su aree ben drenate e quelli con presenza di acqua nel terreno.

Nelle condizioni favorevoli i profili si sono evoluti verso suoli bruni lisciviati fersiallitici, secondo la classificazione francese (DUCHAUFOR, 1983) o *Haploxeralfs* per la *Soil Taxonomy* (1998) (MARCHETTI, 2001); in genere ciò si è verificato solo sulle superfici pleistoceniche dell'alta pianura ghiaiosa, terrazzate nel Tardiglaciale e da allora non più soggette alla dinamica fluviale. Sui conoidi pleistocenici o sui terrazzi tettonici c'è

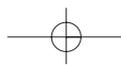
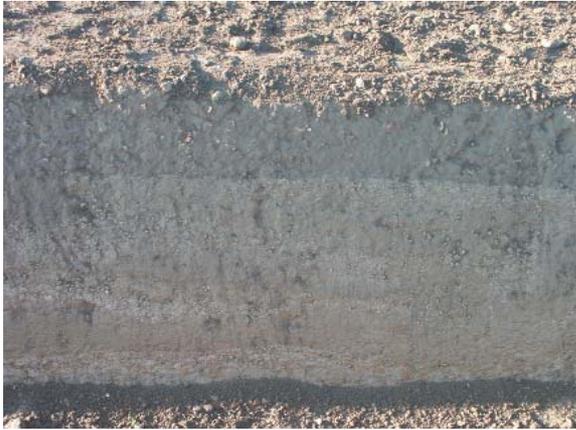


Fig. 3.9. Tipico profilo pedologico presente sulla piana alluvionale pleistocenica nella bassa pianura veneto-friulana. Si notano alternanze di accumuli di concrezioni carbonatiche dure e massive, influenzate da differenze tessiturali del substrato alluvionale (Summaga di Portogruaro, località Noiare).



quindi la massima espressione dei processi pedogenetici con la presenza di orizzonti argillici arrossati: *Inceptic Hapludalfs* (GIANDON *et alii*, 2001). Questi ultimi si presentano più sviluppati e rubefatti sul conoide di Montebelluna, già stabile prima dell'LGM, che rappresenta una delle superfici più antiche della pianura veneta.

In genere i profili pedologici dell'alta pianura sono piuttosto uniformi grazie alla omogeneità litologica e morfologica del substrato ghiaioso, mentre nella fascia delle risorgive i suoli presentano una notevole differenziazione, dovuta alla variabilità granulometrica dei sedimenti e alle condizioni del drenaggio locale. La presenza della falda affiorante in certe zone ha consentito la formazione di orizzonti mollici, caratterizzati dall'accumulo di sostanza organica.

Nella bassa pianura i suoli sono variabili e si differenziano principalmente per l'età della superficie e per le unità morfologiche su cui insistono. Semplificando si possono distinguere aree di dosso fluviale, depressioni e zone di transizione; tale articolazione si accompagna a differenze nella granulometria e nel drenaggio (GIANDON *et alii*, 2001). Considerando la pianura pleistocenica, sui dossi rilevati e a tessitura grossolana si riconoscono suoli cambici e decarbonati; talvolta sono stati identificati anche indizi della presenza di orizzonti argillici, ma poco espressi (GIANDON *et alii*, 2001; VENETO AGRICOLTURA, 2001). Nelle

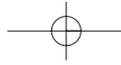
zone di transizione verso le bassure, dominate dai limi fini, il drenaggio mediocre ha consentito la formazione di orizzonti calcici con accumulo di concrezioni carbonatiche bitorzolute e croste. Questo processo si è verificato anche nelle aree depresse dove, nonostante l'età pleistocenica delle superfici, la presenza della falda e la tessitura argillosa dei sedimenti ha portato alla formazione di suoli notevolmente idromorfi.

Sulla pianura olocenica le superfici già stabili nel periodo Atlantico (fino a circa 6000 anni fa) presentano inceptisuoli con un grado di evoluzione in genere minore ma confrontabile con quello della pianura tardiglaciale; quelle più recenti risultano invece parzialmente decarbonatate, a volte con formazione di orizzonti calcici poco sviluppati, più spesso caratterizzate da entisuoli. Sui sedimenti depositati nell'Olocene recente si riconoscono soprattutto *Fluvisols*, con decarbonatazione scarsa o nulla (GIANDON *et alii*, 2001).

In tutta la pianura padana s.s. per l'evoluzione dei suoli è stata riconosciuta un'importante fase di sviluppo durante l'ipsitermico (7000-800 a.C.) e specialmente nel periodo Atlantico, caratterizzato da clima caldo umido con accentuata stagione secca (CREMASCHI, 1990; MARCHETTI, 2001). Si attivarono infatti i processi d'illuviazione di argilla anche in zone dove poi non si sono più verificati (CREMASCHI, 1990; OTTOMANO, 1998).

Una estesa porzione della pianura veneto-friulana corrisponde ad aree lagunari recentemente bonificate su cui si trovano suoli spesso ricchi di frazione organica e talvolta con problemi di salinità (COMEL, 1950; GIANDON *et alii*, 2001).

Lungo tutta la fascia costiera del Veneto e del Friuli i sedimenti lagunari hanno spesso sepolto la superficie della piana pleistocenica su cui prima del ricoprimento si erano formati suoli evoluti (MOZZI *et alii*, 2003) (vedi scheda "Il caranto lagunare" di P. Mozzi, in questo volume). Come descritto sopra, essi sono caratterizzati da orizzonti con accumulo di concrezioni carbonatiche; sono inoltre presenti abbondanti screziature dovute a processi ossido-riduttivi legati alle flut-



tuazioni della falda freatica. Questi paleosuoli, spesso sovraconsolidati, in molte aree sono in continuità con la pianura pleistocenica tuttora emersa; uno di questi paleosuoli è stato studiato in dettaglio nell'area veneziana, dove viene popolarmente chiamato "caranto" (GATTO & PREVIADELLO, 1974; MOZZI *et alii*, 2003).

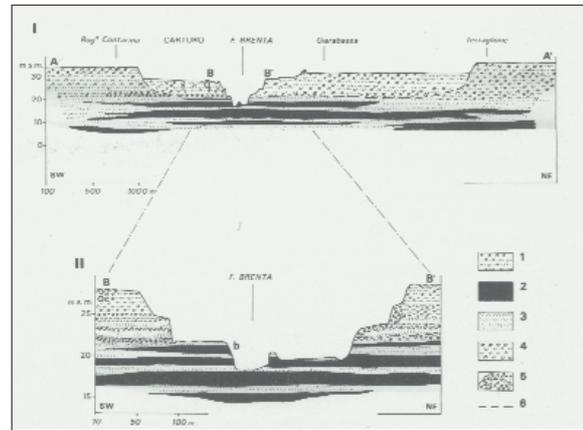
3. I. 9. L'EVOLUZIONE OLOCENICA DEI SISTEMI FLUVIALI

Durante tutto l'Olocene e forse già nelle ultime fasi del Tardiglaciale, la rete idrografica ha probabilmente presentato una conformazione simile all'attuale. Grandi corsi alpini di tipo *braided* e con letti incisi nei primi km del loro tratto di pianura superiore, alvei meandriciformi a livello della pianura o aggradanti su essa nel tratto inferiore. L'attività degli ultimi 11.000 anni circa ha interessato settori di *megafan* anche piuttosto estesi, ma generalmente minori sia rispetto a quelli formati nell'LGM e nel Tardiglaciale. La situazione è quindi descrivibile anche in questo caso con il meccanismo tipico dei *megafan* polifasici per la zona friulana e per quella del Veneto centro-orientale, mentre per la pianura veneta meridionale la sedimentazione olocenica ha sepolto invece quasi totalmente le superfici preesistenti.

Attualmente è ancora difficile stilare una cronologia dei mutamenti dei sistemi fluviali principali nel corso dell'Olocene; si possono comunque individuare degli indizi relativi ad alcuni periodi differenti. Al momento, i dati più affidabili per ricostruire la tendenza evolutiva durante l'Olocene sembrano essere quelli raccolti nella bassa pianura veneta centro-orientale e in quella friulana. In questi settori, a differenza di quelli più meridionali formati da Adige e Po, l'aggradazione degli ultimi 2-3 millenni non ha sepolto tutte le tracce fluviali precedenti e in superficie sono ancora riconoscibili numerosi paleo-percorsi databili fino al Pleistocene finale.

Nella bassa pianura, pur essendo caratterizzati sempre da alvei meandriciformi, i paleoalvei oloceni

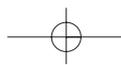
Fig. 3.10. Profili stratigrafici trasversali al fiume Brenta, nei pressi di Carturo (PD) (per l'ubicazione si veda la fig. 3.2, ca).

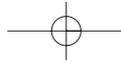


Legenda: I) rapporti stratigrafici fra i depositi pleistocenici e olocenici del Brenta; II) particolare della sezione I, con la localizzazione del punto di raccolta di un tronco di età 2520 ± 100 a ^{14}C BP (c), e dei resti vegetali datati 18.850 ± 200 anni BP (b); 1) ghiaie e sabbie dei depositi olocenici; 2, 3, 4) argille, sabbie e ghiaie dei depositi pleistocenici; 5) blocchi di trachite in opere di difesa delle sponde; 6) traccia della superficie d'erosione fluviale che separa i depositi olocenici al tetto (fondo bianco) da quelli pleistocenici al letto (fondo grigio) (da PELLEGRINI *et alii*, 1984).

nic denotano in taluni casi significative differenze tra gruppi di diversi periodi. In particolare si segnala la presenza di tracce molto ampie e con elevata sinuosità databili fino alla prima metà dell'Olocene e più raramente al periodo Subboreale. Ad esempio i percorsi del Brenta a nord-ovest e nord-est di Padova (CASTIGLIONI *et alii*, 1987); quelli del Piave di Callalta-Cester (TV) e di Losson della Battaglia (VE) (CASTIGLIONI & FAVERO, 1987); quelli del Tagliamento di Alvisopoli (VE), di Campomolle (UD) e di Pocenia (UD) (COMEL, 1950; 1958; BOSCHIAN, 1993).

È da sottolineare come in tutta l'area veneto-friulana siano pressoché assenti gruppi di paleoalvei datati tra il Tardiglaciale e l'inizio dell'Atlantico, mentre siano relativamente abbondanti i percorsi riferiti alle fasi medie e finali di quest'ultimo periodo (cfr. PELLEGRINI *et alii*, 1984; CASTIGLIONI *et alii*, 1987; BONDESAN A. *et alii*, 2002b; FONTANA, 2002b). È possibile che gli alvei formati tra le ultime fasi del Pleistocene e





le prime dell'Olocene, forse per la loro generale incisione rispetto alla piana pleistocenica, siano stati ripresi o sepolti dagli alvei successivi, impedendo così un loro facile riconoscimento.

Vari percorsi del Tagliamento riferibili alle fasi iniziali dell'Olocene risultano incisi non solo nel loro tratto nell'alta pianura, ma anche in quella bassa; questa canalizzazione consentì di trasportare ghiaie e sabbie grossolane ben oltre il loro attuale limite di sedimentazione. Tale tendenza all'incisione è chiara nella pianura friulana, mentre in quella veneta non è accertata, forse per alcune differenti condizioni al contorno fra cui la maggior lunghezza della pianura. Quest'ultima caratteristica infatti non ha consentito alle ghiaie di giungere fino alla provincia di Venezia né durante le fasi finali del Pleistocene né durante l'Olocene: i sedimenti "grossolani" sono quindi rappresentati solo dalle sabbie.

Sul conoide del Cervada-Meschio, presso Francenigo (TV) è stata individuata una foresta di pini, datati tra 6570 ± 80 a ^{14}C BP e 6925 ± 80 a ^{14}C BP, sepolta dalle ghiaie di uno dei torrenti provenienti dalla Val Lapisina o forse dal fianco del Cansiglio (BONDESAN A. *et alii*, 2002b). Successivamente a tale periodo è stata datata una fase alluvionale del Meduna che ha interessato i lembi più meridionali del suo conoide in prossimità delle risorgive, seppellendo un suolo datato al 5845 ± 65 a ^{14}C BP formato sui depositi del Tagliamento (AVIGLIANO *et alii*, 2002b).

Il raggiungimento dello stadio di stazionamento alto da parte del mare a partire dal periodo Atlantico causò un aumento della sedimentazione in pianura dei maggiori sistemi fluviali. Infatti, a partire dall'Olocene medio, per il blocco creato dall'innalzamento marino nei confronti del flusso sedimentario, molti dei fiumi alpini iniziarono la formazione dei sistemi deltizi; precedentemente, le foci dovevano essere quasi sempre estuari in quanto la rapida risalita marina favoriva la sommersione o l'erosione dei sedimenti trasportati dai corsi.

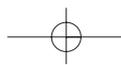
Per la descrizione dell'evoluzione degli apparati deltizi e dei sistemi lagunari si veda il para-

grafo 3.I.6 in questo volume.

L'abbassamento del gradiente idraulico condizionò anche il tratto terminale dei fiumi, innescando in essi il cambiamento da una tendenza erosiva a quella deposizionale (BERENDSEN & STOUTHAMER, 2001). È da quel momento che i corsi d'acqua furono incentivati a sedimentare fuori dal loro alveo. Questo fenomeno si verificò dapprima nel tratto finale e poi si diffuse verso monte. Molto probabilmente tale spostamento non fu istantaneo ma si verificò uno sfasamento, anche di alcuni millenni, tra il momento di raggiungimento dello stazionamento alto del livello del mare (6000-5000 anni fa) e l'inizio della sedimentazione nella piana alluvionale, con la conseguente formazione di nuovi dossi.

In molte aree di bassa pianura, ma soprattutto in quella friulana, si segnala un'importante fase morfogenetica durante il Subboreale, caratterizzata da alvei leggermente incisi nella pianura pleistocenica. Invece i grandi dossi fluviali ora abbandonati e quelli che tutt'oggi sono percorsi dal tratto terminale dei fiumi alpini del Veneto e del Friuli, si sarebbero formati a partire dalla fine del II millennio a.C. Secondo i nuovi dati disponibili tale tendenza sembra riscontrabile per i sistemi del Brenta, Livenza, Tagliamento e in parte anche del Piave. Questo conferma in parte quanto evidenziato nella pianura padana, dove la fase d'incisione degli alvei sembra essere perdurata solo sino all'età del Bronzo fino al meridiano di Brescello (PR) (CREMASCHI, 1997).

Per la prima metà del periodo Subatlantico, in cui ricade gran parte dell'epoca romana (II-IV secolo d.C.), nel *megafan* del Tagliamento vi sono vari indizi che sembrano testimoniare una relativa stabilità della pianura, con prolungata occupazione di determinate direzioni fluviali. In molti casi le superfici d'epoca romana risultano caratterizzate da un suolo mediamente evoluto, che ha richiesto una esposizione prolungata per la sua formazione. Inoltre, sul dosso del Tagliamento attivo anche nell'epoca romana, situato tra Teglio Veneto e Lugugnana, sono testimoniate numerose tracce di meandri; in molti



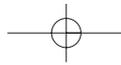
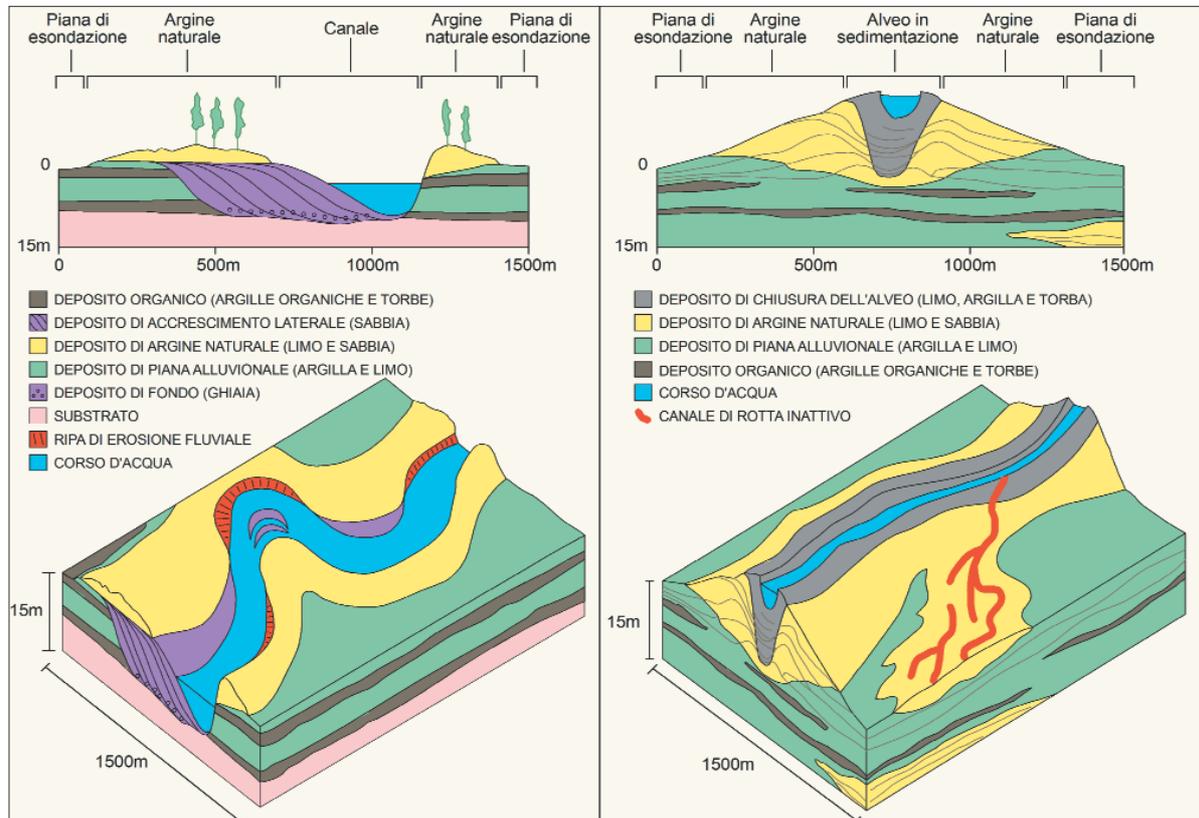


Fig. 3.11. A sinistra: sezione trasversale di un fiume a meandri. A destra: sezione trasversale di un dosso fluviale in bassa pianura (da BONDESAN A., 2003).



casi caratterizzate da sequenze di *scroll-bar*, che indicano una prolungata attività delle anse tale da consentire la loro migrazione.

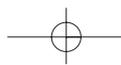
Nella valle del fiume Stella l'evoluzione morfologica, molto importante a partire dalla metà del III millennio a.C., sembra essersi esplicita prima dell'VIII secolo a.C., mentre poi l'ampia bassura in cui scorre il corso di risorgiva è rimasta piuttosto stabile.

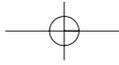
Anche per il Brenta la formazione dei dossi sembra essersi attuata successivamente al 1000 a.C., come testimonierebbero l'attività del dosso di Saonara già nel 1000-625 a.C. e il dosso di Arzergrande, aggradato su depositi torbosi datati al 968-544 a.C. (BONDESAN A. *et alii*, 2003b). Il dosso di Stra era verosimilmente già esistente in epoca romana, quando fece da elemento separa-

tore tra la centuriazione di Padova e quella di Piove di Sacco (vedi paragrafo 4.V.2 in questo volume).

Meno chiara è l'evoluzione del Piave il cui paleoalveo che da Caposile si dirige verso il canale Cenesa risulta a livello della pianura o lievemente inciso (torbe basali datate al 1540-1390 a.C.) mentre il dosso pre-romano, su cui oggi scorre il canale Grassaga, si è formato dopo il 4370 ± 70 ^{14}C BP, ed era già in parte formato durante l'età del Bronzo recente-finale (1350-1000 a.C.) (vedi paragrafo 4.II.6 in questo volume).

Nel periodo immediatamente successivo all'epoca romana si è verificata una fase di notevole instabilità con variazioni fluviali e trasgressione lagunare tra i secoli V e XII. Oltre che dalle sequenze stratigrafiche, alcuni di questi eventi





sono anche ricordati da fonti storiche fra cui Paolo Diacono (cfr. CASTIGLIONI, 2001b). In particolare si deve ricordare la Rotta della Cucca che fece cambiare il percorso dell'Adige precedentemente diretto verso Este (PD). Tra V e X secolo, il Tagliamento interessò l'area di Concordia Sagittaria seppellendo gran parte dell'abitato romano e contemporaneamente il fiume iniziò a utilizzare la sua attuale direzione. È sempre in questo periodo che il Tagliamento formò il dosso odierno, già alto come l'attuale nell'XI secolo d.C. Il dosso presente lungo il Livenza sembra aver avuto un'importante fase di costruzione durante l'alto Medioevo, come testimoniato anche dalla rotta di località Levada di Torre di Mosto, datata tra 430 e 650 anni d.C. Poco a nord-est di Caposile, una datazione condotta sulle torbe poste alla base del dosso della Piave Vecchia ha fornito un'età compresa tra 530 e 680 d.C., confermando la notevole importanza del periodo compreso tra V e XI secolo d.C. per quasi tutti i sistemi fluviali veneto-friulani. In accordo con i dati soprastanti, per il Brenta si segnala l'attività del dosso di Camin-Saonara-Sant'Angelo, già attivo in epoca romana, che si disattivò definitivamente dopo il 450-860 d.C. e prima del XI secolo (CASTIGLIONI *et alii*, 1987).

Anche nel delta padano si riconosce un deciso avanzamento del sistema fluviale durante l'alto Medioevo con una velocità media di progradazione che supera i 5 m/anno (BONDESAN M. *et alii*, 2001).

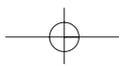
L'evoluzione della pianura nel corso degli ultimi mille anni ha subito profonde influenze da parte dell'attività umana soprattutto a causa della deviazione e arginatura di numerosi corsi d'acqua; non meno importanti sono stati gli estesi disboscamenti condotti nelle aree montane che hanno verosimilmente aumentato l'erosione dei versanti e quindi la quantità di sedimenti disponibile. Tuttavia, in questa tendenza alla degradazione dei versanti concorsero anche cause naturali, come l'esistenza di un periodo caratterizzato da clima relativamente freddo, definito Piccola Età Glaciale (1500-1850 d.C.) (OROMBELLI &

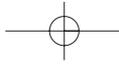
RAVAZZI, 1996). Durante quest'ultima i ghiacciai ebbero un'importante fase di avanzamento e i versanti, meno coperti dalla vegetazione e maggiormente soggetti a processi periglaciali, produssero più detriti.

3. I. 10. L'INFLUENZA DELL'ATTIVITÀ UMANA

Come la pianura padana, anche quella veneta e friulana sono state interessate spesso in maniera importante dall'antico popolamento umano. Quest'ultimo ha cominciato ad avere un certo impatto sull'ambiente naturale probabilmente con il Neolitico (5500-3300 a.C.), quando anche vennero introdotti in nord Italia l'agricoltura e l'allevamento. Le nuove pratiche economiche comportarono l'edificazione dei primi villaggi stabili, il disboscamento e l'incendio intenzionale di alcune aree, ma gli effetti di tali azioni furono probabilmente limitati e rapidamente assorbibili dal sistema naturale (CREMASCHI, 1990; OTTOMANO, 1998). Secondo i dati attualmente disponibili nelle pianure dell'Italia nord-orientale i primi indizi di un importante impatto umano sono riferibili all'età del Bronzo recente e finale (1450-1000 a.C.), quando i siti erano strutturati in complessi sistemi territoriali e gli insediamenti maggiori raggiunsero alcune centinaia di individui (BERNABÒ BREA *et alii*, 1997). In questo periodo sono documentati costruzioni di villaggi fortificati, sistemi di drenaggio e irrigazione molto estesi e probabili reti di comunicazione ben definite (BALISTA & DE GUIO, 1997; CREMASCHI, 1997; FONTANA, 2002a). Furono verosimilmente disboscate ampie aree che poterono innescare importanti processi di degradazione delle superfici interessate e produzione di detriti. Le capacità di pianificazione e realizzazione consentirono anche alcune sistemazioni idrauliche con interferenza su alcuni corsi minori che vennero probabilmente deviati; i casi meglio studiati sono quelli delle Grandi Valli Veronesi (BALISTA & DE GUIO, 1997).

Con l'età del Bronzo finale si strutturarono i primi insediamenti protourbani, sviluppatasi in





seguito con la civiltà dei Veneti antichi e che giunsero in genere fino alla conquista romana; tra i centri maggiori spiccano Este, Padova, Altino, Oderzo e Concordia.

A partire dal II secolo a.C. i romani cominciarono la colonizzazione dell'area veneto-friulana fondando o ristrutturando vere e proprie città dotate di territori agrari molto ampi, interessati dai sistemi di centuriazioni. La realizzazione di questi sistemi di divisione e strutturazione del territorio comportò la scomparsa di buona parte della copertura boschiva che un tempo caratterizzava quasi tutta la pianura e la messa a coltura di un territorio enorme. L'impatto sull'ambiente fu quindi importantissimo e per molti aspetti confrontabile con quello moderno. Durante l'epoca romana, oltre ai fossi di irrigazione o bonifica vennero scavati numerosi canali e rettificati alcuni alvei naturali per renderli navigabili.

La pianura venne notevolmente antropizzata e molti hanno individuato in questo processo alcune delle cause che in parte condussero alle notevoli catastrofi idrogeologiche verificatesi alla fine del periodo romano.

Durante la prima parte del Medioevo, fino al X-XI secolo, la società ebbe capacità di agire sul territorio notevolmente inferiori a quelle dei secoli precedenti; si devono comunque ricordare le opere di sistemazione agraria condotte in particolare dai monaci benedettini e che condussero alla bonifica di ampie zone palustri e lagunari. A partire dal XII secolo gli interventi artificiali sulla rete idrografica subirono un decisivo incremento sia per quantità che dimensioni, con l'escavo di importanti canali tra cui ad esempio il Naviglio-Brenta (1143) da parte dei padovani (BONDESAN A., 2003).

Le acque dolci entranti nella laguna di Venezia costituivano un grave problema sia per la salubrità dei luoghi che per i vasti interramenti che ostacolavano la navigazione e compromettevano il futuro stesso dello specchio acqueo. La salvaguardia della laguna fu per secoli uno degli obiettivi primari della Repubblica di Venezia che portò a compimento colossali opere di deviazio-

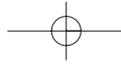
ne dei principali fiumi che defluivano in laguna o ponevano le loro foci nei vicini litorali.

In particolare le variazioni fluviali coinvolsero il Po, spostato a meridione nel 1609 con il Taglio di Porto Viro, il Brenta la cui foce subì alterni spostamenti all'interno e all'esterno della laguna; il Bacchiglione le cui sorti erano collegate al Brenta; e poi il Sile, inalveato nel Piave attraverso il Taglio nel 1683 e il Piave, estromesso dalla laguna nella quale entrava attraverso il Caligo e il Pordelio, deviato nel Taglio da Re e poi nel Gran Taglio di Cortellazzo; nei progetti originari avrebbe dovuto essere portato a sfociare addirittura a Porto Santa Margherita, contribuendo a bonificare per colmata le vaste paludi del Lago della Piave, ma in seguito alla rotta della Landrona (1683) pose la propria foce a Cortellazzo. Per questo scopo anche il Livenza era stato deviato verso est nel 1654. Altri interventi coinvolsero i fiumi dell'entroterra mestrino, per i quali era stata progettata l'estromissione totale dalla laguna mentre fu riorganizzata la rete idrica del bacino scolante in laguna. Gli interventi si susseguirono fino alla caduta della Serenissima interessando capillarmente anche l'idrografia minore, i corsi di risorgiva e le aree palustri, con continui interventi, supportati anche da un apparato legislativo articolato e severo.

Queste variazioni idrografiche coincisero anche con un periodo di notevole sedimentazione fluviale che portò all'avanzamento di molte zone costiere e alla formazione di ampi dossi.

Con l'incredibile serie di interventi iniziati dagli amministratori veneziani, poi completati quasi totalmente nel corso del XIX secolo, tutta la rete fluviale della bassa pianura veneto-friulana subì un notevole "irrigidimento" venendo confinata in molti casi tra argini, subendo rettifiche e canalizzazioni. L'arginatura ha impedito la distribuzione dei sedimenti sulla pianura e ha invece accentuato la subsidenza dei territori e la sedimentazione nelle golene con relativa pensilità dell'alveo. Tra i casi più evidenti quello del ramo del Piave chiamato Taglio del Re e la Brenta Nova che scavati artificialmente divennero pensili nel-





l'arco di qualche decennio (VALLERANI, 1995; CASTIGLIONI, 2001a; BONDESAN A., 2001). Prima della costruzione dei bacini idroelettrici nelle aree montane l'arginatura dei fiumi ha aumentato il trasporto solido alla foce, causando la crescita degli apparati deltizi spesso in maniera evidente come nel caso del Po (BONDESAN M. *et alii*, 2001).

L'ultimo grande evento morfogenetico nella pianura veneto-friulana, forse quello che oggi caratterizza di più l'aspetto della Bassa è stata l'opera di bonifica delle zone lagunari e perilagunari che hanno condotto al prosciugamento tra Isonzo e Adige di oltre 4000 km². L'opera di prosciugamento, già iniziata dai romani e progettata in chiave moderna dalla Repubblica di Venezia, è stata condotta soprattutto tra la seconda metà del XIX secolo e la prima del XX. Questa tematica è trattata dettagliatamente in numerosi testi a cui si rimanda per eventuali approfondimenti (ad esempio FASSETTA, 1977; PROVINCIA DI VENEZIA, 1983; BASSAN *et alii*, 1994; MARSON, 1997; TAGLIAFERRI *et alii*, 1990).

Giungendo ai tempi più recenti tra le attività umane che più hanno modificato la pianura oltre alle bonifiche agrarie, il più evidente è forse la crescita delle città e degli insediamenti; essa ha condotto all'occupazione di aree immense con copertura del suolo e isolamento quindi della superficie dall'esterno (*soil sealing*).

Si devono inoltre ricordare le numerose cave di ghiaia presenti nell'alta pianura e di argilla e sabbia nella bassa; esse hanno talvolta creato enormi crateri ben visibili anche nelle riprese satellitari. Poco a monte delle risorgive, sia nella pianura friulana centrale, sia in quella veneta centro-orientale, sono presenti notevoli concentrazioni di cave che rendono ormai tipico il paesaggio di quelle zone. Spesso connesse e successive all'opera di prelievo di sedimenti sono anche le discariche di inerti e di rifiuti solidi urbani, che generalmente sfruttano proprio cave dismesse.

Per quanto riguarda la rete fluviale ha avuto un forte peso su di essa la costruzione dei bacini idroelettrici nelle aree montane, che con le

dighe ha limitato la portata liquida disponibile e la quantità di sedimento trasportabile. Combinato a questo processo vi è il prelievo di ghiaie e sabbie dagli alvei, ora sensibilmente diminuito, che ha provocato notevoli variazioni alle aste fluviali di tutta la pianura (SURIAN & RINALDI, 2003). L'effetto complessivo è stato quello di causare marcati restringimenti ed incisioni degli alvei. Ad esempio per quanto riguarda il Brenta si è verificata un'incisione che in alcuni tratti ha raggiunto i 10 m. (CASTIGLIONI & PELLEGRINI, 1981), e di diminuire la portata liquida trasformando il regime dei fiumi nel loro tratto mediano. È stata dimostrata infatti la loro tendenza a passare da un alveo di tipo braided a uno di tipo *wandering* (SURIAN & RINALDI, 2003). Se quindi sulla pianura l'uomo ha spesso limitato l'esistenza e la velocità dei processi naturali, negli alvei ha indotto una loro forte accelerazione.

CAPITOLO 3. II

I FIUMI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

di Sara Magri

3. II. 1. IL TAGLIAMENTO

Il Tagliamento in cifre

Superficie bacino imbrifero 2433 km²

Lunghezza asta principale 178 km

Precipitazione media annua 2150 mm/anno

Volume medio annuo dei deflussi 3437 milioni di m³

Portata media annua 109 m³/s

Portata massima 4650 m³/s

Portata minima 20 m³/s

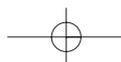
Capacità di invaso dei laghi 73,6 MLm³

Portata massima derivata dai consorzi di bonifica 23,9 m³/s

Superficie irrigata 15600 Ha

Energia idroelettrica media annua prodotta 1970 GWh

Il Tagliamento è il maggior fiume friulano e il sesto d'Italia per lunghezza con i suoi 178 km di corso. Il suo percorso, da Mussons alla foce, segna



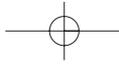


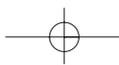
Fig. 3.12. Meandro del Tagliamento, con area golenale, presso la località San Mauretto.

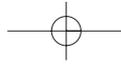
il margine più orientale della provincia di Venezia. Nasce in Carnia al confine con il Cadore, a quota 1195 m s.l.m. presso il Passo della Mauria, che fa anche da spartiacque con l'adiacente bacino del Piave. Il Tagliamento attraversa quattro aree tipologicamente differenti quali: la zona montana delle Alpi Carniche e Giulie, la zona prealpina, quella dell'Alta e Bassa Pianura friulana e infine quella costiera. In questo fiume sono riscontrabili alcune tipologie ambientali estremamente importanti, quali: le barre ghiaiose, le isole vegetate, i boschi ripariali e, di notevole interesse, sono anche le aree golenali destinate prevalentemente all'uso agricolo.

Il bacino idrografico del Tagliamento ha un'estensione di 2871 km²; esso appare come un immenso imbuto, con una parte superiore molto ampia costituita dalla zona montana, una stret-

toia che coincide con l'area pedemontana, e una parte inferiore delineata in un lungo "canale" in pianura. Il bacino imbrifero del fiume, circa 2433 km² di superficie, comprende quello montano (1870 km²) che si trova a monte della confluenza del Fella, e quello pedemontano (563 km²) che finisce alla confluenza del torrente Cosa. Questo fiume è l'unico agente morfologico costruttivo ancora attivo, o più correttamente, lo è stato fino a pochi decenni fa prima di essere completamente arginato nel suo tratto finale (distanza lineare inferiore a 100 km).

Gli allagamenti, infatti, sono ora fortemente ridotti dalla presenza di grandi argini che fino a Cesarolo sottendono le anse (argini maestri) ma più a valle si accostano all'alveo e ne seguono la sinuosità (argini di froldo). Le opere di difesa sono state anche notevolmente rinforzate dopo





km² che corrisponde a un quarto del bacino totale.

Il fiume esce in pianura presso Gemona (200 m s.l.m.), ma fino a Pinzano scorre ancora all'interno dell'anfiteatro morenico pleistocenico che abbandona aggirando il Colle di Ragogna. Tra questo e l'abitato di Pinzano, il Tagliamento attraversa una stretta forra profonda oltre 40 m rispetto alla superficie del terrazzo più alto (170 m s.l.m.). Da qui il corso inizia il suo vero tratto di pianura, abbandonando gran parte della portata a causa della permeabilità dei depositi ghiaiosi. In tutto il settore mediano il fiume scorre profondamente inciso nella pianura ghiaiosa, generando dei terrazzi post-glaciali molto alti che presso Spilimbergo (100 m s.l.m.) superano ancora i 30 m. I terrazzi post-glaciali terminano alla confluenza con il Cosa per quello posto in destra idrografica e a Ravis (70 m s.l.m.) per quello posto in sinistra; tali punti corrispondono rispettivamente anche all'inizio delle arginature in destra e in sinistra, le quali accompagnano il corso fluviale fino allo sbocco nell'Adriatico. Il Tagliamento, quindi, esce dal suo terrazzamento poco a nord del limite superiore delle risorgive e più a valle s'innalza gradualmente sopra il livello di campagna, mantenendosi circa sull'asse NNE-SSO del suo megaconoide alluvionale.

Presso Ravis, il letto del fiume è largo quasi 2 km, mentre nel tratto a valle mantiene un'ampiezza media di 1,5 km. Al ponte ferroviario della Delizia (Casarsa), la larghezza del letto è ridotta dagli argini in cemento a 800 m circa, ma subito più a sud si dilata nuovamente in un greto amplissimo che in alcuni punti supera i 1700 m. A Pieve di Rosa (30 m s.l.m.), volge a sud-est con un'ampia curva che diminuisce in larghezza, per poi riprendere la prevalente direzione nord-sud dopo Varmo (15 m s.l.m.).

In tempi normali il fiume ha un portata perenne, sebbene molto ridotta, per tutto il suo corso: nelle magre estive la portata cala a pochi metri cubi e in periodi particolarmente siccitosi si annulla. La corrente di base, alimentata dalle acque di risorgiva, riprende a Straccis (21 m

s.l.m.) e più nettamente dopo la confluenza del fiume Varmo (12 m s.l.m.).

Presso il ponte di Madrisio (12 m s.l.m.) il Tagliamento inizia il suo tratto finale con le acque che si raccolgono in un unico alveo largo alcune decine di metri; questo assume caratteri di letto a isole fluviali, che va approfondendosi fino a divenire nettamente meandriforme poco a monte di Latisana.

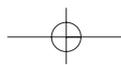
Già dall'altezza di Varmo i sedimenti alluvionali creano un piatto e ampio dosso fluviale in cui però l'alveo si mantiene lievemente incassato entro le sue sponde. Presso il ponte dell'autostrada A4, a Fraforeano, esse sono ancora alte fino a 6 m, mentre più a valle il pelo dell'acqua si mette a livello della campagna e diviene pensile rispetto alla pianura distale anche di oltre 4 m presso il centro di Latisana. È questo settore che negli ultimi secoli è stato più soggetto a fenomeni alluvionali (CASTELLARIN, 1990).

Il Tagliamento lambisce poi, con sinuosi meandri, gli abitati di San Michele al Tagliamento, Gorgo, San Filippo, Pertegada, Cesarolo, Bevazzana e Lignano Riviera dove si ha l'apice del delta cuspidato bialare che caratterizza la foce. Attualmente le due ali del delta su cui sorgono i centri balneari di Lignano, in sinistra e di Bibione, in destra, assieme alle isole che ne sono il naturale prolungamento, formano il limite occidentale della laguna di Marano e orientale di quella di Caorle.

3. II. 2. IL LIVENZA

Il Livenza in cifre

Superficie bacino imbrifero	2840 km ²
Lunghezza asta principale	170 km
Precipitazione media annua	1850 mm/anno
Volume medio annuo dei deflussi	4044 milioni di m ³
Portata media annua	85 m ³ /s
Portata massima	3700 m ³ /s
Portata minima	4m ³ /s
Capacità di invaso dei laghi	88,4 MLm ³
Portata massima derivata dai consorzi di bonifica	13 m ³ /s
Energia idroelettrica media annua prodotta	650 GWh





Il Livenza interessa il territorio friulano solamente per il tratto montano e pedemontano, cioè fino alla confluenza con il torrente Meduna, la rimanente parte del suo corso viene a trovarsi nella provincia di Venezia.

Il sistema fluviale del Livenza è caratterizzato dalla sovrapposizione di un regime in prevalenza sorgentifero, che alimenta l'asta principale del fiume, con i regimi torrentizi relativi ai due affluenti principali, Cellina e Meduna. Infatti le sorgenti della Santissima (a 36 m di quota) e del Gorgazzo (a 57 m di quota), poste ai piedi del rilievo del Cansiglio, danno origine al Livenza e assicurano un'accentuata continuità di deflusso liquido. Tali sorgenti sono di tipo carsico e per conseguenza il bacino imbrifero apparente non coincide con quello effettivo; le acque che alimentano le due sorgenti provengano dagli afflussi meteorici dell'altopiano del Cansiglio, il quale morfologicamente non fa parte del bacino imbrifero del fiume Livenza. Gli apporti liquidi del Cellina e del Meduna sono caratterizzati viceversa da portate irregolari, essendo corsi d'acqua a regime tipicamente torrentizio. Si può dire dunque che il fiume Livenza nasce quasi in pianura. La mancanza di un bacino montano, la relativa chiarezza delle acque e la costanza delle portate conferiscono alla conformazione planimetrica del suo corso le caratteristiche di un fiume di pianura. Esso infatti presenta, immediatamente a valle dei rilievi collinari di Polcenigo, un andamento ricco di curve e meandri, che si accentua mano a mano che il fiume si appressa alla foce.

In dettaglio, il Livenza nel suo tratto iniziale ha una pendenza lievissima e disegna piccoli meandri. Incontra il suo primo affluente, che è il torrente Artugna, alla sua sinistra.

Avvicinandosi a Sacile il fiume riceve le acque che provengono dalle risorgive di Ranzano, di Vigonovo e di Fontanafredda. Sulla destra, a monte di Sacile, riceve i torrenti Rosta e Grava. Un po' più a valle riceve il Meschio, affluente che giunge dal solco vallivo segnato fra il Cansiglio e il Col Visentin. Dopo questa confluenza, i meandri del Livenza diventano più vasti.

Nel suo percorso lambisce i paesi di Francenigo, Brugnera, San Cassiano e Portobuffolè. Quest'ultimo, in passato, era circondato dalle acque del Livenza che, durante questo secolo, fu deviato e oggi le acque del fiume sfiorano

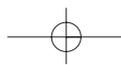
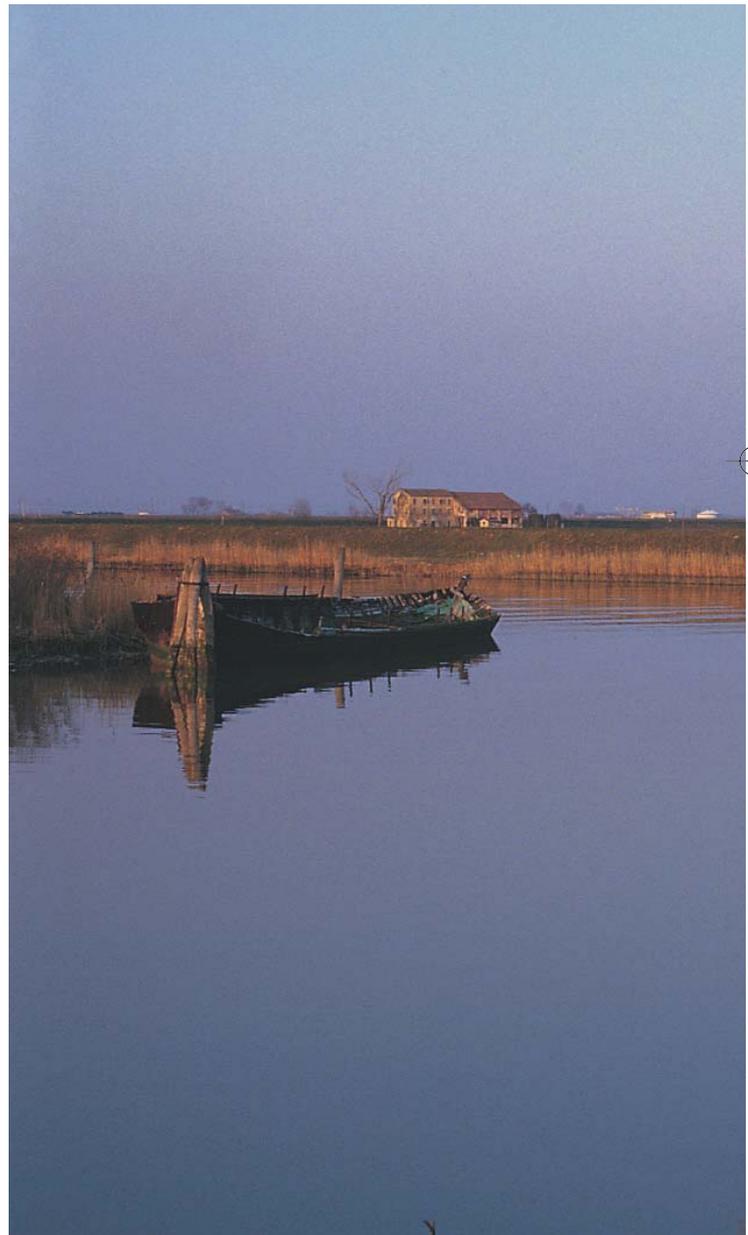
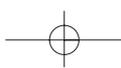


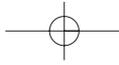


Fig. 3.14. Il fiume Livenza nel suo basso corso.

il centro storico con alti argini. Questa località, inoltre, è posta di fronte alla confluenza dell'affluente Festeggia, luogo dove un tempo cessava la navigazione perché era impedita più a monte dai bassifondi ghiaiosi.

Più a valle, sulla destra affluisce il fiume Ràsego, e poco più giù a sinistra, a Tremeacque, il grosso, instabile affluente Meduna. I tre corsi d'acqua, per un tratto scorrono nella vasta area arginata dei Pra' dei Gai che funziona, in regime





di piena, da bacino di espansione delle acque.

L'affluente Meduna, con i suoi subaffluenti Cellina e Còlvera, convoglia le acque di quasi tutte le Prealpi Carniche, dallo spartiacque verso il loro versante meridionale. Il suo contributo idrico è irregolare perché a brevi periodi di piena si alternano quelli lunghi di magra.

L'importanza dell'affluente Meduna è data dall'abbondante trasporto solido delle sue piene, che si può stimare dell'ordine di mezzo milione di metri cubi all'anno di limo e sabbia, che prima di questo secolo si depositavano nelle paludi da Pasiano al mare.

Questo trasporto manifesta alcuni effetti importanti: il rialzo del livello delle golene, la tendenza a sedimentare limo e sabbia davanti alle due foci di Santa Margherita e del Canalon Nicessolo, con formazione, in mare, di scanni e barre parallele alla costa. Ma c'è anche l'effetto benefico del ripascimento delle spiagge del litorale di Caorle.

In pianura, dopo questa importante confluenza, il Livenza ha un alveo a meandri che si allargano in ampie volute che circoscrivono i cosiddetti sacconi.

Più a valle, nell'abitato di Meduna, affluisce un canale rettilineo di 3 km, chiamato Postumia (perché ha un andamento ortogonale all'antica via romana che passava in quel luogo), scavato nella Fossa Morta San Bellino, antico alveo abbandonato dal Meduna, che si collega al canale Malgher, collettore dell'affluente Sil. In tal modo il Livenza viene deviato nel Lèmene.

A Motta, il Livenza riceve le acque del Monticano, affluente che scende dalle colline di Conegliano. Dopo un paio di meandri arriva nella provincia di Venezia a Corbolone, prosegue il suo percorso bagnando il centro urbano di San Stino sorto sul terreno agrario compreso nel meandro del Comune di Cessalto, aumenta la sua sinuosità da Torre di Mosto alla Salute di Livenza, poi prosegue in un breve tratto rettilineo fino a Ca' Cottoni e termina a meandri alla foce a Porto Santa Margherita.

Da Motta al mare, sulla destra del fiume, sono

stati raddrizzati e ampliati i canali di bonifica ed il lungo collettore che comincia a Oderzo col nome di Piavon fino a Cittanova (l'antica Eràclia), dove si riunisce con i canali Bidoggia e Grassaga, i quali si collegano al Piave, a formare il canale Brian. Lo stesso canale entrando nel territorio di Torre di Mosto, cambia il suo nome in quello di Taglio, quindi entra nel Comune di Caorle e prende il nome di Livenza Morta. In località Brian, diventa di nuovo canale Brian, le cui acque sfociano nel Livenza, ormai prossimo al suo sbocco al mare. Tutto questo canale è navigabile.

Il lungo tratto della Livenza Morta ricalca l'antico tracciato del fiume Livenza che fu deviato dal Governo della Repubblica Serenissima nel secolo XVII, per consentire la deviazione del fiume Piave dalla laguna di Venezia (MARSON, 1997). Il Livenza sbocca nell'Adriatico con due rami: uno, il principale, esce a Santa Margherita dividendo il litorale di Eraclea da quello di Caorle; il secondo, chiamato canale Riello, si unisce alle acque del fiume Lemene, collegandosi sia al canale Nicessolo, che sfocia nel Porto di Falconera, nei pressi della laguna di Caorle, sia al canale della Saetta, che esce a Caorle alla Madonna dell'Angelo.

3. II. 3. IL PIAVE

Il Piave in cifre

Superficie bacino imbrifero montano (fino a Nervesa) 23.700 km²

Lunghezza asta principale (dal Peralba al mare) 220 km

Precipitazione media annua 1250 mm/anno

Volume medio annuo dei deflussi 3,8 miliardi di m³

Portata media annua a Nervesa 135 m³/s

Portata massima a Nervesa (piena 1966) 5000 m³/s

Portata media minima estiva a Nervesa 60 m³/s

Portata minima invernale a Nervesa 45 m³/s

Volume medio annuo delle precipitazioni 4,5 miliardi di m³

Capacità di invaso dei laghi (Santa Croce, Pieve, Mis) 180 milioni di m³

Portata derivata dai Consorzi nel periodo invernale (senza restituzione) 24 m³/s

Portata massima derivata dai Consorzi nel periodo



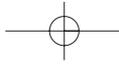


Fig. 3.15. Il Piave nei pressi di Fossalta.

estivo 96 m³/s

Superficie irrigata direttamente o indirettamente
100.000 ha

Energia idroelettrica media annua prodotta 3,2
miliardi di GWh

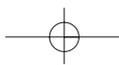
Il Piave è il quinto in ordine di grandezza tra i fiumi italiani, nasce nelle Alpi Orientali e, attraversando le province di Belluno, Treviso e Venezia, sfocia nell'Adriatico, a 35 km a nord-est di Venezia, al limite orientale della laguna veneta. Il ramo dove sorge il fiume si trova alle falde meridionali del Monte Peralba (2683 m), al confine tra il Cadore e la Carnia.

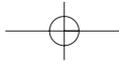
Il Piave ha svolto in passato un ruolo fondamentale nella costruzione di larga parte della pianura veneta, avendo deposto le prime alluvioni in un vasto settore a nord di Treviso e di Castelfranco durante l'ultima glaciazione (pre-

LGM) e nell'ampio tratto tra il Sile e il Livenza durante l'LGM e l'Olocene. Nel basso Piave, a valle di San Donà, il suo contributo sedimentario ha determinato la costruzione di grandi apparati di foce, alimentando nel contempo i litorali nord-orientali (Jesolo, Cortellazzo) e i lidi veneziani (BONDESAN A., 2000).

Le caratteristiche del bacino idrografico del Piave sono del tutto diverse nella porzione montana da quelle in pianura. Un esame complessivo del disegno che forma la rete idrografica nel suo sviluppo planimetrico permette di cogliere la sua forma dendritica. Una disposizione di questo tipo è caratteristica di bacini con rocce a comportamento omogeneo, che non presentano, per il drenaggio, facilità di sviluppo lungo direzioni particolari (MENEHEL, 2000).

Gli affluenti principali del Piave sono:





Stizzone-Sonna, Mis, Cordevole, Maè, Boite, Ansiei, Padola, Cordevole di Visdende. Una particolarità che appare evidente è che questi corsi d'acqua sono tutti affluenti di destra del Piave, mostrando una elevata asimmetria del bacino.

Le caratteristiche morfologiche dell'alveo del Piave variano notevolmente lungo il corso del fiume. Nell'esaminare tali caratteristiche si può suddividere il fiume, da monte verso valle, in tre tratti.

3. II. 3. a. *Dalla sorgente a Ponte nelle Alpi*

La parte superiore del bacino è relativamente stretta, dato il percorso trasversale del fiume rispetto all'andamento delle pieghe e interessa una regione che dal punto di vista geologico appartiene all'unità tettonica delle Alpi meridionali o subalpino. Il bacino del Piave è inciso in diverse subunità, che sono:

- la catena paleocarnica, nella zona delle sorgenti del Piave, della Val Visdende e del versante sinistro della Val Padola, cioè nel Comelico orientale e nell'estremità settentrionale del Cadore;
- le Dolomiti, nelle Valli d'Ansiei, del Boite, del Maè e del Cordevole (a nord di Agordo);
- le Prealpi Venete, a sud dell'allineamento Santo Stefano-Pieve di Cadore-Agordo (ZAMPIERI, 2000).

In questo tratto il Piave presenta le tipiche caratteristiche di un corso d'acqua montano: un alveo relativamente stretto, pendenze elevate e sedimenti grossolani. La larghezza dell'alveo varia da pochi metri ad alcune decine di metri; solo nel tratto più a valle, da Perarolo a Longarone, la larghezza è maggiore e raggiunge in alcune sezioni anche i 400 m.

I sedimenti dell'alveo sono molto grossolani (prevalenza di blocchi e ghiaie) nel tratto superiore, fino a Lozzo di Cadore, mentre hanno dimensioni un po' inferiori (prevalenza di ghiaie) nel tratto successivo, fino a Longarone (SURIAN, 2000).

3. II. 3. b. *Da Ponte nelle Alpi a Ponte di Piave*

Allo sbocco del Piave nel Vallone bellunese presso Ponte nelle Alpi, il fiume si allarga in

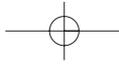
un'ampia conca pianeggiante e, in particolare, nel tratto da Longarone a Ponte di Piave, cambia la sua morfologia, diventando "a canali intrecciati" o *braided*, tipica di fiumi che possiedono un'elevata energia. L'alveo ha una larghezza che varia da alcune centinaia di metri fino a 2-3 km e la corrente è generalmente divisa in più canali. Inoltre l'alveo è caratterizzato da una parte "attiva", ossia priva di vegetazione e sede di processi fluviali, e da una parte "inattiva". Quest'ultima corrisponde alle zone golenali. I sedimenti dell'alveo sono prevalentemente ghiaia e sabbia. In questo tratto, la dinamica dell'alveo è stata soggetta a profonde modificazioni, a causa dei vari interventi antropici: sbarramenti idroelettrici, derivazioni, estrazione di ghiaia dall'alveo e strutture di difesa in alveo (SURIAN, 2000).

3. II. 3. c. *Da Ponte di Piave alla foce*

Nell'ultimo tratto, che misura circa 40 km ed è compreso tra Ponte di Piave e la foce, la morfologia dell'alveo cambia notevolmente: esso diviene monocursale, ossia è costituito da un solo canale e la larghezza e la pendenza diminuiscono in modo consistente, come anche la granulometria dei sedimenti. Il tracciato del fiume è il seguente: a larghi meandri da Ponte di Piave alla località Romanzino, dove il Piave entra nella provincia di Venezia; a meandri sempre più sinuosi fino a San Donà di Piave passando per Noventa e Fossalta di Piave; rettificato artificialmente da San Donà a Eraclea; ancora a elevata sinuosità negli ultimi chilometri prima della foce presso il Porto di Cortellazzo, dividendo il litorale di Jesolo da quello di Eraclea. Tra Ponte di Piave e la foce la pendenza dell'alveo si riduce sensibilmente: la sua quota è di soli 2 m sopra il livello del mare a Ponte di Piave per poi passare a -9 m a Eraclea e a -5 m in prossimità della foce. Negli ultimi chilometri l'alveo è quindi in contropendenza. Anche le caratteristiche granulometriche cambiano in questo ultimo tratto: le ghiaie sono sostituite da sedimenti più fini, sabbia e limo.

Il Piave in questo tratto ha anche la caratteristica di avere un profilo "pensile" rispetto al ter-





ritorio circostante del Basso Piave e quindi l'alveo è andato perdendo progressivamente la funzione di collettore delle acque delle zone attraversate; quest'ultime hanno richiesto non solo arginature sempre più alte (il Piave ha una cresta arginale a circa 22 m s.l.m. a San Polo di Piave, a 15 m a Ponte di Piave, a 9 m a San Donà di Piave e a 3 m a Cortellazzo), ma anche apposite diverse reti di scolo capaci di evitare le interferenze col regime di piena del fiume stesso.

Per questo problema, fin dalla metà del XVI secolo la Repubblica Veneta aveva emesso norme per la costituzione di appositi Consorzi locali che avevano il compito di "retrarre terra all'acqua" e quindi l'incarico di curare, migliorare ed eventualmente formare le reti di scolo attraverso la bonifica a deflusso naturale. Dopo la metà del XIX secolo, diffondendosi l'impiego del motore, si passò al prosciugamento meccanico, cioè attraverso la bonifica a scolo artificiale per mezzo di idrovore. Per il controllo del buon funzionamento e per la regolazione di queste strutture è stato preposto il Consorzio delle Bonifiche del Basso Piave che è costituito dai Bacini di destra Piave (13.650 ha) e dai Bacini di sinistra Piave (44.380 ha). Delle reti di scolo del Basso Piave quattro sono a deflusso naturale (Brian, Bidoggia, Grassaga, Magnodola) e undici recapitano alle idrovore (Circogno, Caserotta, Onagro superiore, Bella Madonna, Onagro inferiore I, II, III, Caposile, Cavazuccherina, Cà Gamba e Bac. Salsi). Altri hanno la funzione di scolo o di collegare il Piave con il Sile e il Livenza. In particolare, il fiume è in comunicazione con il Sile attraverso tre vie d'acqua di collegamento: la prima è il vecchio alveo situato tra la località Intestadura (a San Donà di Piave) e Caposile, a ridosso della Laguna di Venezia; il secondo è il canale Cavetta che unisce i due fiumi da Jesolo a Cortellazzo presso la foce del Piave e il terzo è il canale Fossetta che li collega da Fossalta di Piave a Portegrandi, sfociando in Laguna di Venezia attraverso il canale Vela.

Presso la foce, in riva sinistra, in località Revedoli, si trova l'inizio della Litoranea Veneta,

via d'acqua che collega, tramite una conca, il Piave con il Livenza. Tra Piave e Livenza le acque vengono convogliate a una serie di canali, che sono: Circogno, Grassaga, Bidoggia, Piovan che immette nell'unico emissario chiamato Collettore Brian.

3. II. 4. IL SILE

Il Sile in cifre

Superficie bacino imbrifero 630 km²

Lunghezza asta principale 95 km

Volume medio annuo dei deflussi milioni di m³

Portata media annua (a Casier) 54 m³/s

Portata massima 128 m³/s

Il Sile sorge a sud di Albaredo, nella frazione di Casacorba nel comune di Vedelago, circa a 20 km a ovest di Treviso, a margine del confine provinciale con Padova. La direzione del suo scorrimento, in senso ovest-est e OSO-ENE, è anomala rispetto agli altri corsi della pianura veneta che hanno in generale una direzione di deflusso tra NO-SE e SSE. Ciò è determinato sia da cause geomorfologiche legate alla geometria dei conoidi, sia, forse, a cause tettoniche.

Il suo percorso da Quarto d'Altino a Portegrandi funge da confine per la provincia di Venezia, nella quale attraversa i paesi di Musestre, Trepalade, Bagaggiolo, Ca' Corner, Caposile e Jesolo.

Il Sile si fa tradizionalmente nascere dal "*Fontanasso dea coa longa*", ma tale fontanile è ormai asciutto. L'attuale sorgente del Sile è il fontanile denominato "Corbetta Nuova". La venuta a giorno delle acque si manifesta come diffuse emergenze lungo i fossati e i canali.

La sua dimensione verticale, tra la sorgente e il mare, è soltanto di una trentina di metri, e la larghezza massima dell'alveo è dello stesso ordine di grandezza. Le sue acque scorrono a una velocità media di 0,5 m/s nel corso superiore, 1 m/s a Treviso e meno di 0,5 m/s nel tratto inferiore. Per la sua stessa natura, il Sile non è soggetto a esondazioni e a rilevante trasporto di sedimenti, pertanto il suo ruolo nella costruzione



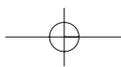
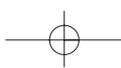


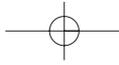
Fig. 3.16. Veduta del Sile presso Quarto d'Altino.

della pianura entro la quale scorre è fortemente limitato. La pianura attraversata dal Sile nel suo tratto prossimo alla laguna è invece il risultato dell'emersione di antichi bacini lagunari.

Nel primo tratto il Sile forma un letto a mean-

dri, non particolarmente ampi, lungo il margine meridionale del conoide del Piave e raccoglie in sinistra idrografica le acque della Corbetta Nuova, della Corbetta Vecchia e del Siletto, tutti confluenti nel breve canale artificiale che prende





il nome di “Taglio del Sile”, da non confondersi con il canale omonimo che borda la laguna di Venezia. Il Siletto raccoglie anche una piccola parte delle acque d’irrigazione provenienti dalla Brentella, un canale scavato nel 1444 che, devian-

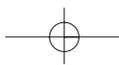
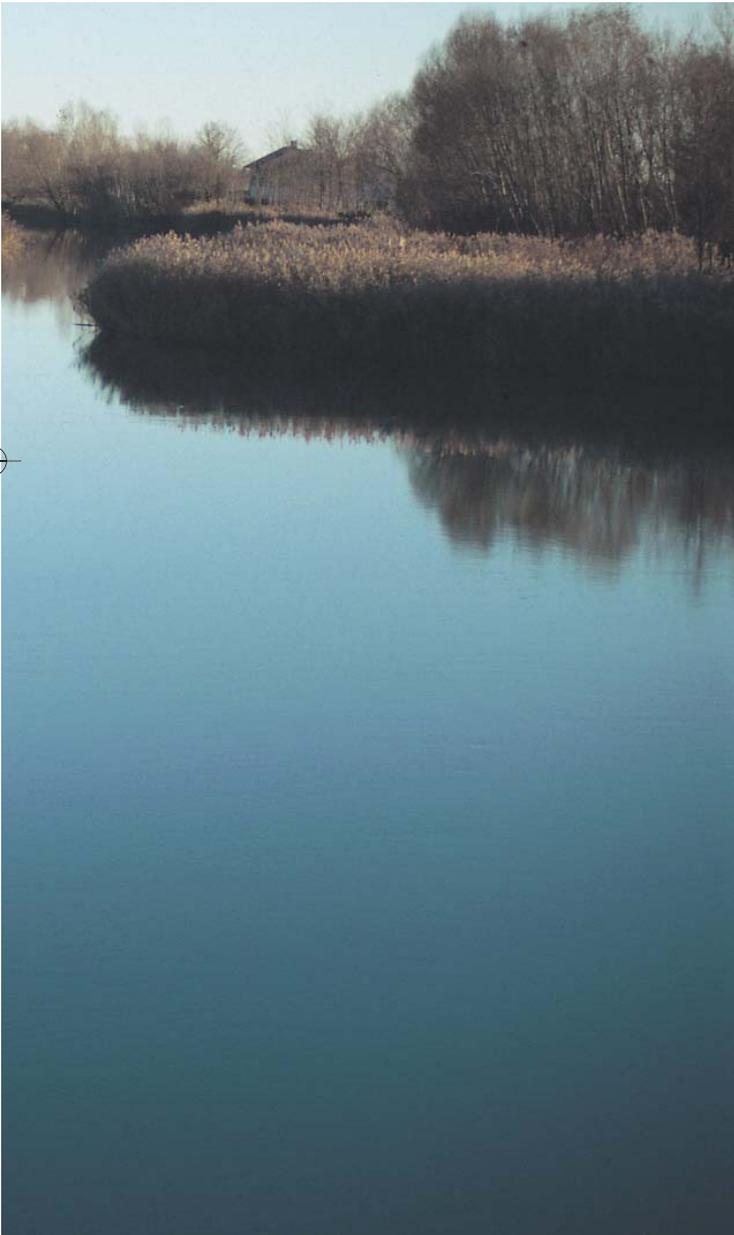
do le acque del Piave a Fener, irriga attraverso una rete di canali distributori l’alta pianura tra Montebelluna e il Sile.

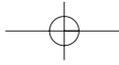
Quindi, fin dal primo tratto, le acque del Piave entrano, anche superficialmente, nel corso del Sile. A Morgano, due rii si immettono dalla zona dei “fontanazzi”, mentre a Santa Cristina lo scolo Piovega rappresenta il primo affluente di destra. Il Sile prosegue verso Treviso serpeggiando tra le bassure e allargandosi in bacini più ampi nei pressi di Quinto di Treviso.

In questo secolo questo primo tratto è stato dissennatamente sconvolto dall’escavo di grandi vasche per la tricoltura che ne ha profondamente alterato l’aspetto. Anche l’emungimento da pozzi e l’escavazione di canali di drenaggio a monte della linea di risorgiva hanno provocato il disseccamento delle testate dei fontanili.

Continuando il suo percorso, una volta entrato nel capoluogo, il Sile circonda con le sue acque le mura della città ed è alimentato in sinistra idrografica dapprima dal modesto corso del Cerca, quindi dai ben più importanti corsi del torrente Giavera, che in prossimità delle mura diviene fiume Pecorile e quindi fiume Botteniga, e dal rio Piovesan che diventa canale Piavesella. Il torrente Giavera è alimentato dalle sorgenti carsiche del Montello, mentre il canale Piavesella è un importante collettore della rete irrigua del Consorzio di Bonifica Destra Piave e immette le acque del Piave dalla presa di Nervesa della Battaglia direttamente nel Sile. La direzione del corso dei numerosi affluenti in sinistra idrografica è fortemente influenzata dalla morfologia dell’alta pianura e dalla deposizione del conoide con apice a Nervesa. Questi corsi di risorgiva s’immettono nel tratto del Sile tra Treviso e Musestre e sono i fiumi Limbraca (7,5 km), Storga (4,8 km), Melma (11 km). Il sistema di circolazione superficiale è fortemente intrecciato e le connessioni tra le acque dei due fiumi Sile e Piave sono numerose e complesse, con una prevalenza dell’immissione delle acque del Piave nel bacino del Sile.

A valle di Treviso il Sile si ingrossa ulterior-





mente, devia verso sud-est e presenta un andamento a larghi meandri. Prima di attraversare Casier si biforca nel "Sile Morto", isolando l'area di Villapendola. In destra idrografica raccoglie le acque dello scolo Fuin e del Fosso Dosson. Prosegue il suo corso fortemente tortuoso verso Cendon, Sant'Elena e Casale sul Sile con caratteristici salti di meandro.

Nella pianura a sud del tratto tra Quarto d'Altino e Portegrandi il Sile, imbrigliato tra argini e pensile rispetto alle terre bonificate, arriva a lambire la laguna nella quale si immettono parte delle sue acque attraverso il groviglio serpeggiante dei fiumi che qui convergono, ora preservando il loro naturale e sinuoso andamento, ora con tratti rettificati, intimamente collegati alla rete di bonifica, ora devianti in collettori artificiali, rettilinei, tutti variamente intrecciati tra loro a formare un affascinante labirinto (BONDESAN A., 1998). Convergono in quest'area lo Zero, il Dese e l'Osellino.

Il canale della Dossa e il canale Silone sono i principali canali lagunari connessi al sistema del Sile e scorrono lungo i lobi dell'articolato delta lagunare che si protende verso Torcello e Burano, delimitando paludi e valli da pesca. Con il Taglio del Sile nel XVII secolo il delta non fu più percorso dalle acque del fiume, disattivandosi; esso, comunque, è il risultato di una complessa e millenaria storia evolutiva di questo tratto della frangia costiera. Da Portegrandi a Caposile il Taglio del Sile da più di 300 anni separa la laguna dalle aree poste a nord, a ridosso del canale, bonificate durante il XX secolo.

Tra gli affluenti del Sile dopo Musestre si trova il fiume Meolo (16,5 km), che confluisce a sud con il fiume Vallio (22 km) e, incrociato il canale Fossetta, prende il nome di canale Vela. Inoltre, attraverso un sottopassante, un antico proseguimento del fiume Vallio, dapprima incrocia il Taglio del Sile, in seguito, nello spazio lagunare prende il nome di canale Siletto. In particolare, a est del sottopassante, scorrendo in direzione delle laguna, cam-

bia il suo nome in canale Cenesa e canale San Felice.

Più a est i canali Canella e Fosson, il cui corso meandriforme denuncia un'origine naturale, si uniscono a formare il canale Lanzoni che con il canale Nuovo entra nel Taglio. Questi collettori scolano le acque della rete di bonifica alle loro spalle, impostata in parte su canali artificiali, in parte in un'idrografia naturale residua, testimone delle antiche divagazioni del Piave.

L'intera rete di drenaggio è collegata anche alla Piave Vecchia attraverso la Fossa delle Millepertiche. A Caposile il Taglio s'innesta nell'alveo della Piave vecchia, antico corso naturale del Piave. Qui il Sile riprende a scorrere seguendo larghi meandri e delimitando con il suo corso la Laguna di Venezia, ulteriormente difesa dall'argine di San Marco (1533) che da Ponte di Piave arriva fino alla Torre Caligo.

L'alveo della Piave Vecchia è collegato alla rete di bonifica della pianura tra Sile e Piave attraverso quattro canali collettori che si dipartono in sinistra. Da Jesolo il canale Cavetta taglia in senso est-ovest il territorio litoraneo e collega la foce del Piave a Cortellazzo. In destra il canale Caligo si protende verso la laguna. Una volta raggiunta la valle Dragojesolo si dipartono dal Sile alcuni canali minori (Vegnua, Progresso e altri) che lo collegano alla laguna in destra, ai canali Vigne e Pazienti in sinistra, alle spalle di Jesolo Lido il fiume prosegue poi lungo il margine lagunare interno nel canale Pordelio.

Sono tributari del Sile i bacini di Caposile, Cava Zuccherina e Ca' Gamba appartenenti al Consorzio di Bonifica Destra Piave.

La foce del Sile è indicata con il toponimo "Porto di Piave Vecchia" e separa il litorale di Cavallino da quello di Jesolo. L'intera area in sinistra foce ha subito un'importante inurbazione di tipo turistico che si snoda per parecchi chilometri fino alla foce del Piave a Cortellazzo. Il litorale da tempo in erosione è difeso da pennelli e scogliere trasversali.





Fig. 3.17. Il Brenta nei pressi di Stra (VE).

3. II. 5. IL BRENTA

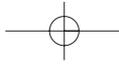
Il Brenta in cifre

Superficie bacino imbrifero 2300 km²
 Lunghezza asta principale 174 km
 Precipitazione media annua 1386 mm/anno
 Volume medio annuo dei deflussi 2239 milioni di m³
 Portata media annua 71 m³/s
 Portata massima 2400 m³/s
 Portata minima 10m³/s
 Capacità di invaso dei laghi 75,3MLm³
 Portata massima derivata dai consorzi di bonifica 37,7 m³/s
 Superficie irrigata 32000 Ha
 Energia idroelettrica media annua prodotta 1654 GWh

Il Brenta ha origine dal lago di Caldonazzo, nel Trentino, a 450 m s.l.m. Nell'ampia conca della testata della Valsugana riceve come affluente di destra il torrente Centa, che nasce dalla

Terza Cima (2027 m), mentre come affluente di sinistra riceve l'emissario del lago di Levico. Da qui il Brenta scorre nell'ampio arco della Valsugana, con un percorso sinuoso che lambisce l'unghia di grandi conoidi alluvionali, formati dai principali torrenti che scendono dai versanti. Toccato il punto più settentrionale all'altezza di Borgo Valsugana, il fiume curva progressivamente verso sud. Dopo la confluenza con i torrenti Ceggio e Maso si infila in uno stretto *canyon* dalle pareti verticali che prende il nome di Canale del Brenta. Questa stretta valle separa l'altopiano dei Sette Comuni dai monti del Tesino e dal Massiccio del Grappa. Gli affluenti principali sono tutti in sinistra, a partire dal torrente Grigno, che scende con un percorso rettilineo direttamente da Cima d'Asta (2847 m). Poco dopo Primolano, il Canale del Brenta diviene





una vera e propria forra lunga un paio di chilometri e larga alcune decine di metri. Solo dopo la confluenza con il torrente Cismon la valle si allarga nuovamente.

Il Cismon è il maggiore affluente e riceve a sua volta da sinistra il torrente Canali, che delimita a sud le Pale di San Martino, e il torrente Noana, che delimita a nord le Vette Feltrine. Più a valle riceve da destra il torrente Vanoi, che con un'ampia curvatura cinge a nord il massiccio di Cima d'Asta, quindi il torrente Senaiga, che parte dal passo del Broccon.

Tra Cismon del Grappa e Bassano il Brenta rimane incassato tra ripidi versanti incorniciati da pareti verticali, sbucando infine nella pianura piuttosto bruscamente, dopo un percorso di circa 70 km (ZAMPIERI, 2003).

Già all'altezza di Nove, la superficie su cui scorre il fiume si raccorda gradualmente con la pianura circostante. Nel contempo l'alveo si fa progressivamente più ampio, fino a giungere, tra Cartigliano e Frivola, a quasi 1 km di larghezza. L'alveo ha, qui, l'aspetto di una distesa di ghiaia candida, solcata da canali larghi da pochi metri a decine di metri, e profondi al massimo 1 o 2 m. Nei rami principali vi è continuo scorrimento d'acqua, mentre quelli secondari sono attivi solo durante le piene.

Proseguendo verso valle il fiume va ulteriormente modificandosi. Al ponte di Fontaniva, si presenta ridotto a una larghezza di poche centinaia di metri, e a Carturo la corrente è definitivamente concentrata in un unico canale, che qui ha ancora un andamento quasi rettilineo, ma che pochi chilometri più sotto, dopo Piazzola, diventa decisamente sinuoso. Tale assetto si mantiene inalterato fino a Vigodarzere, presso Padova.

I sedimenti che il fiume trasporta sono prevalentemente limoso argillosi e sabbiosi.

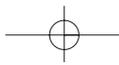
Nell'alta e media pianura il Brenta non riceve le acque da affluenti di rilievo, se si escludono alcune immissioni artificiali, la più importante delle quali è rappresentata dal torrente Muson dei Sassi a Vigodarzere. Pur presentando minime interazioni con gli altri corsi d'acqua, il fiume è però,

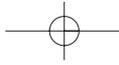
per lunghi tratti del suo corso, in diretta connessione con le falde sotterranee. Parte delle acque freatiche dell'alta pianura del Brenta vanno ad alimentare gli acquiferi in pressione, preziosissime risorse idropotabili che si estendono a profondità di decine e centinaia di metri nel sottosuolo della media e bassa pianura. Parte ritornano invece a giorno più a valle lungo la cosiddetta "fascia delle risorgive" (MOZZI, 2003).

A valle di Padova, la piatta distesa alluvionale dell'entroterra lagunare veneziano è solcata dai percorsi antichi e moderni del Brenta; l'impronta di questo fiume si conserva nei sedimenti che formano la pianura, ma ancor più nella geometria dei diversi rami. Attraverso l'alta pianura padovana il Brenta si dirige sinuoso verso sud-est in direzione della città patavina, nodo idraulico sul quale converge da oriente un altro importante fiume veneto, il Bacchiglione. Arrivato a Vigodarzere, il Brenta cambia repentinamente direzione, aggira la città a nord e, pervenuto a Stra, primo paese che incontra della provincia di Venezia, si congiunge con le acque del Piovego. Quest'ultimo, scavato dai padovani nel 1210 circa, attraversa Padova convogliando parte dei deflussi del Bacchiglione. Da Stra il Brenta si biforca nei due rami del Naviglio Brenta a est e della Cunetta a sud-est, che eredita e mantiene per il suo corso l'idronimo di fiume Brenta. Il Naviglio si allontana verso la laguna, a est, compiendo un blando arco. Con il suo percorso tortuoso, dato da anse ampie e poco sviluppate, privo di arginature, tocca i centri di Mira, Dolo, Oriago e Malcontenta. Sulle sue sponde si affacciano molte tra le più belle ville venete: è la nota Riviera del Brenta. Dopo Oriago il Naviglio cambia direzione con un angolo brusco dirigendosi verso Fusina portando le sue acque in laguna.

Il Naviglio raccoglie lungo il suo percorso le acque del Musone Vecchio, che da Mirano venne portato artificialmente nel XVII secolo a immettersi a Mira, in sinistra idrografica, attraverso il Taglio.

Certamente di grande rilievo è il seicentesco Canale Nuovissimo, che si allontana da Mira e,





dirigendosi a sud, stabilisce una netta linea di demarcazione con la gronda lagunare. Giunto in laguna sud, il Nuovissimo attraversa la Bonifica Delta Brenta e, fiancheggiando la strada Romea, arriva nel bacino di Chioggia. Rimangono in destra idrografica del Naviglio i relitti di due canali: la Brentella e la Brenta Secca, che rammentano l'esistenza di importanti deviazioni artificiali del passato.

Da Stra, il Gran Taglio della Cunetta, identificato oggi con il ramo principale del Brenta, attraversa diagonalmente la pianura dirigendosi verso il piccolo centro di Corte. Da qui con curve appena accennate il fiume si avvicina al margine lagunare, mantenendo sulla sinistra il tratto finale del Nuovissimo e sulla destra il Bacchiglione, col quale confluisce poco prima di Brondolo, per arrivare finalmente alla foce tra Sottomarina e Isola Verde.

Dal punto di vista geomorfologico, anche il tratto di pianura tra il Naviglio e il Sile va considerato per pertinenza del Brenta. Quest'area infatti fa parte della grande conoide che, nel Pleistocene superiore, andò formandosi per successivi apporti delle alluvioni provenienti dai rami fluviali spinti dal Brenta fino alla laguna settentrionale. Tra i principali corsi di risorgiva che hanno formato tali conoidi è necessario ricordare lo Zero, il Dese e il Marzenego, ai quali si aggiungono il Musone Vecchio, di più remota provenienza, e poi il Lusore, il Tergola e il Serraglio.

La collocazione della foce del Brenta al porto di Brondolo, presso Chioggia, costituì l'epilogo di una lotta millenaria combattuta per porre rimedio al disordine idraulico dell'entroterra lagunare.

Negli anni recenti, seguendo il destino di tutti gli sbocchi fluviali, anche le foci del Porto di Brondolo sono state armate, dapprima nel 1978, con circa 400 m di scogliera in pietrame, e in seguito nel 1994 con un manufatto impermeabile a setti metallici innestato su un argine di sasso (BONDESAN A., 2003).

È da notare che l'ultimo tratto del Brenta viene diviso tra le Province di Padova e di

Venezia. In quest'ultima si trovano i tratti compresi tra Stra e Campolongo Maggiore con un percorso rettificato, l'ultimo tratto da Conche alla foce al Porto di Brondolo e tutto il Naviglio Brenta, che sfocia a Fusina, tra la seconda e la terza cassa di colmata di Porto Marghera.

3. II. 6. L'ADIGE

L'Adige in cifre

Superficie bacino imbrifero 12.100 km²
Lunghezza asta principale 409 km
Precipitazione media annua 933 mm/anno
Volume medio annuo dei deflussi 6938 milioni di m³
Portata media annua 220 m³/s
Portata massima 4000 m³/s

È il fiume più lungo d'Italia dopo il Po. Tra i percorsi meridionali del Brenta e quelli del Po è defluito il fiume Adige che nella bassa pianura ha spesso mescolato le sue acque e i suoi sedimenti con gli altri due fiumi. È il fiume più occidentale della provincia di Venezia e tratti del suo percorso delimitano il confine della provincia, in particolare da Pettorazza a Lezze e da Sostegno di Tornova alla foce.

Nasce da una sorgente non molto lontano dal lago di Resia, a quota 1550 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km², un percorso di 409 km e sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone, situato tra le foci dei fiumi Brenta e Po.

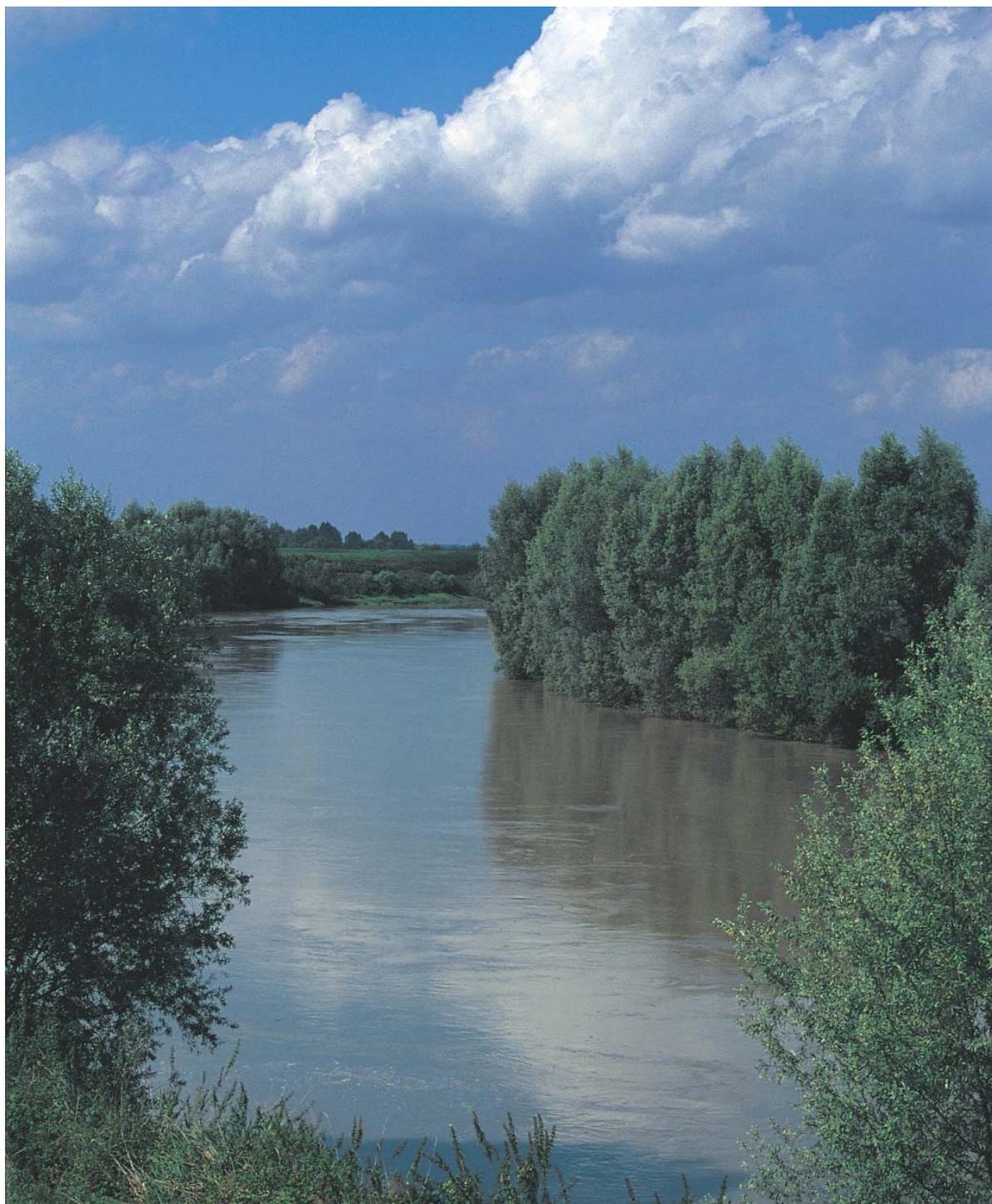
Il suo bacino idrografico interessa aree comprese nelle regioni Trentino-Alto Adige e Veneto, nonché, per una piccola parte, nel territorio svizzero.

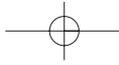
Per una superficie di circa 12.000 km² (80% del totale) esso presenta caratteristiche spiccatamente montane, con una forte presenza del bosco, della vegetazione pioniera e degli affioramenti rocciosi. L'ambiente di pianura è molto limitato per la conformazione naturale del bacino idrografico che finisce ad Albaredo, lasciando da quel punto in poi come area di displuvio dell'Adige, solamente l'asta fluviale, che è pensile. Le zone di fondovalle risultano essere le più antropizzate e diversificate nell'uso del suolo.





Fig. 3.18. Il basso corso del fiume Adige nei pressi di Cavarzere.





Il suo percorso mantiene la direzione nord-sud fino alla confluenza del Rio Rom, poi volge a est e percorre la Val Venosta. A Merano (già a 293 m s.l.m.), dove ha inizio il suo corso medio, la "Val d'Adige", riceve il Passirio, poi volge a sud-est e, subito a valle di Bolzano, riceve l'Isarco. La corrente descrive meandri tra i conoidi di deiezione degli affluenti Noce e Avisio e, solo dove lascia le Alpi, si è aperto un varco recente con la stretta (Chiusa di Ceraino) dovuta agli sbarramenti morenici dell'anfiteatro di Rivoli Veronese. Da Calliano alla Chiusa la valle prende il nome di Val Lagarina e da qui l'Adige assume carattere di fiume di pianura fino alla località di Albaredo, a valle di Verona, dove si chiude il bacino tributario del fiume che, attraversata la pianura veronese, si dirige a est sfociando nell'Adriatico a Porto Fossone.

Dal basso veronese verso la foce, l'alveo subisce un sopraelevamento sempre crescente, a causa del quale i materiali depositi finiscono con l'ostruire la bocca degli affluenti facendoli deviare secondo direzioni parallele al corso principale. Il fiume raggiunge la massima sopraelevazione tra Legnago, Badia e Boara e, a circa 30 km dalla foce, si confonde col il piano.

In quanto a regime idrografico, l'Adige è un vero fiume alpino. I periodi di piena corrispondono all'epoca del disgelo delle nevi e contribuiscono alle piene (durante le quali il fiume ha portate di 3500-4000 m³) anche le piogge primaverili. Le piene autunnali, dovute alle piogge che cadono in tutto il bacino, avvengono invece solitamente tra ottobre e novembre. Le sue acque si sfruttano per l'irrigazione, per l'energia meccanica ed elettrica. La possibilità di utilizzo per la navigazione sono limitate.

In provincia di Venezia, il corso odierno dell'Adige è quello che la tradizione vuol far risalire alla rotta della Cucca, nel 589 d.C. Da Lezze, a ovest di Cavarzere, e da Ca' Briani, a est, l'Adige scorre su un dosso fluviale non privo di interferenze con il primo. Un secondo dosso è quello dello scolo Tartaro, che prosegue poi per un tratto, attenuandosi notevolmente fino a scomparire

a nord-ovest di Loreo. Il Gorzone e il Canale dei Cuori, entrambi elementi di drenaggio delle aree depresse, hanno rappresentato vie commerciali di notevole importanza poiché si uniscono al Brenta presso la foce di Brondolo. Il primo è un canale artificiale scavato nel 1558 dai padovani per scaricare le piene del Frassine e del Fratta e usato come scolo per le bonifiche estensi. Lungo 47 km, ha un alveo che corre vicinissimo all'Adige, toccando Pettorazza e Cavarzere. Il secondo, anch'esso di origine artificiale, ha un corso quasi parallelo a quello del Gorzone.

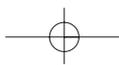
Altra via d'acqua che unisce l'Adige al Brenta è il canale di Valle, che rettilineo parte da Cavanella d'Adige fino a Brondolo.

Alla foce l'Adige arriva dopo aver percorso un breve tratto sinuoso presso Cavarzere, una grande ansa rivolta a nord che bagna i paesi di Bosco Chiaro, San Pietro di Cavarzere e Cavanella d'Adige. Attraverso un ultimo meandro a Sant'Anna, il fiume sfocia in mare a Porto Fossone, che si trova poco a sud del Porto di Brondolo (foce del Brenta) e delimita a nord l'Isola Bacucco e a sud parte del delta del fiume Po.

CAPITOLO 3. III.

LA PROVINCIA DI VENEZIA: SINTESI GEOMORFOLOGICA
di Alessandro Fontana, Paolo Mozzi, Mirco Meneghel e Aldino Bondesan

La provincia di Venezia occupa una fascia di pianura che borda il settore veneto-friulano della costa adriatica, nella porzione compresa tra le aste terminali del fiume Tagliamento a nord-est e del fiume Adige a sud-ovest. La zona considerata è nota soprattutto per gli aspetti legati alla geomorfologia delle lagune e dei litorali, ma, oltre agli ambienti salmastri e marini, comprende anche una vasta pianura di origine fluviale, il cui



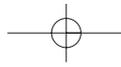
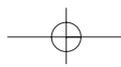
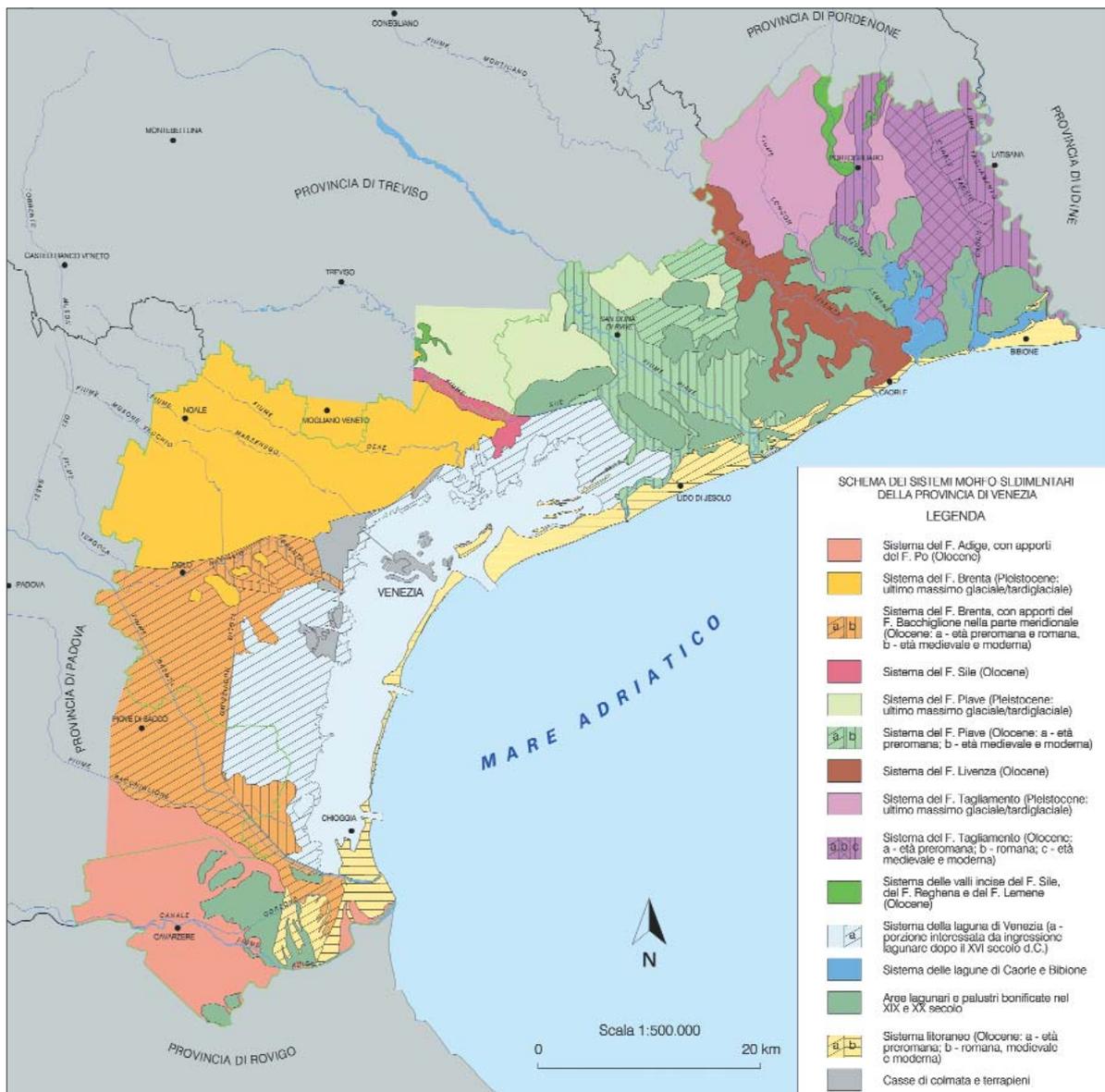


Fig. 3.19. Schema dei sistemi morfo-sedimentari della provincia di Venezia.

aspetto attuale è il prodotto dell'interazione di numerosi corsi d'acqua sia di origine alpina, sia di risorgiva fig. 3.19). L'acqua appare quindi come uno dei fattori più decisivi non solo per quanto riguarda la storia di Venezia, ma anche per quanto concerne l'evoluzione geologica e geomorfolo-

gica del suo territorio. Da un verso, si devono considerare le acque dei fiumi che danno origine, con i sedimenti da esse trasportate, alla pianura alluvionale, e, dall'altro, quelle marine che danno forma ai litorali e modellano le lagune.

Tra i principali aspetti fisiografici dell'area



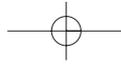
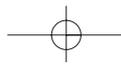
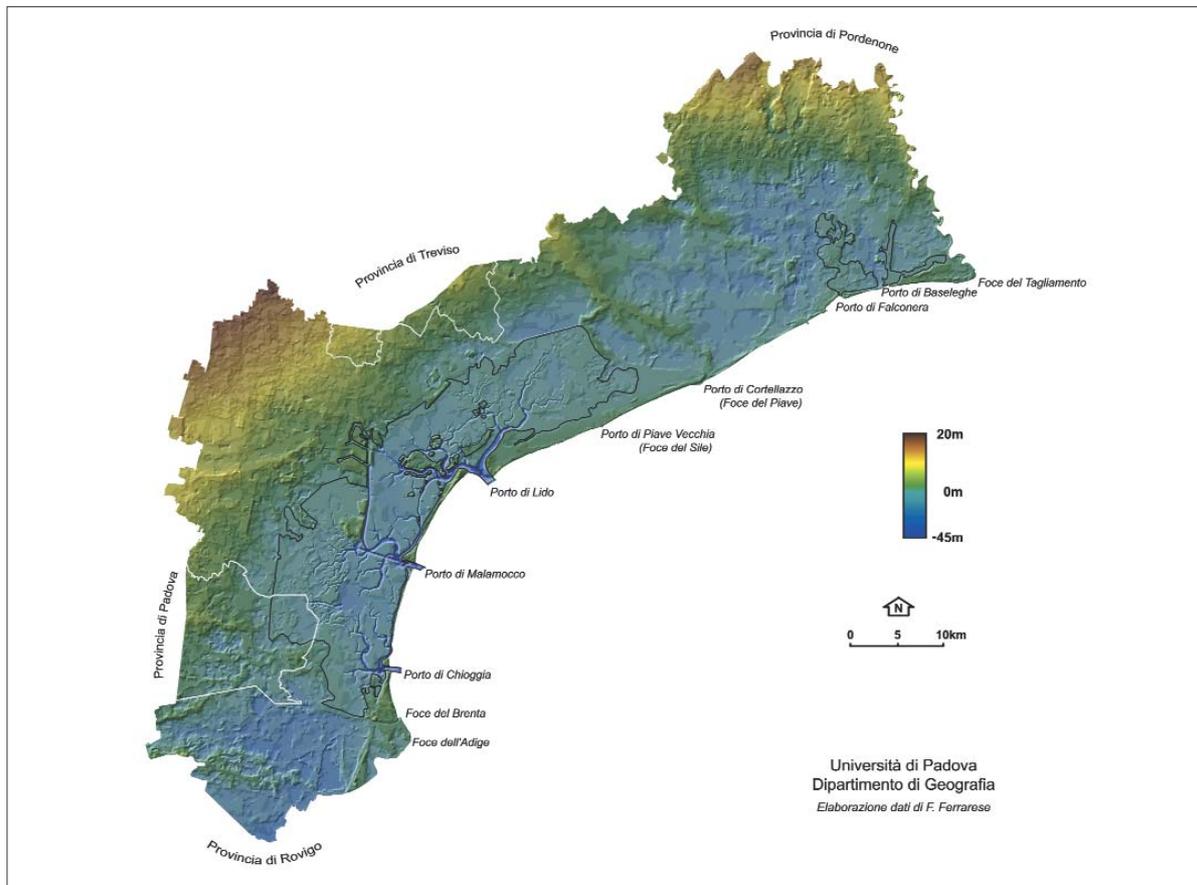


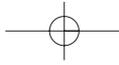
Fig. 3.20. Modello Digitale del Terreno della provincia di Venezia a tinte altimetriche e lumeggiamento.

risalta, in primo piano, la ridotta altimetria: le quote più elevate sono infatti molto modeste, nonostante la relativa vicinanza dei rilievi prealpini (la collina del Montello si trova a circa 20 km dal punto più settentrionale raggiunto dal confine provinciale) (fig.3.20). A nord-est di Noale si trovano le quote più elevate della provincia, che arrivano a 20 m, mentre un'altra area con quote elevate si trova a nord di Cinto Caomaggiore, dove si raggiungono i 14 m. Al contrario risultano estese le aree al di sotto del livello del mare, sottratte alle lagune e alle paludi costiere con importanti interventi di bonifica. Il gradiente topografico complessivo è generalmente minore del 2‰, e passa a valori inferiori all'1‰, fino quasi ad azzerarsi, in genere già ad alcuni chilo-

metri dalla costa.

I limiti amministrativi consentono al territorio provinciale di abbracciare in senso est-ovest un'area notevolmente estesa, che spazia dal bacino fluviale del Tagliamento fino a quello del Po. Al suo interno sono compresi i sistemi deposizionali di alcuni tra i maggiori fiumi dell'Italia settentrionale, che hanno trasportato, e ancora trasportano, sedimenti provenienti dalle zone confinanti con Slovenia e Austria fino a quelle prossime a Francia e Svizzera. Nei depositi che formano la pianura veneziana si possono quindi trovare i prodotti dell'evoluzione geologica delle Alpi e delle catene montuose a esse preesistenti: dai frammenti delle rocce del Paleozoico carnico a quelli delle Dolomiti a quelli delle metamorfite





piemontesi e valdostane. La provincia di Venezia è una sorta di compendio sedimentario e fluviale dell'Italia settentrionale.

Da un punto di vista fisiografico, il territorio ricade per massima parte nella pianura veneta ma il settore nord-orientale appartiene a quella friulana, di cui il fiume Livenza rappresenta il limite occidentale. Verso sud il confine con quella che è la pianura padana s.s. appare molto più sfumato e difficilmente tracciabile in quanto i depositi dell'Adige e, secondariamente, del Brenta, s'interdigitano in maniera complessa con quelli del Po.

Relativamente alla granulometria dei depositi, essi sono prevalentemente limoso argillosi in corrispondenza delle aree di esondazione, e sabbiosi nelle fasce di divagazione degli alvei, sia pensili, sia a livello o leggermente ribassati rispetto alle piane circostanti. In generale, la frazione grossolana presenta una diminuzione delle dimensioni granulometriche procedendo dal settore orientale della provincia a quello meridionale; tra il Tagliamento e il Livenza talvolta affiorano in superficie anche ghiaie, sia antiche sia recenti, e in casi molto rari, lungo paleoalvei tardiglaciali, clasti di 1 cm arrivano fino a livello del mare.

All'interno della provincia sono evidenti importanti differenziazioni morfologiche e cronologiche, pur trattandosi di un settore di sola bassa pianura. Vaste porzioni di pianura tardo-pleistocenica sono presenti nella zona centrale e nord-orientale e in molti casi giungono fino alla frangia lagunare. Su queste superfici relitte sono in genere presenti suoli calcici evoluti, caratterizzati dalla decarbonatazione degli orizzonti superficiali e dall'accumulo di croste e concrezioni carbonatiche in quelli profondi. Adiacenti ai settori più antichi si trovano le aree evolutesi durante l'Olocene, in ambiente alluvionale e costiero-lagunare. Nel complesso il territorio considerato consente perciò di analizzare le tracce e i sedimenti frutto dei processi sviluppatasi dall'ultimo massimo glaciale (LGM - *Last Glacial Maximum*, 25.000-15.000 a ¹⁴C BP) a oggi. È questa una caratteristica peculiare della pianura della pro-

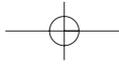
vincia di Venezia, riscontrabile nei settori posti a nord-est del Naviglio Brenta. A sud di quest'ultima direttrice fluviale, nel delta del Po e nella pianura costiera romagnola, i sedimenti affioranti sono tutti riferibili all'Olocene superiore e per studiare i periodi precedenti si deve necessariamente ricorrere ai sondaggi geognostici.

A causa dell'esposizione di superfici con età molto differenti e delle variazioni fisiografiche e morfologiche esistenti tra i diversi settori della provincia, in essa sono testimoniate praticamente tutte le forme del terreno esistenti nella bassa pianura dell'Italia nord-orientale. Sono così presenti forme di erosione, come le incisioni fluviali, e forme di accumulo, come i dossi fluviali e i cordoni dunali.

La trasgressione marina flandriana ha cominciato a interessare l'attuale fascia litorale a partire dal 5500-4500 a.C.; l'evoluzione dei sistemi costiero-lagunari ha subito un forte condizionamento da parte della topografia preesistente e della subsidenza dei terreni. La presenza di ampie zone soggette ad aggradazione sedimentaria, sia lungo gran parte della costa sia nella porzione meridionale della provincia, ha reso possibile la conservazione all'interno della serie stratigrafica di alcuni suoli sepolti, elementi molto importanti ai fini della ricostruzione paleoambientale e archeologica. I suoli sepolti olocenici, oltre a testimoniare i processi climatici e morfologici attuatisi prima della loro copertura, talvolta corrispondono a superfici di antica frequentazione umana in cui è possibile rinvenire reperti e strutture archeologiche ancora *in situ*. Dove la pianura pleistocenica è stata sepolta dai sedimenti lagunari della laguna di Venezia, i suoli presenti sulla superficie antica si sono conservati e costituiscono dei livelli sovraconsolidati con abbondanti concrezioni e screziature, comunemente definiti "caranto".

Data la ricchezza di acque e la varietà di ambienti naturali presenti nella bassa pianura e nelle aree costiero-lagunari, il popolamento umano ha interessato fin dall'antichità il territorio provinciale. Vi è testimonianza di quasi tutte





le fasi culturali che si sono avvicinate nei settori planiziali dell'Italia nord-orientale a partire dal Mesolitico. Oltre alle presenze archeologiche, dal XII secolo d.C. il territorio veneziano è stato anche una sorta di laboratorio d'ingegneria idraulica in cui la Repubblica di Venezia ha deviato, canalizzato e arginato molti dei fiumi sia alpini che di risorgiva; nel XX secolo è stata inoltre completata un'imponente rete di fossati e scoline di drenaggio che ricopre interamente il territorio.

Procedendo da est verso ovest, fino al Livenza il territorio della provincia è compreso nel sistema deposizionale del fiume Tagliamento (megaconoide del Tagliamento), mentre più a occidente, fino al Sile, i terreni sono stati formati dal sistema del Piave (megaconoide del Piave di Nervesa) (fig. 3.19). Dal Sile fino al corso canalizzato del Bacchiglione si identifica invece il sistema del Brenta, costituito da depositi pleistocenici (megaconoide di Bassano) fino al Naviglio Brenta, e tardo-olocenici più a ovest. A sud del Bacchiglione è presente il sistema sedimentario dell'Adige, anch'esso attivo durante l'Olocene, solcato nella sua porzione meridionale da alcuni percorsi attribuiti al Po.

Il megaconoide del Tagliamento è costituito da un settore olocenico che nell'area compresa in provincia di Venezia va grossomodo dall'attuale dosso del fiume fino alla zona compresa tra i corsi di Lemene e Reghena. A ovest di quest'ultimo i terreni sono riferibili al Pleistocene finale, più precisamente al LGM o alle prime fasi del Tardiglaciale. La porzione di età olocenica comprende numerose direttrici fluviali abbandonate, talvolta con caratteristiche morfometriche differenti, ma tutte di tipo meandriforme. Fra esse si distinguono quella pre-romana di Alvisopoli, il dosso del Tagliamento attivo in epoca romana e quello medievale che seppellì Concordia Sagittaria. Durante le ultimissime fasi del Pleistocene o nell'Olocene iniziale il fiume ha scavato profonde e ampie incisioni oggi in parte ancora visibili; corrispondono a queste morfologie le bassure in cui oggi scorrono i corsi di risor-

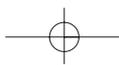
giva Lemene e Reghena, che sono fra le incisioni più tipiche della bassa pianura friulana. Nel limitato settore pleistocenico posto a est del Lemene si segnala la presenza di un paleoalveo con sabbie ghiaiose, riconoscibile da Stiago di Portogruaro fino al margine lagunare.

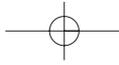
Nel settore nord-orientale della provincia la pendenza della pianura è verso sud e ha valori intorno all'1,1‰ fino al livello del mare, con l'isoipsa 0 che va, con un tracciato assai tortuoso ma fondamentalmente con direzione est-ovest, da Lugugnana a San Stino di Livenza. A sud di questa linea si estende una vasta piana bonificata con quote, in alcuni punti, inferiori ai -2 m. All'interno di quest'area si trova la laguna di Caorle, con quote analoghe, se non superiori, a quelle delle zone limitrofe. Quote superiori al livello del mare si trovano lungo la fascia litoranea, in particolare presso le dune di Valle Vecchia, e sull'estesa ala destra del delta del Tagliamento, che racchiude la cosiddetta laguna di Bibione. Quest'ultima è formata dalla Valle Grande e dalla Vallesina, mentre dal porto di Baseleghe gli ambienti lagunari risalgono verso monte lungo il largo percorso del canale Cavrato.

Il fiume Livenza, alimentato da risorgenze carsiche e corsi di risorgiva fra cui il Meduna, rappresenta il confine tra i megaconoidi del Tagliamento e del Piave; il corso d'acqua ha creato un suo dosso che a valle della Salute va scomponendosi in varie digitazioni; fra esse si ricorda quella della Livenza Morta, suo percorso naturale fino al XVII secolo.

Il settore tra Livenza e Piave corrisponde all'ala orientale del megaconoide del Piave di Nervesa. Qui le quote vanno decrescendo dai 3 m s.l.m., a nord di Ceggia, fino alle vaste aree bonificate poste al di sotto del livello del mare. Le superfici presenti a quote più elevate, a nord di San Donà di Piave, sono di età pleistocenica, mentre sono olocenici i sedimenti superficiali presenti più sud.

Ben evidente è il dosso formato dal Piave, che a valle di San Donà si suddivide nelle tre digitazioni del Taglio della Piave, del Taglio da Re e





della Piave Vecchia. In tutti questi tre dossi si trovano porzioni a quota superiore ai 2 m s.l.m. A est di San Donà si diparte un dosso appiattito formato dal Piave in epoca preromana e ora percorso dal canale Grassaga; in prossimità del Livenza è invece presente il dosso del Piavon.

Oltre il Piave attuale e fino al Sile è presente l'ala occidentale del megaconoide di Nervesa, in cui affiora quasi esclusivamente un lembo di piana pleistocenica che giunge fino al limite lagunare. La superficie antica ha una pendenza media dello 0,8‰ verso sud-est e su di essa s'individuano ampie morfologie come il dosso di Meolo e il paleoalveo individuato a ovest di Meolo, caratterizzato da scarsa sinuosità e grande raggio di curvatura. Poco a ovest dell'attuale dosso del Piave sono invece presenti paleoalvei molto sinuosi, leggermente incisi nella pianura, probabilmente formati nell'Olocene medio-superiore e ora ripercorsi dagli scoli Meoletto e Correggio. Il margine lagunare attuale è marcato dal Taglio del Sile, a nord del quale una complessa paleoidrografia lagunare e fluviale rimane a testimonianza della massima ingressione lagunare medioevale e della fitta rete di drenaggio di risorgiva attiva nell'Olocene.

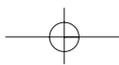
Nella fascia costiera sono notevoli le tracce di cordoni dunali originati dall'evoluzione deltizia del Piave, iniziata oltre 6000 anni fa e che ha condotto alla formazione del lido del Cavallino nel periodo subatlantico (BONDESAN A. *et alii*, 2003a). Sul litorale attuale sono ancora esistenti dune rilevate, mentre gran parte dei cordoni dunali precedenti sono stati spianati dall'uomo.

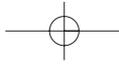
Il Sile è alimentato da acque di risorgiva, e ha impostato il suo corso lungo la zona di separazione fra i sistemi del Piave e del Brenta pleistocenico. Da Treviso fino al limite provinciale, il fiume occupa una valle incisa, formata successivamente a 8000 anni fa. Nel tratto terminale, nel corso degli ultimi 4000 anni ha formato un modesto dosso, debolmente rilevato rispetto alla piana circostante di età pleistocenica. Evidenze cronostigrafiche dimostrano che sotto Treviso il Piave si riversava nella valle del Sile tra la fine del III e l'inizio del II millennio a.C.

nizio del II millennio a.C.

La pianura tra Sile e Naviglio Brenta è di età pleistocenica, ha una pendenza dell'1,1‰ e si presenta articolata in una serie di dossi poco rilevati, aventi direzione prevalente NO-SE. Questo settore era in aggradazione tra il LGM e le prime fasi del Tardiglaciale; durante l'Olocene è stato solcato unicamente da corsi di risorgiva, quali lo Zero, il Dese, il Marzenego e il Musone. L'assenza di apporti fluviali durante l'Olocene ha consentito un avanzamento progressivo della laguna che, in conseguenza dell'innalzamento relativo del livello del mare, ha ricoperto con i suoi depositi la pianura pleistocenica. La cartografia storica consente di tracciare con gran dettaglio la posizione del margine lagunare del XVI secolo, e di riconoscere quindi i territori sommersi solo successivamente dalle acque salmastre. Nel corso di questo secolo, e nei secoli successivi, hanno anche avuto luogo i principali interventi antropici sulla rete idrografica scolante nella laguna di Venezia, eseguiti allo scopo di estromettere da essa i maggiori fiumi e salvarla dall'interramento. Furono quindi deviati il Po, il Bacchiglione, il Brenta, il Sile, il Piave e il Livenza. In tutto il territorio provinciale furono molto numerosi e importanti i cambiamenti dell'assetto idrografico e lagunare indotti dalla gestione idraulica del territorio, iniziata nel basso Medioevo (XII secolo) e culminata nelle bonifiche agrarie delle aree lagunari, ultimate nel XX secolo. Fra i segni più tangibili dell'attività umana vi sono anche i vasti terrapieni e le casse di colmata di Porto Marghera, e quelli più antichi della città di Venezia e delle isole lagunari.

Il Naviglio Brenta, già canalizzato nel 1143, corre su di un dosso allungato da est a ovest che rappresenta il limite settentrionale delle alluvioni oloceniche del sistema del Brenta, con apporti del Bacchiglione nel settore meridionale. Solo in limitate zone è ancora affiorante la superficie pleistocenica, altrove sepolta dai sedimenti più recenti. L'inclinazione della pianura è da ovest a est, con un gradiente che, all'altezza di Camponogara, è dello 0,9‰. Qui il territorio è formato da dossi





fluviali, alcuni ben individuati, allungati in senso NO-SE, costruiti dal Brenta nel corso degli ultimi 3-4000 anni. Questi paleoalvei si riversavano nel bacino meridionale della laguna di Venezia e hanno portato alla formazione di più delta endolagunari. Nel sottosuolo di questo tratto di laguna vi è l'evidenza di almeno un episodio di regressione, forzata dal progradare dei sistemi deltizi del Brenta, a cui ha fatto seguito, dal Medioevo in poi, una nuova ingressione lagunare.

La bassura ovest-est, seguita dal corso del fiume Bacchiglione, può essere considerata come il limite tra i depositi olocenici del sistema del Brenta e quelli dell'Adige, cui si sommano anche locali apporti del Po. A quest'ultimo appartiene il dosso con andamento ONO-ESE che da Cona si dirige a Pegolotte, giunge a Conca d'Albero e prosegue per Civè; questa direttrice fluviale, attiva nel I millennio a.C., è ritenuta il ramo più settentrionale del fiume padano (CASTIGLIONI, 1978). In questo settore sono presenti anche alcuni dossi atesini paralleli a quello del Po e numerosi altri aventi direzione est-ovest. La parte meridionale della pianura di Venezia è dominata da terreni bonificati situati ben al di sotto del livello del mare e su cui erano presenti vaste paludi oggi drenate, ma ancora testimoniate da abbondanti depositi torboso-organici. Qui si trovano le quote emerse più basse della provincia, con valori frequentemente inferiori a -3 m s.l.m. Quote più elevate si trovano invece a oriente del canale di Valle, dove si accostano tra loro i cordoni litoranei appartenenti a più sistemi deltizi. Quello più interno, avente direzione SSO-NNE, si stabilizzò circa 4500 anni fa lungo l'allineamento Motta Palazzetto-San Pietro di Cavarzere. Già nel 1000 a.C. circa la costa era progradata fino all'allineamento Chioggia-Canale di Valle-Cavanella d'Adige e si mantenne in tale posizione con lievi variazioni fino al Medioevo (BONDESAN M. *et alii*, 2001). Molte delle dune sono state spianate, ma alcune, alte qualche metro, ancora si conservano. L'ampio litorale di Sottomarina è invece il risultato dell'avanzamento costiero connesso allo spostamento

della foce del Brenta attuato alla fine del secolo XIX.

La laguna di Venezia è separata dal mare dai lidi di Pellestrina e di Lido, attualmente in forte erosione, e dalla freccia litoranea del Cavallino, ampliata di circa due chilometri in meno di un secolo. Il numero delle foci lagunari è variato nel corso degli ultimi duemila anni, riducendosi rispetto alla decina di bocche che dovevano essere presenti in antichità.

La laguna comunica con il mare mediante tre bocche di porto che fanno capo ad altrettanti bacini endolagunari. Attraverso le bocche di porto i processi tidali determinano la formazione di grandi delta di marea nei quali la distribuzione dei sedimenti avviene attraverso il sistema dendritico dei canali attuali. I sedimenti lagunari olocenici si sovrappongono ai depositi pleistocenici sottostanti, per uno spessore di alcuni metri. Si tratta di depositi trasgressivi sulle superfici emerse durante il LGM, queste ultime geneticamente connesse ai megaconoidi della pianura veneta.

La frangia che borda il margine interno, la laguna morta, è caratterizzata dalla presenza di barene, la cui origine è diversificata a seconda del tratto considerato. Si tratta comunque di settori che sono stati interessati dall'espansione della laguna successivamente al XVI secolo e che prima di allora erano parzialmente emersi.

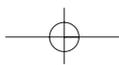
CAPITOLO 3. IV.

LA LAGUNA DI VENEZIA

di Sandra Primon

3. IV. 1. LE FORME E L'EVOLUZIONE DELLE LAGUNE

Con il termine *laguna*, secondo la definizione di BRAMBATI (1988, p. 10), si intende un «bacino costiero dominato dalle maree, separato dal mare da un cordone litorale, e cioè da un insieme di



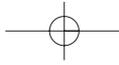
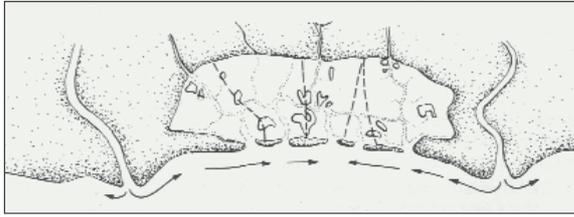


Fig. 3.21. Rappresentazione schematica della formazione di una laguna per apporti convergenti di sabbie litorali provenienti da due sorgenti terrigene puntiformi. Le linee tratteggiate all'interno della laguna indicano gli spartiacque (da BRAMBATI, 1988).



lidi, comunicante però con esso attraverso bocche lagunari». Questa definizione risulta simile a quella utilizzata nella letteratura anglosassone per i *tidal flats* che corrispondono alle zone costiere connesse a pianure alluvionali periodicamente inondate dalle maree e con caratteristiche proprie delle lagune anche se non necessariamente racchiuse da lidi, i cui fondali però emergono quasi completamente durante le basse maree (BRAMBATI, 1988).

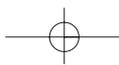
Gli ambienti lagunari si formano nell'immediato retroterra della fascia costiera di una pianura alluvionale quando, in regime trasgressivo, si è in presenza di abbondanti apporti terrigeni sabbiosi e di significativo trasporto litoraneo. Solo nel caso in cui vi sia un equilibrio ottimale tra i parametri fondamentali sopra indicati si assisterà alla formazione di una laguna. Infatti, ad esempio, un rapido innalzamento del livello marino in assenza o con scarsità di apporti terrigeni dalla terraferma creerà morfologie più assimilabili alle piane di marea (*tidal flats*) che alle lagune vere e proprie. Al contrario, in una situazione di stabilità del livello marino e in presenza di forti apporti terrigeni le lagune si formeranno solo in condizioni di un rilevante trasporto litoraneo (BRAMBATI, 1988).

Oltre a questi parametri fondamentali la formazione delle lagune è condizionata, nella maggior parte dei casi, dalla presenza di due foci fluviali (fig. 3.21) le quali, progredendo verso mare con la loro gettata deltizia, delimitano lateralmente il bacino lagunare e garantiscono l'apporto terrigeno necessario per la costruzione dei lidi. Infatti, in condizioni di forte dispersione lungo riva, i sedimenti fluviali sabbiosi vengono ridistribuiti dalle correnti litoranee, parallela-

mente alle isobate, fino alla formazione prima delle *freccie litorali* e, successivamente, dei *lidi*. Gli scambi d'acqua tra la laguna e il mare sono assicurati dalla presenza di una o più *foci lagunari* (o *bocche di porto*); a ogni foce confluisce una rete di canali lagunari lungo i quali l'acqua marina penetra durante le fasi di "flusso", distribuendosi all'interno della laguna, mentre rifluisce lungo le stesse vie ma in senso contrario durante il "riflusso" (CASTIGLIONI, 1978). Lo stesso Autore indica che gli spazi della laguna, dal punto di vista batimetrico e morfologico, si possono suddividere in:

- zone subtidali, situate sotto il livello delle medie basse maree, corrispondenti al fondo lagunare e a quello dei canali lagunari;
- zone intertidali, alternativamente sommerse ed emerse, formate da piane fangose (corrispondenti allo *slikke* delle lagune del Mare del Nord e alle *velme* della laguna veneta);
- piattaforme di alta marea, sommerse solo dalle massime alte maree, caratterizzate dalla presenza di una vegetazione di alofite (coincidenti con le *barene* della laguna veneta).

La conservazione di una laguna è garantita dalla vivacità delle correnti di marea, il cui compito è di ridistribuire l'apporto terrigeno dei fiumi all'interno e all'esterno della laguna stessa e di mantenere aperte le foci lagunari. Le foci tuttavia non si mantengono costanti nel tempo: infatti, l'azione del mare può causare un accentuato sviluppo dei lidi, con la conseguente chiusura delle foci, oppure può dare luogo a fenomeni di erosione sui lidi stessi. La conseguenza di questi processi, in condizioni naturali, è il costante riequilibrio dell'arco di lidi sotteso alle due foci fluviali che delimitano il bacino lagunare. Inoltre, se all'interno del bacino sfociano dei fiumi, il margine interno della laguna è destinato al progressivo avanzamento; ma, nello stesso tempo, dopo aver interrato un settore lagunare, i corsi d'acqua maggiori possono arrivare con la loro foce direttamente al mare e contribuire così alla formazione di lagune in posizione più avanzata. E ancora, il lento sprofondamento del sottosuolo lagunare (subsi-





denza) in alcuni casi può compensare l'apporto solido fluviale interno alla laguna determinando quindi la conservazione e, talora, l'ampliamento del bacino lagunare.

Le lagune, quindi, costituiscono un ambiente particolare in continua evoluzione a seconda dei diversi equilibri che si instaurano tra i parametri fondamentali che determinano la creazione delle lagune stesse: «i fattori che concorrono alla formazione di una laguna sono gli stessi che, prevalendo gli uni sugli altri, ne provocano la scomparsa» (CAVAZZONI, 1995, p. 42).

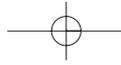
BRAMBATI (1988) descrive, per l'ambiente lagunare, il seguente modello di circolazione delle acque in presenza di maree. Quando si verificano le massime escursioni di marea, e cioè durante le maree sizigiali, in corrispondenza delle bocche lagunari si raggiungono le massime velocità dell'acqua. La massa d'acqua entrante attraverso il canale principale viene rapidamente trasportata dai canali lagunari fino alle piane di marea. «Quando il livello delle acque in flusso raggiunge e supera quello delle piane di marea, si ha una brusca caduta della velocità di corrente per espansione laterale delle masse d'acqua sulle piane di marea. Durante le fasi di riflusso il processo si ripete in senso inverso, nel senso che il canale principale fa da collettore a tutti i canali secondari distribuiti sulla piana di marea. Così le acque lagunari defluiscono via via verso il mare, raggiungendo la massima velocità in corrispondenza delle bocche lagunari» (BRAMBATI, 1988, p. 26). Questo modello può essere però modificato in occasione di forti venti, in quanto il flusso e il riflusso delle acque possono essere accelerati o rallentati a seconda che i venti spirino in direzione concorde o contraria alla direzione di scorrimento delle acque. L'equilibrio idrodinamico lagunare viene alterato soprattutto nel caso in cui i venti spirano trasversalmente alla direzione degli spartiacque sommersi, provocando così dei travasi di acqua da un bacino all'altro.

3. IV. 2. LA MORFOLOGIA DELLA LAGUNA DI VENEZIA

La laguna di Venezia occupa una superficie di circa 550 km² ed è situata nella fascia costiera dell'alto Adriatico tra la foce del fiume Brenta posta a sud e il tratto finale del Sile (Alveo della Piave Vecchia) localizzato a nord (fig. 3.13). Il bacino lagunare si estende per una lunghezza di circa 55 km e per una larghezza di circa 13 km, calcolate secondo l'asse centrale allo sviluppo longitudinale e alla direzione a esso normale.

I confini verso terra sono marcati nella maggior parte dei casi da opere umane: nel 1791 si completò la "conterminazione lagunare" con la posa in opera sul terreno dei cippi che dovevano segnare il confine tra la laguna e la terraferma, dettagliatamente descritto da BEVILACQUA (1992) e da FAVERO (1992). Nella carta geomorfologica il confine originale è riportato con la definizione di "margine lagunare desunto da cartografia storica" ed è ripreso dalla carta di Angelo Emo del 1763 rivista da Antonio De Bernardi negli anni 1843-44 (georeferenziata e elaborata da A. Lezziero). FAVERO (1992) specifica che in origine la linea di conterminazione seguiva per lo più opere idrauliche artificiali: partendo dal litorale di Sottomarina coincideva per un tratto con il Parador di Brondolo, un argine costruito nel 1554, per poi seguire il canale artificiale denominato Taglio Nuovissimo, portato a termine nel 1610. Dopo aver superato il dosso delle Giare, che rimaneva esterno alla laguna, la linea di demarcazione continuava lungo gli argini del Taglio Barbieri e del Bondante di Sotto fino a Fusina. Proseguiva poi con il Bondante di Sopra e il canale delle Verze, entrambi scomparsi a seguito della realizzazione della zona industriale di Porto Marghera. Proseguendo, il canale artificiale Osellino, scavato nel 1519, delimitava la laguna fino al fiume Dese; dalla foce del fiume, invece, fino a Portegrandi la conterminazione seguiva un percorso tortuoso attraverso i canali naturali che caratterizzano l'area. Da Portegrandi il limite ritornava a coincidere con un elemento artificiale: il Taglio del Sile, reso attivo nel 1684, fino all'Argine di San Marco. Quest'ultimo, costruito a difesa delle alluvioni del Piave, insieme all'Alveo della Piave





Vecchia costituiva il limite orientale tra la laguna e la terraferma fino alla Cava del Cavallino, un canale artificiale ultimato nel 1563. Infine, attraverso il canale Pordelio la conterminazione finiva a Punta Sabbioni congiungendosi con il litorale del Cavallino.

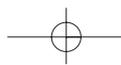
Attualmente la conterminazione lagunare, riportata nella carta geomorfologica in base al Decreto Ministeriale del 9-2-1990, si diversifica rispetto a quella originale del 1791 per l'inclusione di un'ampia area valliva, la valle Perini, delle aree delle bocche di porto, che influiscono in modo considerevole sul regime idraulico della laguna, e dell'isola di Sant'Erasmo, anticamente esclusa dalla laguna in quanto parte integrante del cordone litoraneo. La linea di conterminazione odierna, inoltre, tiene conto del nuovo assetto della zona industriale di Marghera e include alcuni canali di gronda di secondaria importanza (CAVAZZONI, 1995).

Verso mare la laguna di Venezia è delimitata da un cordone litoraneo costituito da lidi caratterizzati da una larghezza variabile da poche decine di metri a qualche chilometro: il litorale di Sottomarina, di Pellestrina, del Lido e del Cavallino. I lidi sopra elencati sono separati tra loro dalle tre bocche di porto (bocca di porto di Chioggia, di Malamocco e di Lido) che fanno capo ai tre bacini minori in cui è suddiviso il bacino lagunare veneziano dal punto di vista idrografico. Il bacino principale è quello del Lido, che occupa circa il 50% della superficie lagunare, mentre il bacino di Malamocco e quello di Chioggia occupano rispettivamente circa il 30% e il 20% della restante area. I tre bacini, pur non essendo identificabili in modo preciso e immutabile, sono delimitati da linee, chiamate *spartiacque*, tracciate dove si incontrano le masse d'acqua entranti nella laguna da due bocche di porto attigue (fig. 3.21), cioè lungo i punti in cui il movimento delle acque diventa nullo. Nel caso della laguna di Venezia, sia l'alta marea che la bassa marea si presentano quasi nello stesso momento all'ingresso delle tre foci lagunari; di conseguenza l'acqua marina entra durante la fase di flusso

ed esce durante quella di deflusso sempre dalla stessa bocca di porto.

Nel secolo scorso si sono verificati notevoli cambiamenti all'interno della laguna di Venezia e questo è un aspetto importante da tenere in considerazione quando si vuole parlare di morfologia della laguna e soprattutto quando si vuole dare una giusta definizione ai vari elementi che la compongono. In particolare il livello del mare si è alzato facendo mutare in modo considerevole i rapporti esistenti tra le zone intertidali e i fondali più profondi. In fig. 3.22, tratta da ALBANI *et alii* (1984) e modificata in CASTIGLIONI (1986), è riportato il diagramma altimetrico della laguna di Venezia desunto da rilievi effettuati negli anni 1926-1932 dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque a cui si affiancano i livelli mareografici relativi alla fine del XIX secolo (a sinistra) e del XX secolo (a destra). Dal confronto tra i due livelli mareografici emerge che il livello medio del mare dal 1897 a oggi è aumentato di circa 24 cm e ha avuto come conseguenza la sommersione di vaste aree del bacino lagunare. Le cause dell'innalzamento locale del livello del mare sono legate all'abbassamento del suolo (subsidenza) e all'aumento del livello assoluto del mare (eustatismo), fenomeni che secondo ALBANI *et alii* (1984) hanno inciso in modo determinante sulla morfologia della laguna di Venezia, in particolare con effetti molto evidenti sulle zone intertidali. Gli Autori hanno quindi ritenuto indispensabile ridefinire la terminologia utilizzata fino a quel momento per descrivere la morfologia lagunare.

Uno degli elementi morfologici più caratteristici della laguna è rappresentato dalla *barena*: questo termine è stato da sempre usato nella letteratura locale per indicare «zone coperte da vegetazione». Già il Denaix all'inizio dell'800 scriveva che sulla superficie della barena si osservava il *codego* e cioè la cotica erbosa, successivamente BOERIO (1867) indicava la barena come un'entità sommersa solo nei tempi dei grandi colmi mentre, in tempi più recenti, SALVINI (1934) e PANCINI (1939) ne precisavano la quota



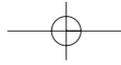
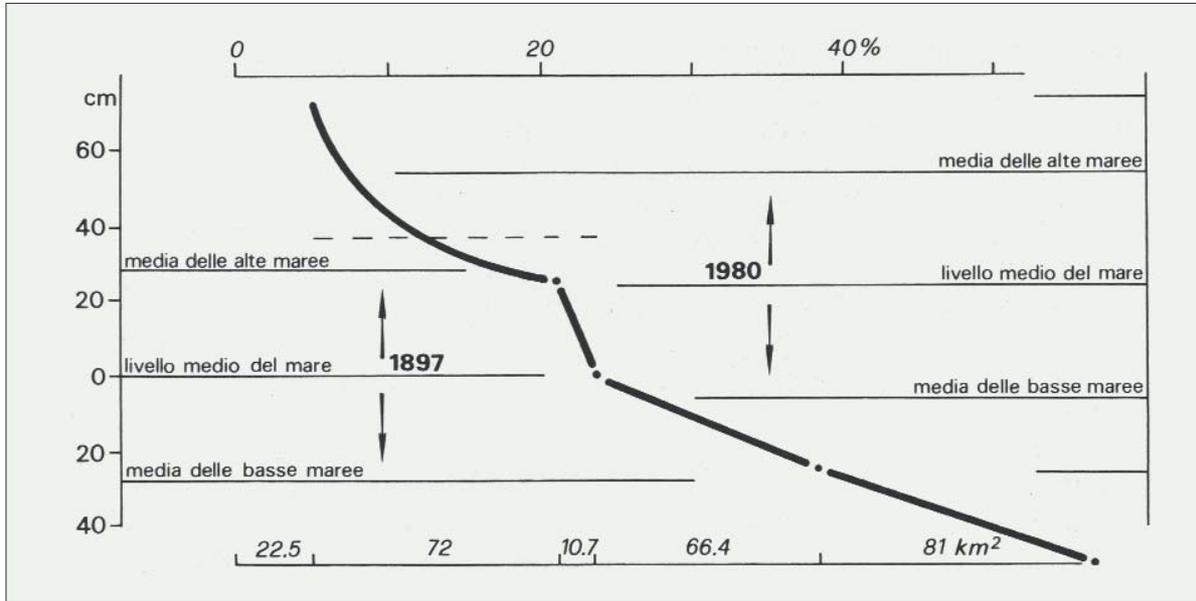


Fig. 3.22. In alto. Diagramma altimetrico parziale della laguna di Venezia (esclusa la superficie occupata dalle valli da pesca) secondo i rilievi ultimati nel 1932 (da PANCINI, 1939, rielaborati). Le quote riportate a sinistra della curva ipsografica sono riferite al livello medio mare del 1897, quelle a destra invece sono riferite al livello medio mare del 1980 e derivano da dati mareografici degli anni 1978-1982 elaborati da A. Tomasin. In alto è riportata la scala in percentuale delle aree. In basso sono riportate le aree in km² delle zone emerse (22,5), delle barene (72) e delle zone comprese tra +25 e 0 cm (10,7), tra 0 e -25 cm (66,4) e tra -25 e -50 cm (81). La linea tratteggiata indica la quota media delle barene (+32 cm). Figura originale di ALBANI *et alii* (1984) modificata da CASTIGLIONI (1986).

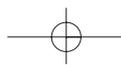


altimetrica indicando la quota media delle barene tra 25 e 32 cm sopra il livello del mare.

Nel passato, inoltre, si è cercato di dare una definizione di barena in base alla sola morfologia: MORANDINI (1960, p. 7) la descrive come «una formazione caratteristica, di area e forma alquanto varia, ma sempre contraddistinta da un bordo rialzato e da una parte centrale più depressa» simile quindi a una morfologia a «catino»; forma confermata, in seguito, anche dalla descrizione data da PIRAZZOLI (1973). ALBANI *et alii* (1983) fanno notare che l'asserita forma a «catino» è forse individuabile nelle barene circondate da canali e ghebi con argini naturali rialzati, oppure nelle barene dove l'acqua che ristagna impedisce la crescita della vegetazione e forma modeste depressioni con fondo molle occupate da pozze salate (denominate localmente *chiari*, fig. 3.24). Ma le barene presentano anche altre morfologie: a volte sono tabulari o con bordi depressi, altre volte sono inclinate verso gli specchi d'acqua dove si raccordano con le velme. Dato che la forma e la quota sul livello del mare sono caratteristiche variabili, ALBANI *et alii* (1983) precisano che l'unico «elemento costante e carat-

teristico della barena è la presenza di un certo tipo di vegetazione la cui sopravvivenza è condizionata dai tempi di emersione». Quindi la definizione che gli Autori danno per il termine barena relativamente alla laguna di Venezia è la seguente: si tratta di «zone coperte da vegetazione prevalentemente alofila corrispondenti pertanto allo *haute slikke* e allo *schorre* delle lagune nord-europee».

Attualmente il limite inferiore di sopravvivenza della vegetazione alofila, caratteristica della superficie delle barene, coincide con il livello medio mare (FAVERO, 1992), indicazione che risulta valida sia per la laguna di Venezia sia per altre lagune situate in aree subsidenti. Questo a dimostrazione della capacità di adattamento a condizioni sempre più difficili di questo tipo di vegetazione, la quale svolgerebbe anche un ruolo di conservazione della forma su cui è insediata. La vegetazione, infatti, ha un ruolo molto importante sia come trappola per i sedimenti sia come elemento consolidante del terreno e inoltre contribuisce a formare il suolo della barena che è costituito per più del 50% in peso da sostanza organica in gran parte di origine vegetale



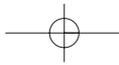


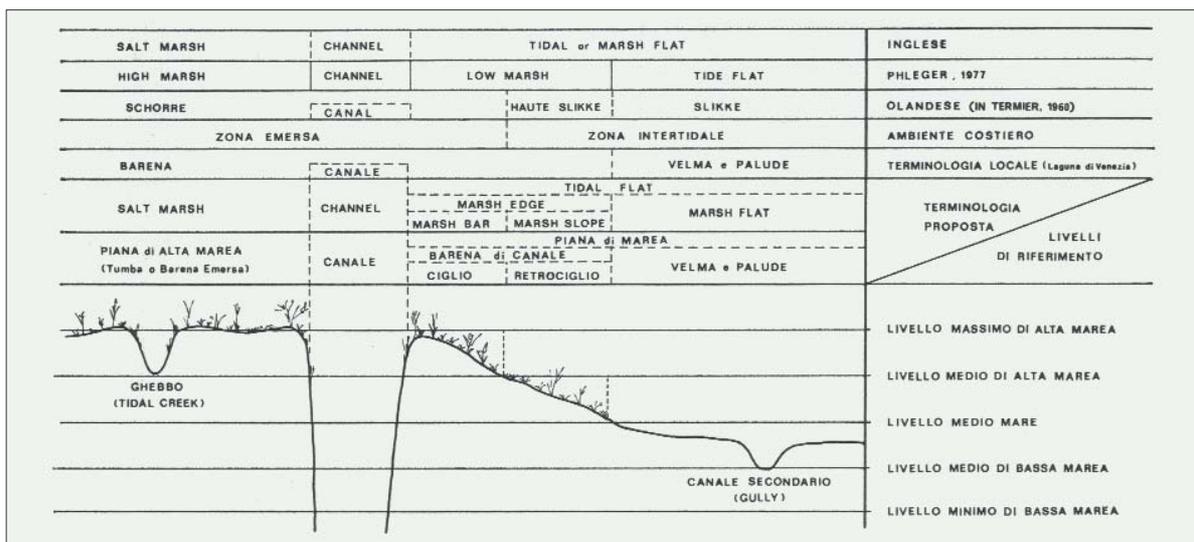
Fig. 3.23. In basso. Schema della terminologia lagunare proposta da ALBANI *et alii* (1984) e relativi confronti con la terminologia usata in letteratura e con i toponimi locali.

(ALBANI *et alii*, 1983). Gli Autori precisano che in caso di graduale scomparsa della vegetazione il processo di consolidamento e di cattura dei sedimenti sulla superficie della barena viene interrotto; questo provoca con il passare del tempo una riduzione del volume del sedimento per il degrado del materiale organico che non viene più rinnovato e quindi un abbassamento del livello del suolo con la conseguente formazione delle pozze salate all'interno della barena. Lo stesso tipo di processo è causa della formazione del piccolo gradino, di circa 5-10 cm, che spesso si osserva al passaggio tra la barena e la *velma* (fig. 3.25a), caratterizzato dalla scomparsa della vegetazione. Questo gradino veniva collocato da PANCINI (1939) a una quota di circa 25 cm; a causa dell'innalzamento del livello del mare avvenuto dal 1897 in poi (fig. 3.22) il bordo superiore del piccolo gradino si trova ora a una quota prossima al livello medio del mare odierno (ALBANI *et alii*, 1983). Di conseguenza anche la quota media delle barene che veniva collocata sempre da PANCINI (1939) tra 25 e 32 cm sul l.m.m. del 1897, viene ora a trovarsi a un livello di poco superiore al l.m.m. di questi ultimi anni (fig. 3.23).

Il contorno delle barene rilevato nella Carta Idrografico-Batimetrica della laguna di Venezia, realizzata nel 1970 dal Magistrato alle Acque-Ufficio Idrografico e desunto da una copertura aerofotogrammetrica del 1968 coincide con l'isolinea zero della carta. Un dato rilevante che emerge da questa carta è che la quota del limite inferiore della vegetazione alofila viene indicato come prossimo allo zero: secondo FAVERO (1992) questo coinciderebbe praticamente con il livello medio mare odierno.

Altre forme caratteristiche delle barene sono costituite dai *ghebi* (fig. 3.25b): si tratta di canali tortuosi e molto stretti, incisi all'interno della barena e delimitati da cigli o argini rialzati, spesso non più di 20 cm, anch'essi stretti e talora discontinui (ALBANI *et alii*, 1984).

Vari tipi di barena sono stati inoltre distinti da FAVERO & SERANDREI BARBERO (1983) a seconda del processo genetico che li ha formati e del comportamento evolutivo che li caratterizza. Di seguito riportiamo la definizione data dagli Autori; nei capitoli 4.VII, 4.VIII, 4.IX queste barene verranno descritte con maggior dettaglio a seconda del settore lagunare che occupa-



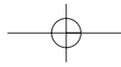


Fig. 3.24. La parte terminale dei ghebi è spesso caratterizzata dalla presenza dei *chiarì*, specchi d'acqua piovana o salmastra.

no.

- Alcune barene sono state classificate come «la parte ancora emergente della pianura costiera che, raggiunta e permeata da acque salmastre, può ora ospitare solamente una vegetazione alofita». Nel caso della laguna di Venezia, ne sono un esempio la frangia barenicola che si estende da Campalto alla zona del Dese (fig. 3.26a);

- un altro tipo di barena è quello «localizzato in aree interne al perimetro lagunare, già invase da acque salate, occupate poi da paludi di acqua dolce e da torbiere e ritornate a far parte della laguna per interruzione degli apporti di acqua dolce e per la reingressione di acque salate». Queste barene si rinvengono nel bacino meridionale della laguna tra Marghera e Chioggia;

- un terzo tipo di barena (fig. 3.26b) è «localizzato ai lati dei corsi d'acqua che si immettono nella

laguna, dove si formano apparati morfologici caratteristici, che sono forme di transizione tra apparati deltizi, stretti e molto allungati, e argini naturali», indicati talora con il nome di «punta dei lovi»;

- le barene che caratterizzano il bacino settentrionale della laguna di Venezia sono state definite dagli Autori come «barene di canale lagunare» (fig. 3.26c). Si tratta di aree barenicole localizzate ai bordi dei canali lagunari la cui morfologia è caratterizzata dalla presenza di un bordo rialzato presso il canale alimentatore del quale segue fedelmente l'andamento, e da una superficie digradante verso il lato lontano dal canale. «La distribuzione granulometrica dei sedimenti che le formano e il contesto delle associazioni microfaunistiche indicano che questi sedimenti sono stati trasportati dal mare e depositati ai lati del canale dove la perdita di

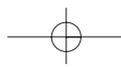
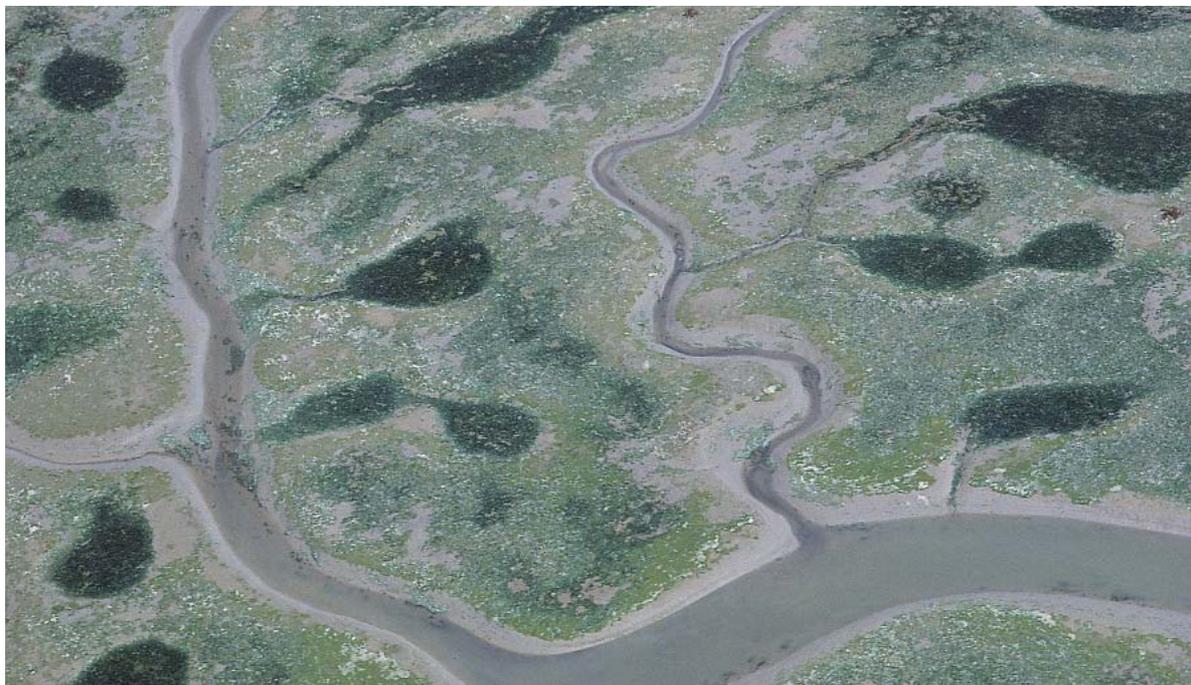


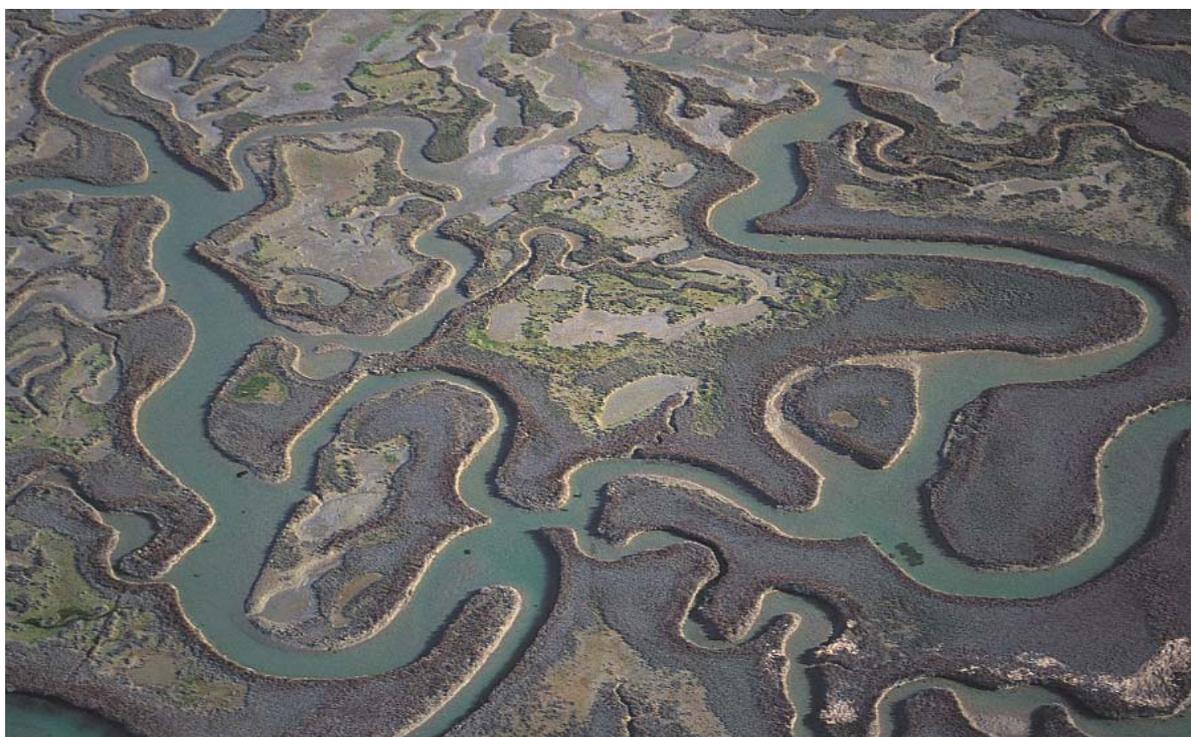


Fig. 3.25a. Particolare di un'area, nei pressi del canale Scanello, caratterizzata dalla presenza di *velme*: si tratta di fondali che emergono solo in particolari condizioni di bassa marea.

Fig. 3.25b. Dal canale principale talora si diparte una ramificazione di canali con sezione via via più ridotta e dal tracciato sempre più tortuoso, denominati *ghebi*.



a



b

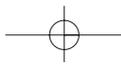




Fig. 3.26a. Frangia barenicola che si estende da Campalto fino alla zona del Dese.

Fig. 3.26b. Palude dei Laghi presso la foce del Dese: esempio di barene che si formano ai lati dei corsi d'acqua che si immettono in laguna.



a



b





Fig. 3.26.c. Barene di canale lagunare lungo il canale Cenesa.



c

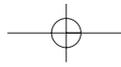
velocità della corrente favoriva il processo di sedimentazione»;

- un ultimo tipo di barene, definite “paleobarene”, è stato riconosciuto allo stato “fossile” nel sottosuolo della laguna; esse «sono state generate dall'emersione relativamente rapida di parti sommerse dei fondali lagunari senza però l'intervento di processi sedimentari particolarmente attivi». L'analisi morfologica effettuata nell'ambito della stesura della carta geomorfologica non ha però permesso di riconoscere e quindi di cartografare quest'ultimo tipo di barene all'interno della laguna di Venezia.

Altri Autori hanno dato una definizione per il termine barena; in particolare GATTO &

MAROCCO (1993, p. 25) nella loro descrizione della morfologia della laguna di Grado, situata lungo la fascia costiera dell'alto Adriatico a est della laguna di Venezia, definiscono con il toponimo barena «tutta quella serie di aree naturali emerse a differente morfologia, che comunque presentano una specifica associazione di piante alofite». Con il termine di *pseudobarena* definiscono invece «i cumuli di materiali derivanti dall'escavazione dei canali artificiali, dai tombamenti delle piane di marea o dalla costruzione degli argini per le valli da pesca». È da ricordare, inoltre, che BRAMBATI (1988, p. 22), nella sua descrizione della morfologia delle lagune, con il termine “pseudobarena”





definisce invece le aree barenicole interpretate come «relitto morfologico emerso della paleo-pianura alluvionale inondata dalla trasgressione marina». L'Autore le differenzia dalle barene vere e proprie formate dai depositi che si sono sviluppati a seguito dei processi naturali propri delle lagune, come ad esempio il luogo di convergenza dei flussi lagunari e quindi le aree che definiscono gli spartiacque lagunari.

Rimanendo nell'ambito delle definizioni date da BRAMBATI (1988) e GATTO & MAROCCO (1993, p. 27) per altre forme caratterizzanti le lagune in generale, essi identificano le *piane di marea* come «l'area intertidale pianeggiante o a debole pendenza che si raccorda alle barene». Il toponimo locale conosciuto per questo tipo di morfologia è quello di *velma*, parola di derivazione longobarda che significa "fango".

Un altro elemento morfologico, tipico però della zona subtidale, è rappresentato dalle *paludi*: con questo termine gli Autori identificano le aree depresse del fondo lagunare che, anche in presenza delle minime maree annuali, rimangono sempre sommerse. Sia la zona intertidale che quella subtidale sono interessate dai *canali* che rappresentano la traccia attraverso la quale si espandono le masse d'acqua che entrano in laguna dalle bocche lagunari. GATTO & MAROCCO (1993, p. 28) precisano che il reticolo idrografico naturale delle lagune è definito da almeno tre ordini di canali:

- i *canali principali* che hanno la funzione di trasporto delle masse d'acqua fluviali o lagunari verso il mare;
- i *canali secondari* che affluiscono ai canali principali con la funzione di drenare o disperdere le acque all'interno del bacino lagunare;
- i *canali di terzo ordine* di modesta entità che affluiscono o ai canali principali o più frequentemente a quelli secondari e muoiono sulle piane di marea.

Secondo BRAMBATI (1988) i canali principali rappresentano il relitto dell'antica idrografia fluviale preesistente alla trasgressione e spesso tendono a raccordarsi ai corsi d'acqua tributari

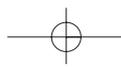
della laguna stessa.

Nella carta geomorfologica gli apparati intertidali e subtidali sono stati classificati in base alle definizioni date da ALBANI *et alii* (1983; 1984), talora coincidenti con quelle di GATTO & MAROCCO (1993). Infatti anche secondo ALBANI *et alii* (1983, p. 221) il termine *velma* sembra derivare da melma cioè fango, e indica «i fondali che manifestano la loro caratteristica fangosa perché di tanto in tanto emergono»: la *velma*, definita anche "superficie paludiva", risulta essere il corrispondente dello *slikke* delle lagune nord-europee e viene considerata un apparato intertidale in parte coincidente con la piana di marea.

Anche le entità morfologiche indicate con il termine di *palude* fanno parte della piana di marea e in particolare corrispondono alle «aree lagunari prevalentemente sommerse dalle acque salate e salmastre e, per lo più, poste a un livello più basso della media delle basse maree» (FAVERO, 1992, p. 178).

Da quanto esposto ne consegue che il termine *piana di marea* è usato da GATTO & MAROCCO (1993) in senso più restrittivo: gli Autori la definiscono, infatti, come un apparato intertidale corrispondente alle *velme* e distinto quindi dalle *paludi*. In fig. 3.23 è riportato lo schema della terminologia lagunare proposta da ALBANI *et alii* (1984), a cui si è fatto riferimento per la definizione delle varie entità morfologiche rilevate nella carta geomorfologica per il settore lagunare.

Altri elementi caratteristici della laguna di Venezia sono le *valli da pesca*, che attualmente occupano circa il 16% dell'intera superficie lagunare. La valle da pesca, che rappresenta essenzialmente un impianto di itticultura estensiva, è costituita da specchi d'acqua poco profondi detti *laghi* separati dalla laguna aperta mediante una arginatura fissa. Questa separazione determina l'esclusione dell'area valliva dai flussi e riflussi di marea che interessano ogni giorno l'intero bacino lagunare. Anticamente la delimitazione delle valli da pesca era realizzata con argini di fango



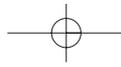


Fig. 3.27. Il paesaggio di valle Tezze: si notano la chiavica principale, collegata alle vasche-lavoriere, e i casoni destinati a ospitare il personale o a svolgere funzioni di magazzino.



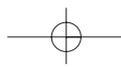
mentre la separazione tra la parte esterna e la parte interna alla valle attraverso i canali alimentatori (un tempo rappresentati dai canali secondari e dai ghebi) era costituita da arelle (*grisiolo*), cioè da strutture formate da canne palustri disposte a graticcio che consentivano il passaggio attenuato delle correnti di marea ma, nello stesso tempo, impedivano al pesce allevato di uscire (CAVAZZONI, 1995). Mentre nei secoli scorsi le valli da pesca occupavano sia le aree della “laguna morta”, corrispondenti alle zone più prossime al margine interno lagunare, sia le aree più vicine alle bocche di porto, dal XIX secolo in poi la vallicoltura si è spontaneamente spostata verso le zone marginali della laguna. CAVAZZONI (1995) specifica che la causa iniziale dell’abolizione delle valli da pesca della cosiddetta “laguna media” fu la politica portata avanti dalla Repubblica Veneziana nel tentativo di eliminare qualsiasi impedimento all’ingresso delle acque marine e quindi di ostacolare l’impaludamento di vaste aree della laguna. Successivamente, dopo la costruzione dei moli foranei, si presentò il problema contrario e lo sprofondamento delle aree barenicole più interne aprì nuovi settori alla vallicoltura che in questo modo poteva, tra l’altro, usufruire di apporti diretti di acqua dolce dai fiumi e canali che sfociavano in laguna. L’erosione degli argini di fango e la distruzione delle arelle che garantivano l’isolamento delle valli da pesca, causata dalle sempre più forti cor-

renti di marea, comportò la costruzione di arginature più alte, rinforzate alla base con pietre e la sostituzione delle arelle con un altro tipo di chiusura (CAVAZZONI, 1995). Attualmente il collegamento tra gli specchi d’acqua vallivi e gli alvei lagunari e fluviali è garantito da chiaviche a manovra manuale corrispondenti a strutture in muratura. Un elemento che caratterizza fortemente il paesaggio delle valli da pesca è costituito dalle strutture di adduzione idraulica e cioè dagli alvei, ora per la maggior parte di origine artificiale, che consentono i ricambi idrici all’interno dello specchio d’acqua vallivo. E ancora risultano importanti, soprattutto dal punto di vista funzionale, le strutture di cattura e di stabilizzazione del pesce allevato costituite dai *lavorieri* e dalle *peschiere di sverno* (fig. 3.27). I primi sono formati da capienti vasche con le sponde e il fondo di cemento mentre le seconde sono bacini scavati in piena terra, di forma rettangolare e di dimensioni variabili (ZANETTI, 1995). Questo tipo di manufatto è stato cartografato nella carta geomorfologica con l’apposito simbolo.

Importanti dal punto di vista dell’impatto ambientale sono anche le *casce di colmata*: si tratta di vasti interramenti, localizzati tra il Canale Bondante e la Tagliata Nuova, predisposti negli anni sessanta per l’espansione della zona industriale di Marghera che, tra l’altro, non ha mai avuto luogo (fig. 3.28). Le *colmate* sono isole artificiali di estensione rilevante (circa 1200 ettari), costruite con il materiale di risulta dello scavo del Canale Malamocco-Marghera. Attualmente si possono individuare (CERASUOLO, 1998):

- la cassa di colmata A, completamente circondata da argini e caratterizzata dalla presenza nella parte centrale di alcuni dossi elevati di argilla e sabbia;
- la cassa di colmata B, solo parzialmente trasformata in quanto nel suo interno comprende ancora un ampio tratto di velme e barene;
- la cassa di colmata D-E, in parte arginata e in parte, verso ovest, ancora soggetta all’escursione di marea.

Per il recupero ambientale di queste ultime aree, sono stati successivamente creati artificial-





mente canali e ghebi all'interno delle casse di colmata, con lo scopo di migliorare il ricambio idrico delle zone retrostanti e di ripristinare, per quanto possibile, l'aspetto originale di questa porzione di ambiente lagunare.

3. IV. 3. L'EVOLUZIONE STORICA DELLA LAGUNA DI VENEZIA

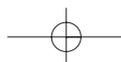
Gli antichi abitanti di Venezia erano ben consapevoli del fatto che la salvaguardia e la sopravvivenza della loro città dipendevano dalla integrità del territorio circostante. Per garantire l'equilibrio lagunare i veneziani non hanno esitato a effettuare interventi imponenti come la deviazione dei principali fiumi sfocianti in laguna o la costruzione di una protezione rigida, i "Murazzi", lungo tutto il litorale da Chioggia al Cavallino. Tutti questi interventi vennero effettuati tra il '500 e l' '800 e la laguna passò così, già in quel periodo, da un regime di prevalente interramento a un regime di prevalente erosione (BASCHIERI, 1996).

Durante il XIX secolo furono, invece, rilevanti gli interventi antropici effettuati allo scopo di valorizzare la funzione portuale e commerciale di Venezia e della laguna stessa (FAVERO *et alii*, 1988). Nel 1840 iniziarono i lavori per la costruzione di una diga tra gli Alberoni e il canale Rocchetta fino all'imboccatura del canale portuale di Malamocco; la bocca di porto fu inoltre munita di moli foranei con l'intento di incanalare le correnti di marea e di approfondire il canale di accesso. I lavori terminarono nel 1865 e il risultato fu così soddisfacente che poco tempo dopo (1872) iniziò la sistemazione della bocca di porto del Lido facendo convogliare le acque provenienti da San Nicolò di Lido, Sant'Erasmo e Treporti in una unica bocca portuale mediante la costruzione delle due dighe. Gli scanni sabbiosi che ostruivano i due più importanti accessi alla laguna (riportati nella carta geomorfologica come "limite della spiaggia intertidale desunto da cartografia storica" ripreso dalla carta di Angelo Emo del 1763 rivista da Antonio De

Bernardi negli anni 1843-44) vennero demoliti e i canali portuali raggiunsero spontaneamente la profondità di 9-10 m (Malamocco) e di 7-8 m (Lido) (CAVAZZONI, 1995). Nel 1841 iniziò la costruzione del Ponte Ferroviario Translagunare e nel 1869 il centro marittimo commerciale venne spostato dal bacino di San Marco alla zona di Santa Marta, adiacente al terminale ferroviario; a seguito di questi interventi numerosi canali naturali di Venezia furono interrati e trasformati in strade (FAVERO *et alii*, 1988).

L'adeguamento delle vie di comunicazione alle nuove esigenze continuò durante tutto il secolo scorso: a lato del Ponte Ferroviario si affiancò il Ponte Automobilistico (1931); il terminale di Piazzale Roma venne ampliato con la costruzione dell'Isola del Tronchetto (1958) e il Ponte Ferroviario venne raddoppiato a seguito dell'interramento delle barene di San Giuliano (1957) e quadruplicato intorno al 1990; contemporaneamente sulla barena di Tessera venne costruito l'aeroporto "Marco Polo". Nel bacino meridionale la valle di Brenta venne isolata dal mare per la costruzione di una bretella, poggiante per la massima parte su un terrapieno, che tuttora congiunge la s.s. Romea a Chioggia; precedentemente (1911) era stato modificato anche l'accesso al porto di Chioggia mediante la costruzione dei moli foranei. Intorno agli anni Venti il canale portuale di Lido venne approfondito artificialmente per consentire il passaggio a navi di stazza sempre maggiore e, inoltre, per accedere alla zona portuale venne approfondito anche il canale della Giudecca.

Nel 1919 iniziarono i lavori per la creazione del Porto Industriale di Marghera: da quel momento fino al 1930 furono costruiti la I Zona Industriale, il porto e il canale Navigabile Vittorio Emanuele III, profondo 10 m, che congiungeva Marghera alla Giudecca. Negli anni Cinquanta sorse la II Zona Industriale; successivamente (1960-1970) venne scavato il canale Malamocco-Marghera (chiamato anche "Canale dei Petroli") e vennero costruiti il terminale petrolifero di San Leonardo e le casse di colmata



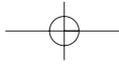


Fig. 3.28. Particolare della cassa di colmata B. Le *casse di colmata* sono aree del bacino lagunare localizzate nei pressi di Porto Marghera (visibile sullo sfondo), sottoposte negli anni sessanta a vasti interramenti per una ulteriore espansione della zona industriale.



per la III Zona Industriale che non fu, però, mai realizzata. Per la prima zona industriale vennero sottratti alla laguna circa 500 ettari, mentre per la seconda e terza zona vennero costruite tre nuove casse di colmata, per un totale di 1700 ettari, che furono riempite con il fango proveniente dallo scavo del Canale dei Petroli, profondo 12 m (CAVAZZONI, 1995).

Molto importanti per l'evoluzione della morfologia lagunare risultarono anche gli interrimenti effettuati a scopo di bonifica agraria (come ad esempio la zona della Bonifica Delta Brenta) che sottrassero all'espansione delle maree circa 4000 ettari di laguna. A questi si devono aggiungere le aree occupate dalle valli da pesca (circa 8500 ettari), attualmente tutte arginate, e le aree interrate per le espansioni urbane e per le sacche di discarica (circa 7-8000 ettari).

L'insieme di tutti questi interventi ha innescato nell'ambito lagunare un importante processo di erosione che iniziando dalle bocche di porto si è propagato lentamente verso l'interno.

CAVAZZONI (1995), dal confronto di tre rilievi cartografici eseguiti dal Genio Civile di Venezia (1887-1901) e dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque (1922-33 e 1968-70), precisa che le variazioni morfologiche avvenute nella laguna di Venezia a partire dall'inizio del secolo scorso fino al 1970 sono essenzialmente di due tipi:

a) il livellamento dei fondali e la cancellazione della rete idrografica sommersa nella laguna cen-

trale;

b) il rimaneggiamento o la scomparsa delle barene nelle zone più interne del bacino nord di Lido e in quello di Chioggia accompagnati da fenomeni erosivi alle bocche di porto e lungo i canali principali.

La carta geomorfologica mette in evidenza la situazione morfologica del fondo lagunare relativa al 1970, in quanto le batimetrie utilizzate per la realizzazione del microrilievo sono quelle riportate nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:5000, aggiornata tra il 1987 e il 1994 per il settore lagunare, con quote però relative al rilievo batimetrico effettuato dal Magistrato alle Acque nel 1970.

3. IV. 4. L'EVOLUZIONE MORFOLOGICA NEL VENTENNIO DAL 1970 AL 1990

di Paolo Baschieri (estratto da *La laguna di Venezia un patrimonio da scoprire - Cenni generali sulla morfologia lagunare*, 1996)

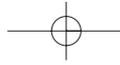
Nel 1970 è stato aperto il Canale dei Petroli e nello stesso anno è stato completato dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque il rilievo della batimetria lagunare (quello sul quale è stata realizzata la Carta Tecnica Regionale 1:5000 della laguna). Il Servizio Informativo, su disposizione del Magistrato alle Acque, ha poi provveduto all'aggiornamento della batimetria ai giorni nostri mediante una indagine cartografica che è consistita in:

- realizzazione di una ortofotocarta muta in scala 1:5000;
- restituzione aerofotogrammetrica delle zone barenose;
- rilievo diretto, mediante natanti ed ecoscandaglio, delle aree restanti della laguna.

È sulla base di questi due rilievi, che denominiamo "del '70" e "del '90", che è stato condotto uno studio col computer delle differenze di quota riscontrate. È stata cioè realizzata una *Carta delle differenze di quota*.

I risultati delle elaborazioni eseguite si presta-



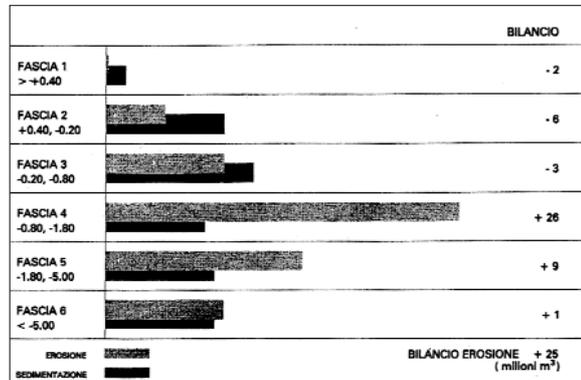


no a molte interpretazioni, tutte di grande interesse. Risulta incontrovertibile, per cominciare, che in questo ultimo ventennio la laguna ha subito delle vistose modificazioni per processi che sono ancora in atto. Da un punto di vista globale, risulta che la laguna ha perso circa 25 milioni di m^3 di materiale - che è stato portato al mare - per cui il suo volume di invaso aumenta di circa un milione di m^3 per anno. Se però si esamina il fenomeno più in particolare, risulta che il materiale totale messo in movimento è, nel ventennio, di oltre 88 milioni di m^3 , dei quali ben 63 milioni vengono ridepositati in fondali più profondi.

Da questi dati emerge chiaramente il processo di appiattimento, oltre che di erosione, cui la laguna è sottoposta: i bassifondi si approfondiscono e i canali si interrisono. Si noti che lo strato più eroso è quello dei bassifondi più profondi (da -0,80 a -1,80 m) e questo fatto può far pensare all'instaurarsi di un ciclo perverso: se la causa prima dell'erosione sono le onde da vento (che sono tanto maggiori quanto maggiore è la profondità) è logico che il basso fondo diventi più erodibile, man mano che si approfondisce. Sostanzialmente non si è molto lontani dal vero se si conclude che, attualmente, i bassifondi della laguna perdono annualmente circa tre milioni di metri cubi, due dei quali vengono ridepositati nei canali e uno viene asportato definitivamente fino al mare.

Se si vanno ad esaminare i diversi livelli che si sono considerati, si vede che quello più superficiale si è ridotto in superficie, mentre si ha una forte espansione planimetrica della zona di bassifondi più profondi, in particolare dalla quota -0,80 m a -1,80 m, con un notevole aumento di profondità media. In pratica, l'aumento del volume d'invaso della laguna è imputabile quasi per intero a questo strato. Osservando i diagrammi a barre (fig. 3.29) si nota come, accanto al processo erosivo concentrato nella zona dei bassifondi, vi sia una attività di sedimentazione abbastanza distribuita su tutti gli strati, con una sensibile maggiore attività nei fondali dei canali. Tuttavia, osservando le planimetrie con l'evoluzione delle

Fig. 3.29. Erosione e sedimentazione nelle fasce batimetriche definite sulla batimetria del 1990 (da BASCHIERI, 1996).



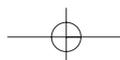
singole celle si nota che i canali più profondi non sono sede di sedimentazione e il fenomeno appare logico se si pensa che in essi la velocità e la turbolenza della corrente hanno valori tali da mantenere in sospensione il materiale per trasportarlo direttamente in mare.

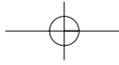
È da notare che queste trasformazioni morfometriche non possono non avere ripercussioni sulla fauna e sulla flora lagunare, fino a ripercuotersi sulle attività dell'uomo in questo ambiente.

Si deve infine sottolineare che i fenomeni evolutivi in atto si presentano particolarmente attivi nel bacino di Malamocco. Un dato per tutti: ad una superficie del bacino che è circa il 25% dell'intera laguna corrisponde un aumento del volume d'invaso in questo ventennio che è circa il 65% dell'intero aumento del volume della laguna.

3. IV. 5. IL RECUPERO MORFOLOGICO DELLA LAGUNA

L'intensa attività operata dall'uomo all'interno del bacino lagunare in questi ultimi secoli ha avuto come conseguenza principale la drastica diminuzione dell'ingresso in laguna di sabbie e sedimenti fluviali e ha innescato il processo per cui al giorno d'oggi la laguna perde sedimenti verso il mare e tende a una progressiva erosione. Questa tendenza evolutiva si traduce essenzialmente nella graduale sparizione delle barene e delle velme, nell'approfondimento dei fondali, nella scomparsa dei ghebi e nella riduzione della





sezione dei canali (CONSORZIO VENEZIA NUOVA, 1993). La laguna sta perdendo quindi la sua forma e gradualmente sta assumendo una morfologia piatta in cui la corrente di marea si espande senza una direzione preferenziale. Se questa tendenza evolutiva non verrà in qualche modo ostacolata la laguna è destinata a trasformarsi lentamente in un braccio di mare.

Allo scopo di contrastare tale dinamica, il Magistrato alle Acque di Venezia-Consortio Venezia Nuova, nel 1988, ha avviato un piano di interventi per la ricostruzione delle strutture morfologiche mediante l'utilizzo dei sedimenti provenienti dal dragaggio di canali lagunari (CECCONI *et alii*, 1998). I principali interventi previsti riguardano, in particolare, il ripristino, la ricostruzione e la protezione di velme e barene; la rinaturalizzazione di aree lagunari bonificate (come ad esempio le casse di colmata); il risanamento e la stabilizzazione degli argini di una serie di isole minori. Nella filosofia del progetto è di grande rilievo soprattutto la ricostruzione di velme e barene perché, in questo modo, il mantenimento in laguna dei sedimenti, che verrebbero altrimenti dispersi in mare, si attua reimpiegandoli nelle strutture essenziali per la sopravvivenza della laguna stessa (CONSORZIO VENEZIA NUOVA, 1993).

Le barene attualmente sono soggette a un forte processo erosivo (fig. 3.30) che si manifesta essenzialmente in due modi (MAGRI, 2001):

- una lenta erosione di superficie, che interessa più o meno le barene dell'intera area della laguna, legata al minore apporto di sedimenti limosi dai fiumi e dalla maggiore perdita di essi verso il mare. Una delle conseguenze di questo tipo di erosione è il fenomeno dell'espansione dei chiari;
- una forte erosione verticale localizzata lungo i bordi esterni delle barene che a lungo andare ne riduce l'estensione areale. Questo tipo di erosione riguarda soprattutto le barene situate nelle zone maggiormente soggette al moto ondoso e al traffico delle imbarcazioni.

La ricostruzione delle barene avviene, in un primo tempo, con la realizzazione del tracciato

del nuovo margine mediante la messa in opera di una palificata di contenimento o mediante l'uso di burghe di contenimento in zone ove la valenza archeologica dell'area non consente di infiggere pali nel terreno. Successivamente la barena viene ricostruita con l'impiego di sedimenti ricavati dallo scavo dei canali lagunari. Le palificate di contenimento a pali accostati, insieme alle altre tipologie di conterminazione, hanno la funzione di impedire che il materiale solido riversato all'interno si disperda fino a che la barena non si sia consolidata. Viene inoltre utilizzata una rete idraulica provvisoria che ha la funzione di lasciare filtrare l'acqua, ma non la sabbia, durante la fase di consolidamento. La rete viene rimossa ad assestamento della barena realizzato e vengono accorciati i pali che la sostengono.

La ricostruzione delle velme è, invece, ancora a livello sperimentale: per il momento è stata eseguita solo la ricostruzione dei bassifondi per la realizzazione successiva delle velme allo scopo di sondare le metodologie costruttive e il comportamento di queste strutture.

3. IV. 6. LA MORFOLOGIA LAGUNARE RISULTANTE DALLA CARTA GEOMORFOLOGICA

I dati utilizzati per la realizzazione della carta geomorfologica nel settore riguardante la laguna provengono, nella maggior parte dei casi, dagli archivi del Consorzio Venezia Nuova-Servizio Informativo e sono stati elaborati da L. Bincoletto nell'ambito del Progetto Leo (integrazione del progetto relativo alla realizzazione della carta geomorfologica delle terre emerse della Provincia di Venezia denominato Doge).

In particolare sono state cartografate le seguenti entità:

Barene naturali – È stata utilizzata la fotorestituzione informatizzata del Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova; l'anno di riferimento è il 1992. Dove questo tematismo si sovrapponeva con il tematismo delle barene artificiali, i limiti sono stati fatti coincidere, modificando le barene naturali.



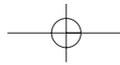
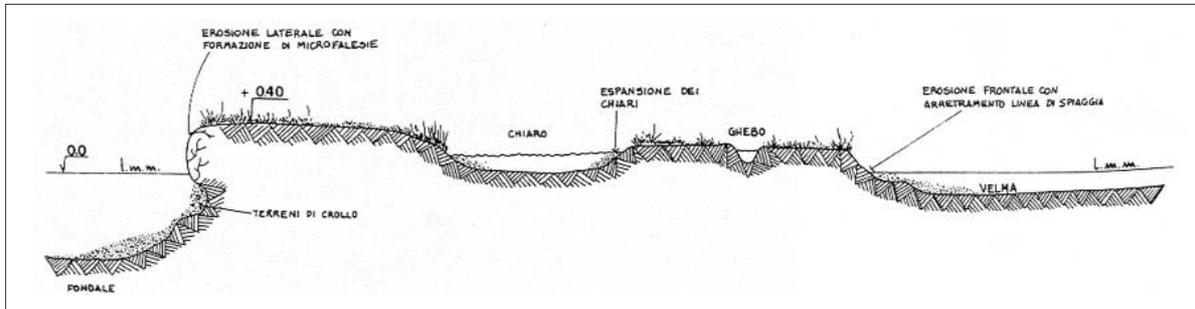


Fig. 3.30. Rappresentazione schematica dei processi erosivi che portano al degrado degli elementi morfologici della laguna: in particolare nel disegno viene schematizzata l'erosione del margine esterno e della superficie delle barene (da CECCONI, 1995).



Barene artificiali – È stato utilizzato il rilievo informatizzato del Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova.

Barene in erosione e accrescimento – Il periodo di riferimento è compreso tra il 1970 e il 1992; è stato ricavato per mezzo dell'*overlay* dei seguenti tematismi: barene presenti nel 1992, barene comparse nel periodo '70-'92 e barene scomparse nel periodo '70-'92. I tematismi utilizzati fanno parte del DSS TRASTE (Trasformazioni territoriali). Le due sovrapposizioni binarie: barene presenti nel 1992 – barene comparse nel periodo '70-'92 e barene presenti nel 1992 – barene scomparse nel periodo '70-'92 hanno permesso di tracciare i limiti sulle barene presenti nel 1992.

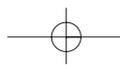
Velme – È stata utilizzata indicativamente la curva di livello batimetrica pari a -0,30 m, ottenuta per interpolazione automatica dei valori dei punti quotati presenti nella CTRN; è stato effettuato un controllo utilizzando le foto aree su supporto digitale presenti al Servizio Informativo del Consortio Venezia Nuova: il confronto non ha validato o invalidato il metodo dato che le due tipologie di dato sono state prodotte in periodi temporali molto diversi. La curva di livello batimetrica -0,30 m è stata presa in considerazione per la delimitazione delle velme in quanto risulta essere un valore ragionevolmente medio per l'intera laguna ed è stato definito basandosi sul lavoro di PIRAZZOLI (1975). Il criterio unicamente altimetrico non è certamente la soluzione migliore dato che le ampiezze delle escursioni di marea all'interno della laguna differiscono di molto. Il problema non è facilmente risolvibile; il temati-

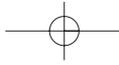
simo potrebbe aumentare la sua veridicità incrociando altre fonti di informazioni quali la fotointerpretazione mirata che comunque porta con sé una serie di problematiche (difficoltà nella determinazione dei limiti e ore diverse della ripresa possono portare a risultati differenti). Attualmente il Sistema Informativo del Consortio Venezia Nuova lavora a un progetto di delimitazione del tematismo per mezzo dell'utilizzo di più fonti di informazione.

Canali lagunari naturali – È stata utilizzata la fotorestituzione informatizzata del Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova, in cui sono rappresentati i canali presenti in laguna; in base alla morfologia sono stati ricavati i canali naturali. Dove essi si sovrapponevano alle barene il limite è stato fatto coincidere con le stesse.

Canali lagunari artificiali – È stata utilizzata la fotorestituzione informatizzata del Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova, in cui sono rappresentati i canali presenti in laguna; in base alla morfologia sono stati ricavati i canali artificiali. Dove essi si sovrapponevano alle barene il limite è stato fatto coincidere con le stesse.

Ghebi – Sono state utilizzate le seguenti fonti: fotorestituzione informatizzata delle barene del 1992 (Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova), fotorestituzione informatizzata dei canali lagunari (Servizio Informativo-Consortio Venezia Nuova) e CTRN. Il tematismo è stato prodotto considerando gli elementi a morfologia allungata, presenti nei livelli informativi definiti sopra, interessati dalla corrente di marea, interni o esterni alle barene; la discriminazione con i





canali è stata fatta in base alle dimensioni trasversali in pianta e dove vi era l'informazione in base alla profondità (>1,5 m ghebo).

Aree adibite ad allevamento ittico, argini lagunari e aree urbanizzate - Ricavati dall'analisi della CTRN.

Il microrilievo del fondo lagunare è stato ricavato a partire dai punti quotati presenti nella CTRN. Nelle aree coperte dai canali l'interpolazione è stata effettuata manualmente, nelle rimanenti porzioni in modo automatico con passo della griglia di 25 m. Successivamente è stata fatta la revisione, tenendo conto dell'andamento morfologico e correggendo manualmente le curve dove necessario. Per valori superiori a -2,5 m, l'equidistanza delle curve di livello è di 0,5 m, per valori compresi tra -2,5 m e -5,0 m è di 2,5 m e per valori inferiori a -5,0 m è di 5,0 m.

Sulla base della morfologia del fondo lagunare nella carta geomorfologica sono state identificate le forme che seguono, definite in legenda come "forme in laguna".

Dosso fluviale in laguna - È una forma legata alla sedimentazione fluviale per esondazioni ripetute durante le piene. Può essere una forma relitta determinata da un arretramento naturale o artificiale del margine lagunare (che ha portato a una parziale sommersione del dosso) oppure una forma generata da un avanzamento in ambiente lagunare del dosso fluviale continentale.

Delta fluviale endolagunare - Si tratta di una forma di deposito deltizio interna alla laguna. I sedimenti sono limitatamente rimaneggiati e i depositi sono generalmente sottili, disposti a ventaglio o digitati lungo i canali deltizi.

Argine naturale di canale lagunare - È una forma di deposito sedimentario ai lati di un canale lagunare generata dalle correnti di flusso e riflusso mareale secondo un processo genetico analogo alla formazione dei dossi fluviali. Gli argini possono arrivare a emergere generando le barene di canale. L'apporto dei sedimenti deriva principalmente dalla bocca di porto.

Area depressa del fondo lagunare - Si tratta di depressioni lagunari pronunciate (generalmente inferiori a 1-1,5 m s.l.m) connesse probabilmente ad

antiche piane di esondazione fluviale, sulle quali vi è stata scarsa deposizione sedimenti lagunari.

Fossa di foce lagunare - Cavità legate alle correnti di flusso e riflusso presenti alle bocche di porto. Possono essere profonde decine di metri (fino a 50 m) e costituiscono i settori più profonde della laguna.

CAPITOLO 3. V.

IL POPOLAMENTO PREROMANO E ROMANO NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

di Paola Furlanetto

3. V. 1 PREMESSA

La documentazione archeologica riferibile all'epoca pre-romana e romana della provincia di Venezia, pur rappresentata in carta da circa 900 siti, si rivela frammentaria e fortemente disomogenea (vedi capitolo 2.VIII in questo volume). Sono molti, in termini assoluti, ma relativamente pochi in percentuale, gli scavi stratigrafici che hanno interessato, negli ultimi decenni, soprattutto i centri di epoca pre-romana e romana di Altino e Concordia, e sono estremamente rari quelli che hanno avuto luogo nel territorio. Molto numerosi invece, sono i rinvenimenti di superficie, frutto di campagne non programmate, ma comunque effettuate da Gruppi archeologici locali sotto il controllo scientifico della Soprintendenza Archeologica del Veneto. A fronte possiamo disporre di molti studi di carattere scientifico e di ricostruzioni geo-ambientali recenti, soprattutto per l'area tra Sile e Tagliamento (CROCE DA VILLA, 1991a; CROCE DA VILLA *et alii*, 1987; MAPPA ARCHEOLOGICA, 2002; CRESCI MARRONE & TIRELLI, 1999, 2001, 2003; GHEDINI *et alii*, 2002). La disomogeneità dei dati, di cui comunque si deve tener conto nell'interpretazione finale, non impedisce di proporre una prima ricostruzione del popolamento in

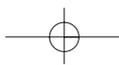




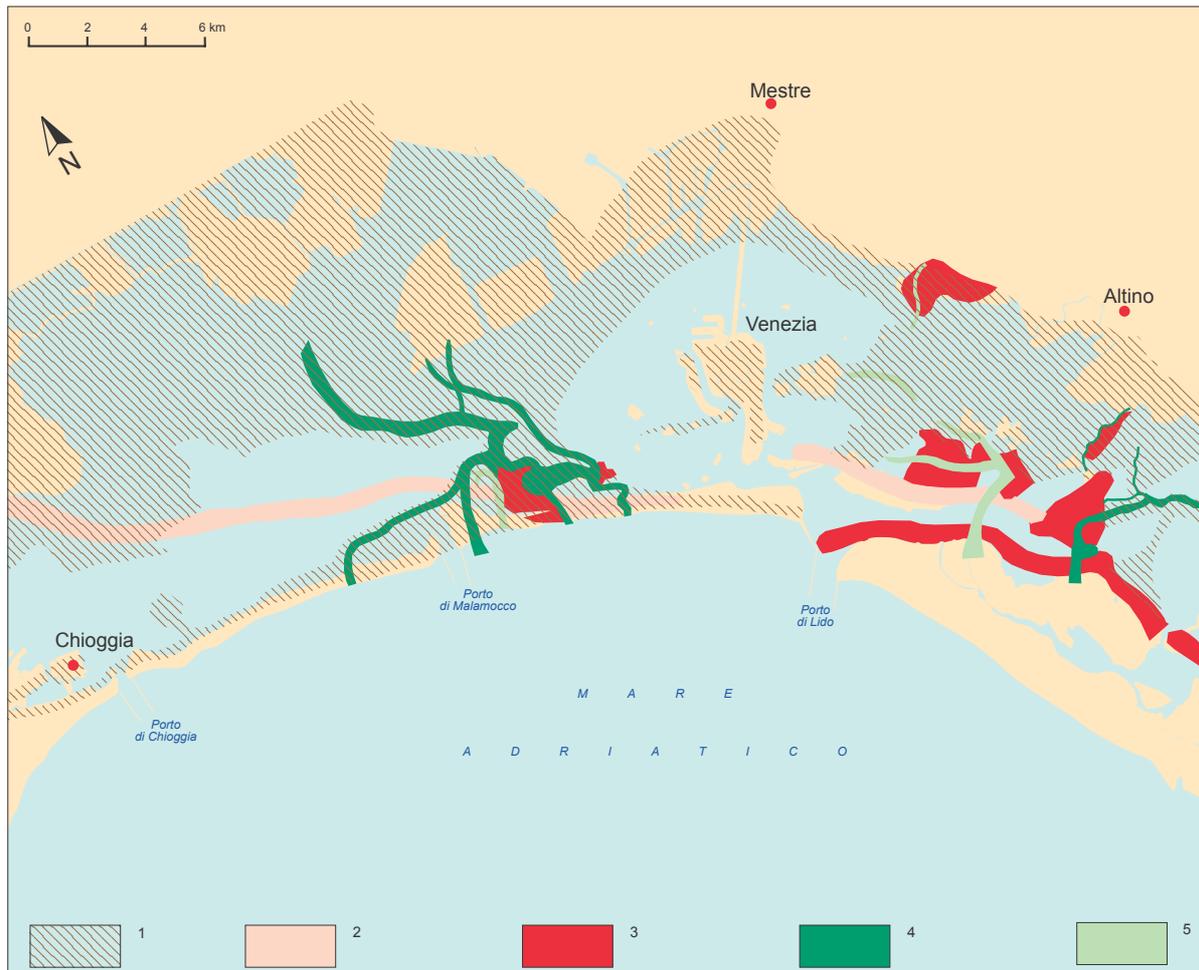
Fig. 3.31. La laguna di Venezia in epoca antica (da CANAL, 1998, modificato).

stretta relazione agli elementi geomorfologici. Le indicazioni che emergono trovano buona rispondenza con i risultati e le ricostruzioni proposte dagli studiosi; un sottile *fil rouge* collega i dati di terraferma e laguna e le informazioni si saldano tra loro formando un quadro unitario, anche se, per certi aspetti, ancora lacunoso. Il primo popolamento risulta fortemente condizionato dai corsi d'acqua e in effetti i ritrovamenti si dispongono soprattutto in prossimità di paleoalvei e sui dossi fluviali, per la quasi totalità di for-

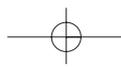
mazione pleistocenica, riutilizzati nell'Olocene come raccolta di acque superficiali, e interpretabili come la costante insediativa più caratteristica dell'area in esame durante l'epoca pre-romana e romana.

3.V.2 IL POPOLAMENTO DAL MESOLITICO ALL'ETÀ DEL FERRO

In base ai dati attualmente disponibili la più antica frequentazione si attesta esclusivamente in un'area compresa tra Marzenego e Piave. Le



Legenda: 1) terre emerse; 2) linee di costa; 3) terre emerse e abitate; 4) paleoalvei del Brenta e del Piave; 5) canale salso.



prime attestazioni sono riferibili a una fase recente del Mesolitico antico (Sauveterriano) e sono localizzate, ad Altino, in località Vallesina nei pressi del paleoalveo pleistocenico del Brenta, e a Dese - Casa Querini, sul dosso di Scorzè, (vedi paragrafo 4.IV.3 in questo volume). A fasi recenti del Mesolitico (Castelnoviano), caratterizzate da un miglioramento delle condizioni climatiche, riportano i rinvenimenti in superficie sul dosso pleistocenico di Meolo, già disattivato, e a Dese-Periferia nord, a Mestre, in via Po, Torino, Orlanda e a Marcon-San Liberale (CASTIGLIONI & FAVERO, 1987; BROGLIO *et alii*, 1987; MARSALE, 1990; BIANCHIN CITTON, 1994). Appaiono dunque abitate aree circoscritte e limitate, prossime al margine lagunare attuale e a paleoalvei di antica formazione. Proprio la vicinanza dei siti a corsi d'acqua, ambienti umidi e più ricchi di vegetazione, e l'insediamento su dossi limoso-argillosi, rappresentano le costanti insediative nella bassa pianura nella fase finale del Mesolitico. I rinvenimenti, costituiti per lo più da consistenti quantità di strumenti litici, come nuclei, prodotti della scheggiatura, raschiatoi, grattatoi e armature geometriche, offrono dati insufficienti a chiarire attività economiche e caratteristiche insediative. Il confronto con altri siti coevi meglio indagati e la presenza di conchiglie di molluschi interpretati come resti di pasto (BROGLIO *et alii*, 1987a) fanno supporre che queste zone fossero frequentate da cacciatori-raccoglitori, dediti a caccia, pesca e raccolta. Le scelte insediative estremamente selettive del Mesolitico vengono via via sostituite da un'occupazione del territorio sempre più estesa e caratterizzata da un intervento antropico sempre più evidente. Le prime tracce di questo intervento risalgono al Neolitico, puramente indiziarie per quanto riguarda il territorio in esame, ma ben documentate in un sito a Biancade appena a nord dell'area indagata (BIANCHIN CITTON, 1996b). I risultati dello scavo e delle analisi paleoarcheobotaniche e faunistiche, rivelano un ambiente dominato da querceto e caducifoglie, con presenza di pioppo, tiglio, frassino e popolato da una comunità dedita alla

pratica dell'agricoltura, come suggeriscono i pozzetti-silos e la presenza di macine e macinelli, e all'allevamento, attestato dalla prevalenza di animali domestici su quelli cacciati (BIANCHIN CITTON, 1996b). Nel Neolitico-Eneolitico si ripropone la scelta insediativa dell'età precedente: siti sono attestati a Altino, Losson, Marteggia, Mestre, Tessera, Campalto, Dese e Lova in prossimità di paleoalvei del Brenta, ad Altino, del Vallio di Marteggia e del Carmason o sui dossi degli antichi percorsi fluviali di Scorzè e di Mogliano-Marcon e anche nei pressi del tracciato prossimo al margine lagunare della *via Annia* di epoca romana. I ritrovamenti a Venezia-Fondaco dei Turchi, Palazzo Papadopoli e Albergo Ascensione, nei pressi di piazza San Marco, ascrivibili a un orizzonte cronologico tardo Neolitico-Eneolitico, costituiscono le più antiche attestazioni nella laguna (URBANI DE GHELTOF, 1880-1881), ma non sono per ora meglio interpretabili. Allo stesso orizzonte cronologico si riferiscono alcune asce di pietra levigata polifunzionali, usate come armi o legate alla deforestazione di aree boschive da recuperare al pascolo e alla coltivazione, rinvenute lungo il Musestre e il Vallio di Marteggia, a Lova, sul dosso di Boion (LEONARDI, 1941); sono riferibili a un orizzonte eneolitico alcuni reperti litici, soprattutto pugnali, probabilmente da contesto funerario, attestati nella bassa pianura a Altino-Ca' Noghera, Ca' Bortolato, a Mestre-Ca' Solaro, a Trivigiano-località Prè, a Maerne-località Olmo e Martellago-Località Olmo (MALIZIA, 1985; BIANCHIN CITTON, 1994). Durante l'età del Bronzo si assiste a una prima e più complessa forma di organizzazione territoriale: gli abitati di Cittanova, San Gaetano di Caorle e Concordia sono localizzati in posizione strategica e funzionale a collegamenti viari, fluviali, marittimi e endolagunari. Non sono attestati siti riferibili all'età del Bronzo antico nell'area in esame, come assenti o attualmente difficili da riconoscere (BIANCHIN CITTON, 1994) sono i ritrovamenti dell'età del Bronzo medio (XVI-XIV secolo a.C.), ben documentati invece negli alvei e in prossimità dell'alto corso del Sile, dalle sor-

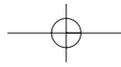
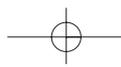


Fig. 3.32. Vista aerea dell'Ottagono Abbandonato a Malamocco.

genti a Casier, del Piave tra Zenzon e Salgareda e del Livenza (GERHARDINGER, 1984; PETTARIN, 1997; BIANCHIN CITTON & MALNATI, 2001). Solo nell'età del Bronzo recente (XIII-XII secolo a.C.) si assiste all'occupazione dell'intera area perilagunare in concomitanza con l'intensificarsi e il dilatarsi delle attestazioni insediative in tutta la pianura veneta orientale (BIANCHIN CITTON, 1994). La distribuzione dei siti sembra disporsi preferibilmente sui dossi sabbiosi, o in prossimità di paleoalvei, lungo percorsi fluviali e terrestri, secondo una logica insediativa già documentata e evidenziata in altre aree. A partire dal margine meridionale della provincia di Venezia risultano abitati, e probabilmente in parte attivi, il ramo settentrionale del Po, o un antico corso dell'Adige, i corsi d'acqua pertinenti ai dossi di Boion, di Scorzè, di Mogliano - Marcon; nell'area di Altino i paleoalvei del Carmason e del Brenta,

il paleoalveo della Canna, il paleoalveo del Vallio di Marteggia, i deflussi corrispondenti al dosso di Meolo, al dosso del Piovan - Piveran, al dosso di Blessaglia - Spadacenta e il Lemene - Reghena. La disposizione dei siti in allineamento e la presenza di un ponte datato all'età del Bronzo finale (vedi scheda "Il progetto Ca' Tron: un'indagine integrata" di BASSO, BONETTO, BUSANA & GHEDINI, in questo volume) suggeriscono l'esistenza di un percorso, trasversale ai corsi d'acqua, che sembra seguire l'intero margine perilagunare. Probabilmente collegate tra loro e al centro di direttrici terrestri, fluviali e marittime si rivelano l'area di Altino, Cittanova, Concordia e San Gaetano di Caorle. A una via endolagunare e all'esistenza di traffici e rotte adriatiche e egeo-orientali rimandano i ritrovamenti di vasi micenei a Torcello e Mazzorbo (DI FILIPPO BALESTRAZZI, 2000; FAVARETTO, 1982) che sembrano avere come



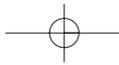
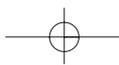


Fig. 3.33. Suggestiva immagine della pronunciata erosione di sponda sull'Ottagono Abbandonato a Malamocco.

capolinea la zona di Altino, dove i siti si dispongono nei pressi del Carmason - Sioncello e del paleoalveo del Brenta in località Vallesina, le Brustolade e Le Maraschere (BIANCHIN CITTON, 1994; SALERNO, 2002, p. 49). Anche il ritrovamento di un vaso biconico, databile al XIV-XIII secolo a.C. (ROSSIGNOLI, 2003; CANAL, comunicazione personale) a Lio Piccolo, sull'antica linea di costa individuata da CANAL (1998), pur trattandosi di labili indizi, potrebbero rimandare a un'altra direttrice endolagunare che lungo il canale Cenesa - San Felice, portava al Lanzoni e al nodo idraulico verso il quale defluivano il Vallio di Marteggia e l'antico percorso del Meolo. Un ruolo importante doveva rivestire l'esteso abitato dell'età del Bronzo recente di Cittanova, situato sul dosso del Piveran - Cittanova, sull'antico percorso del Piave, ai margini di una laguna

(BLAKE *et alii*, 1988; FAVERO & SALVATORI, 1992; SALVATORI, 1989; 1990). Sempre ai margini di una estesa laguna e lungo una importante direttrice fluviale e marittima doveva trovarsi Concordia, collegata al sito di San Gaetano di Caorle e al mare attraverso il Lemene - Reghena (BIANCHIN CITTON, 1996a; 1999; 2001; DI FILIPPO BALESTRAZZI, 1999). Scavi recenti hanno rivelato l'esistenza a Concordia di un abitato esteso e fiorente dall'età del Bronzo recente fino alla prima età del Ferro, caratterizzato da un elevato grado di sistema di bonifiche strutturali e spondali, peraltro documentate anche a San Gaetano di Caorle (BIANCHIN CITTON, 1996a). Risultano insediata le zone più elevate di un esteso dosso fluviale delimitato, a occidente e a oriente, da valli fluviali incise di antica origine e occupate prima dalle lagune e quindi dalle alluvioni del



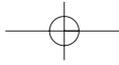


Fig. 3.34. In alto. Sacca Le Case, Tessera, pavimento di epoca romana.

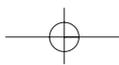


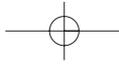
Tagliamento che occupò i corsi di Lemene e Reghena. L'abitato, in posizione strategica, situato su un alto morfologico e in collegamento con

Fig. 3.35. In basso. Schizzo della laguna compresa tra Santa Maria degli Angeli, San Matteo, San Maffeo, San Giacomo della Palude, il Lazzaretto Nuovo, San Nicola della Cavana, Mazzorbo, Torcello, San Francesco e l'entroterra da Tessera fino al Sile, 1501 (ASVE, Miscellanea Mappe, 912).

il mare, costituiva il fulcro di un sistema economico e commerciale che coinvolgeva rotte marittime e mercati alpini. Dagli scavi emerge il suo ruolo di emporio, centro di raccolta, per vie terrestri, fluviali e marittime, e di smistamento delle merci verso altre direttrici, indirettamente confermato anche dal ritrovamento di un pane in bronzo in località San Giusto, nei pressi dell'abitato nord-occidentale e da un pettine in osso proveniente dal centro polesano di Frattesina a San Gaetano di Caorle (BIANCHIN CITTON, 1996c; 1996d).

Nell'età del Ferro è documentata l'apertura di nuove vie di traffico marittimo, endolagunare, e terrestre, i cui capolinea si rivelano Altino in laguna, in maniera minore Concordia nell'entroterra e Adria e Spina nell'Adriatico. La forte ridu-





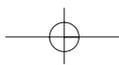
zione che caratterizza l'abitato di Concordia a partire dal VII secolo a.C. viene messa in relazione dagli studiosi con lo spostamento degli interessi economici verso altre aree e altre rotte endolagunari controllate da Altino (DI FILIPPO BALESTRAZZI, 1999; CAPUIS & GAMBACURTA, 2003). Si riconferma il tracciato della via perilagunare soprattutto nel tratto Altino-Concordia. La distribuzione dei siti mostra l'esistenza di comparti territoriali sottoposti al controllo di centri ormai protourbani. Si assiste all'instaurarsi di un rapporto dialettico tra aree archeologicamente vuote, e apparentemente disabitate, e aree insediate (LEONARDI *et alii*, 1984). Le prime, che analisi botaniche confermano sottoposte a attività di deforestazione, agricola e pastorale (vedi paragrafo 4.III.3 in questo volume), risultano controllate da Altino, Concordia, Oderzo e Padova, anche attraverso una rete viaria ormai consolidata. Si delinea l'esistenza di due grandi comprensori terrestri, gestiti da Padova e Altino, che estendono la loro influenza sulla laguna e su importanti rotte endolagunari e marittime. Padova sembra controllare il territorio centro meridionale e probabilmente attraverso un fiume, forse identificabile nel *Meduacus* citato da Livio e Strabone, "gestiva" il santuario di Lova e dirigeva un traffico endolagunare e marittimo che si snodava, attraverso il canal Chornio e il canal Mazor, per San Leonardo in Fossa Mala fino a Malamocco dove è stato individuato il probabile porto ricordato da Strabone (vedi paragrafo 4.V.2.b(iii); fig. 4.53). Ai margini della laguna era invece situato Altino, a controllo di un'area che si estendeva fino a nord di Treviso (FURLANETTO, 1984a; 1994; 1998) e comprendeva gran parte della laguna nord. Vie d'acqua la delimitavano e defluivano in laguna attraverso due possibili direttrici. Il canale di Santa Maria, dove è localizzato un importante santuario-emporio (TIRELLI, 2000; TIRELLI & CIPRIANO, 2001), sembra proseguire in un percorso scandito dal ritrovamento di ceramica attica e di prodotti d'importazione da area etrusca e centro italica che scorreva nei pressi di Mazzorbo, Torcello, San

Tommaso dei Borgognoni, San Giacomo in Paludo fino alle Vignole e a Sant'Erasmo (vedi paragrafo 4.IX.3, fig. 4.95 in questo volume), dove è stata identificata un'antica linea di costa (CANAL, 1998). Il Carmason - Sioncello poteva proseguire nel Sil Vecchio, La Dossa fino a Treporti, come sembra indicare il rinvenimento di una imbarcazione, di un marginamento spondale, a conferma della presenza di un fiume, e di edifici databili al VI-V/ III-II secolo a.C. lungo il suo percorso (CANAL, 1998).

3. V. 3. IL POPOLAMENTO IN EPOCA ROMANA

3. V. 3a. *I lineamenti generali*

Profonde trasformazioni ambientali sono documentate a partire dal II secolo a.C. in terraferma e in laguna. Ha inizio nel II secolo a.C. una fase di trasgressione marina che ha come inevitabile conseguenza l'abbassamento del livello marino e la progressiva emersione di intere aree lagunari (DORIGO, 1983; 1994a, 1995a; BONARDI *et alii*, 1998; CANAL & CAVAZZONI, 2001; ALBEROTANZA *et alii*, 1977; fig. 3.31). Alla fine del I secolo a.C. la documentazione archeologica rivela una laguna parzialmente emersa: il margine lagunare interno è più avanzato rispetto all'attuale; risultano emerse e densamente abitate aree, ora barenose, nei pressi del canale Bondante, a Fusina, l'area di Sacca Le Case, nei pressi di Tessera (fig. 3.34; 3.41; 3.42), e la zona, attualmente barenosa, di Ca' Zane-Ronchi, a sud del Taglio del Sile. Analisi sedimentologiche confermano l'assenza di un fiume e l'instaurarsi di un ambiente lagunare nell'area di Sette Soleri-Barena del Vigno, dove scorreva un corso d'acqua nell'età precedente (vedi paragrafi 4.IX.3 e 4.IX.4 in questo volume). L'area compresa tra Torcello e Burano doveva essere completamente emersa: le isole di Torcello e Mazzorbo erano probabilmente coltivate, ma non abitate stabilmente come suggerisce CANAL (1998) e come sembra essere indicato dalle indagini archeologiche che non hanno per ora evidenziato insediamenti stabili, ma solo la presenza di materiale d'epoca romana in terreno di riporto. Al contrario si



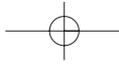


Fig. 3.36. Isola di S. Lorenzo di Ammiana, veduta aerea degli scavi archeologici.

mostra densamente abitata l'area contigua alle due isole, oggi sommersa, dove E. Canal ha rilevato la presenza di edifici, di strade e una probabile struttura portuale. L'area dello Scanello era collegata al mare attraverso un canale salso (fig. 3.31) e probabilmente ad Altino attraverso un corso d'acqua di cui per ora ignoriamo il percorso. Scavi archeologici recenti mostrano tracce dei profondi cambiamenti ambientali che sembrano aver interessato anche Altino all'inizio dell'età romana. Le fonti ci restituiscono un'immagine della città in quest'epoca: Strabone la colloca *circum paludes* e la paragona a Ravenna «costruita interamente in

legno e attraversata dall'acqua; vi si circola perciò su ponti e su barche» (STRABONE, *Geographica*, V, 7). Anche Vitruvio descrive le *Gallicae paludes qui circum Altinum* ed esalta la salubrità dei luoghi, resa possibile dalla costruzione di canali fino alla costa, che garantivano il flusso e il deflusso delle acque attraverso le maree (VITRUVIO, *De architectura*, I, 4, 11-12). E la presenza di acque salmastre nei canali che circondavano il centro antico è documentata dal ritrovamento di sedimenti lagunari rinvenuti sotto le fondazioni della Porta urbana settentrionale (TOMBOLANI, 1985b). Rimandano invece a un ambiente di acqua dolce le stratificazioni che si

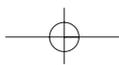


Fig. 3.37. In alto. Particolare del pavimento di epoca romana rinvenuto nell'Isola di San Lorenzo di Ammiana.



accregono in appoggio alla struttura della porta, la cui costruzione è databile alla prima metà del I secolo a.C. (TOMBOLANI, 1985b; GAMBACURTA, 1992). L'avvenuta sostituzione all'interno della città delle acque dolci, determinata dalla trasgressione marina, viene indirettamente confermata anche dalla chiusura di un allevamento di ostriche, il cui mantenimento è condizionato dalla presenza di acque salmastre, e dell'obliterazione del fossato che lo ospitava alla fine del I secolo a.C. (BALISTA & SAINATI, 2003). L'esclusione delle acque salmastre da Altino viene messa in relazione (BALISTA & SAINATI, 2003) alla riorganizzazione idraulica che, a partire dai primi decenni del I secolo a.C., interessa i canali che delimitavano e attraversavano la città e all'apertura di quello del Sioncello che metteva in collegamento il Sile, Altino e la laguna (TIRELLI, 1999; 2001). Alla fine del I secolo a.C. è ormai compiuto il riassetto urbanistico e territoriale così profondo da mutare completamente e per sempre il paesaggio del territorio che coincide oggi con la provincia di Venezia. Le città di *Altinum*, *Patavium*, *Opitergium*, *Atria* e *Iulia Concordia*, a partire dalla seconda metà del II secolo a.C., ma soprattutto con l'acquisizione, nella seconda metà del I secolo a.C., del titolo di città romane a tutti gli effetti (SARTORI, 1981; CAPOZZA, 1987; BUCHI, 1989; GABBA, 1990), diedero l'avvio a una profonda riorganizzazione urbanistica dei centri, secondo canoni romani, e procedettero alla definizione dei confini e a sistematiche operazioni di divisioni agrarie dei territori di

Fig. 3.38. In basso. Pavimento di epoca romana in corso di scavo (Isola di San Lorenzo di Ammiana).

pianura (LURASCHI, 1979; 1993).

3. V. 3. b. *La rete viaria*

Una rete stradale, il cui tracciato si rivela senza soluzione di continuità con i percorsi delle epoche precedenti, si diparte a raggera dai centri di Altino e Concordia (BOSIO, 1991; ROSADA, 1999; TIRELLI, 2002a). La strada che li unisce costituisce un tratto di una lunga via perilagunare che da Adria, Monsole, Lova, Sambruson, Porto Menai, Altino, Concordia arriva al Tagliamento e poi a Aquileia. Questo percorso non coincide con il tracciato della *via Annia* fatta costruire, secondo gli studiosi, da Tito Annio Lusco (153 a.C.), o da Tito Annio Rufo (131 a.C.) e stesa da Adria per Padova, Altino, Concordia e Aquileia (BOSIO, 1990; 1991;



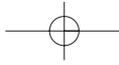
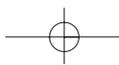


Fig. 3.38. . Isola di S. Cristina. In primo piano sono visibili strutture sommerse di epoca romana.

DORIGO, 1994a; MACCAGNANI, 1994; BASSO, 2002). Di questa strada si conosce la stazione di partenza, Aquileia, grazie alle iscrizioni che la nominano (CIL, V, 7997, 7992 = ILS 5860), ma rimane ignoto l'altro capolinea, che gli studiosi identificano appunto con Adria. Qui arrivava da Rimini la *via Popillia*, fatta costruire dal console Publio Popillio Lenate nel 132 a.C., come testimonia un miliare ritrovato alla periferia sud-ovest della città (CIL, V, 8007 = ILS, 5807), e da Adria nella carta geomorfologica è cartografato un lungo rettilo, in

proseguenza della via, che con orientamento nord-sud si dirige verso l'Adige e che con un altro rettilo raggiunge Monsole. A ovest di questo tracciato la fotointerpretazione ha rilevato un tratto di strada con direzione nord-ovest da Rottanova a Agna, che nel nome sembra ricordare proprio il passaggio della *via Annia*. Nessun itinerario antico riporta il percorso Adria - Aquileia, né tantomeno il tratto Padova - Adria; solo nell'*Itinerarium Antonini* (281, 1-282, 2) viene descritto quello da *Bononia, Mutina, Vico Sernino, Vico Variano,*



Anneiano, Ateste, Patavis, Altino, Concordia, Aquileia. Il percorso di una strada perilagunare da Ravenna ad Altino, con le stazioni di sosta e le relative distanze, è invece raffigurato nella *Tabula Peutingeriana* (Segmento III, 4-5; BOSIO, 1983), databile al IV-inizi V secolo d.C. che riporta, per il nostro territorio, le stazioni di *Fossis*, riconosciuto in Corte Cavanella (SANESI MASTROCINQUE, 1984; 1987); *Evrone*, il *Portus Aedro* menzionato da Plinio, identificato nell'odierna Vallonga (BOSIO, 1967; ROSADA, 1980); *Mino Meduaco* equivalente a Lova, *Maio Meduaco* corrispondente all'odierna Sambruson, *Ad Portum* identificabile con Porto Menai, Altino, Concordia e Aquileia. Su questo tracciato si innesta ad Altino la strada che proviene da Padova e prosegue fino a Milano. Non si vuole entrare in merito alla questione, complessa e ancora non risolta, dell'attribuzione del nome, della datazione e dell'articolazione del percorso, ma, in questa sede si propone la via perilagunare da Adria al Tagliamento, messa in luce dalla fotointerpretazione e confermata dai dati archeologici, come un percorso unitario di cui si sottolineano i caratteri di regolarità nella collocazione paleogeografica, il caratteristico andamento a tratti spezzati, diversamente orientati, lungo tutto il suo itinerario, la continuità con il tracciato di epoca protostorica, la parziale coincidenza con la raffigurazione di una via perilagunare da Ravenna a Aquileia riportata nella *Tabula Peutingeriana*, che ne conferma la stabilità e la vitalità fino al IV secolo d.C. Un percorso perilagunare da Adria a Concordia e Aquileia, dunque, che alcuni autori chiamano *via Popillia-Annia* (BOSIO, 1990; MACCAGNANI, 1994) diretta prosecuzione della *via Popillia*, e per questo forse databile al 131 a.C., ma non necessariamente la *via Annia*. Un percorso che non esclude né l'esistenza di una *via Annia* diretta da Adria a Padova e Altino (PESAVENTO, 1986), della quale abbiamo comunque scarse testimonianze, né, tantomeno, di una via Padova, Altino, Concordia, Aquileia, ricordata negli Itinerari di epoca tarda (*Tabula Peutingeriana*, Segmento III,4-5; *Itinerarium Antonini*, 126, 1-9; *Itinerarium Burdigalense*, 557, 10-559, 11) come un

tratto della strada Milano-Aquileia e confermata dalla presenza, in questo tratto, di ben 25 miliari (BASSO, 1986; 2002). La strada, messa in luce in molti suoi tratti dalla Commissione per la Deputazione di Storia Patria alla fine del 1800 (BAROZZI *et alii*, 1883a; 1883b; 1883c; 1884), misurava fino a 18 m di larghezza, era fiancheggiata da ampi fossati e era ricoperta da un manto stradale in ciottoli e ghiaia. Questa si mantiene per tutto il suo percorso a una distanza costante dal margine lagunare antico e mostra un buon adattamento agli elementi geomorfologici. Il tracciato variamente orientato, secondo una linea spezzata, consente molto spesso di evitare sia le aree depresse a quote inferiori lo zero che i dossi sopraelevati. Talora anche la natura litologica della superficie sembra condizionare l'andamento del tracciato, preferendo terreni ben drenati ai terreni di natura argillosa.

3. V. 3. c. *Le direttrici fluvio-lagunari*

Le vie d'acqua in terraferma trovano collegamenti con antichi alvei fluviali rilevati in laguna, in prossimità dei quali sorgono strutture abitative e portuali (vedi paragrafo 4.IX.3 in questo volume). Vivacità di traffici e di merci emerge dalla quantità, qualità e provenienza di reperti archeologici recuperati in laguna che solo uno studio sistematico potrà meglio precisare. Lo studio di alcune classi di materiali (MODRZEWSKA, 1985; MODRZEWSKA-PIANETTI, 2000) e la distribuzione dei siti sembrano confermare come direttrici attive in età romana il percorso che proseguiva in laguna dal Canale di Santa Maria fino a Sant'Erasmus, Le Vignole, e la via d'acqua che attraverso Siletto e Meolo proseguiva nel Lanzoni, nel canale San Felice e nel Cenesa, in parte coincidente con un paleoalveo identificato da E. Canal e da lui attribuito a un antico alveo del Piave. Il fiume con un ramo si dirigeva verso Lio Piccolo, antica linea di costa, dove recenti scavi hanno messo in luce una cisterna per acqua dolce e probabilmente un molo e dove i toponimi *Paleassa* e *Padeula*, presenti nei documenti archivistici, indicano uno specchio d'acqua, "lago" nella terminologia lagunare e sono in gene-



re collocati alla foce di un fiume.

3. V. 3. d. *Le centuriazioni*

Un attento controllo idraulico si manifesta nella costruzione di *fossae* (DAVANZO & DAVANZO, 2002) e nei marginamenti di sponda, a cui vengono sottoposti gli alvei di corsi d'acqua in terraferma e laguna, nelle opere di arginatura collegate a percorsi viari rilevate in laguna (CANAL, 1998) e nelle canalizzazioni messe in luce sul dosso del canale di Cittanova (FAVERO & SALVATORI, 1992; SALVATORI, 1989; 1990). Un sistematico controllo delle acque sottende, anche e soprattutto, alle vaste operazioni di divisioni agrarie a cui viene sottoposto l'intero territorio in esame e che permetterà una occupazione sparsa e diffusa in aree disabitate nelle epoche precedenti. La rete di appezzamenti regolari, le *centuriae*, di norma quadrati di 20x20 *actus* (710 x 710 m), ottenute attraverso la costruzione di strade, *kardines* e *decumani*, paralleli e ortogonali tra loro, assolveva a una duplice funzione: strumento amministrativo-catastale, e, al contempo, sistema di bonifica. La regolarità geometrica consentiva una facile suddivisione dei lotti e la loro assegnazione ai coloni, mentre l'orientamento secondo la naturale pendenza del terreno e la rete di canali che affiancavano la costruzione di cardini e decumani, facilitavano il deflusso delle acque nei terreni argillosi, impermeabili e paludosi e garantivano l'irrigazione in quelli aridi e per-

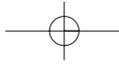
meabili. Sono ben otto le centuriazioni identificate nel territorio in esame, pertinenti ai municipi di Adria, Padova, Altino, Oderzo e Concordia. I fiumi assolvono in questo contesto a una duplice funzione, da una parte paleoalvei e dossi si confermano come elementi di forte attrazione insediativa, anche all'interno delle centuriazioni, dall'altra, come elementi di discontinuità geomorfologica, costituiscono, secondo le prescrizioni degli agrimensori, il confine naturale tra gli agri centuriati (REGOLI, 1983; fig. 3.40). Vengono riportati orientamento e modulo di ciascun reticolo desunti dalla bibliografia disponibile aggiornata e verificati sul modello digitale (elaborazioni dati di F. Ferrarese, tab. 6).

Sono quattro i moduli presenti: quello classico di 20 x 20 *actus* è il meglio rappresentato nelle centuriazioni di Padova (DORIGO, 1983; MENGOTTI, 1984a; PESAVENTO MATTIOLI, 1984), Oderzo (DORIGO, 1983; RIGONI, 1984) e Concordia (BOSIO, 1965-66; DORIGO, 1983; PANCIERA, 1984); Adria (ZERBINATI, 1984; PERETTO & ZERBINATI, 1987; TOZZI, 1987) presenta un modulo di 8 x 8 *actus* e di 27 x 27 *actus*; le due centuriazioni di Altino ne hanno uno di 30 x 40 *actus* (DORIGO, 1983; MENGOTTI, 1984b). Solo la centuriazione di Adria, impostata sul tracciato della via perilagunare, segue l'orientamento meridiano, in tutti gli altri casi sono diversamente orientate (fig. 3.40). Per verificare l'adattamento della centuriazione alla

Tab. 6. Rapporto tra la pendenza naturale e quella delle centuriazioni.

	Orientamento decumani	Direzione media di massima pendenza (azimuth)	Angolo di declinazione	Pendenza media (%)
Adria	97	103	6	0,09
Padova S	101	115	14	0,16
Padova N	106	128	22	0,15
Altino 1	93	128	35	0,16
Altino 2	118	134	16	0,11
Oderzo	134	117	-17	0,09
Concordia	143	158	15	0,25
Adria 2	134	157	23	0,25



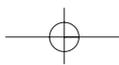


pendenza del terreno sono stati inseriti i dati relativi all'orientamento, al modulo e all'estensione della *limitatio* sul relativo modello digitale del terreno. È stata calcolata la direzione di massima pendenza che varia a seconda della morfologia e si è ottenuto un valore medio per ogni area. Infine per ciascuna di esse si è calcolata la pendenza media in percentuale. Si è così ottenuto l'orientamento del reticolo secondo i decumani rispetto all'orientamento della media della direzione di massima pendenza del terreno dell'area su cui insiste la *limitatio*. Si ha un adattamento ottimale alla media della massima pendenza quando il risultato è prossimo allo zero, in questo caso i *decumani* della centuriazione sono paralleli alla pendenza e si verifica la massima adattabilità alla morfologia e al deflusso naturale delle acque. Il caso di Adria mostra un ottimale adattamento alla pendenza con uno scarto di 6°, mentre ne mostrano uno buono tutte le altre centuriazioni. La centuriazione dell'agro occidentale di Altino I (Scorzè), con uno scarto di 35°, sembra mal adattarsi alla pendenza media del terreno. Non trova per ora spiegazioni convincenti la scelta di questo orientamento, ma suggerisce alcune considerazioni: nel calcolo della pendenza media non sono stati presi in considerazione eventuali fenomeni di subsidenza o movimenti neotettonici che potrebbero aver influito, sia pur per pochi gradi, sull'andamento generale delle superfici (CASTIGLIONI, 1992). Sono scarse le tracce conservate sul terreno sulle quali si basa la proposta di ricostruzione di un reticolo così orientato (MENGOTTI, 1984b). La recente elaborazione desunta da immagini telerilevate (BAGGIO & PRIMON, 2000) mostra la presenza in quest'area di linee diversamente orientate in prosecuzione dei *limites* della centuriazione di Padova. Una divisione agraria diversamente orientata è da considerarsi come pura ipotesi di lavoro e, come tale, ha necessità di severe verifiche ma, qualora venisse confermata, potrebbe significare l'estensione del controllo politico, economico e amministrativo di Padova anche su questo territorio.

3. V. 3. e. *La documentazione archeologica*

La documentazione archeologica, che rappresenta quasi i due terzi dei dati disponibili, si riferisce a edifici rustici inseriti nelle maglie della centuriazione e databili alla fine del I secolo a.C.-inizi I secolo d.C. La quasi totalità dei siti è riferibile a edifici rustici di tipo non meglio precisabile, soprattutto indiziati dal recupero in superficie, effettuato in seguito ad arature, di materiali laterizi da costruzione come mattoni, tegole e coppi, e oggetti legati all'*instrumentum domesticum*, frammenti di ceramica comune e da mensa, anfore, pesi e attrezzi agricoli. Il rinvenimento di materiale di pregio, frammenti architettonici e di intonaci parietali, tessere musive, ma anche di doli, macine, pesi da telaio e attrezzi agricoli, indiziati di aree residenziali e produttive, sono testimonianza della presenza di edifici più articolati, vere e proprie ville rustiche.

L'esistenza di impianti produttivi annessi ad aree residenziali è confermata anche da uno scavo a Musile di Piave, nei pressi della via Annia, che ha messo in luce, proprio accanto a tre pozzi e tre vasche, un edificio interpretabile come area a destinazione produttiva o magazzino (CROCE DA VILLA, 1996). Appaiono intensamente abitate le sponde del dosso del *Tiliaventum Maius*: sono documentati edifici rustici e *villae*, dotate di *pars rustica* e *urbana*. Ad attività produttive legate alla vite e alla produzione del vino rimanda il ritrovamento di semi d'uva e di un *torcularium* in una villa scavata a Marina di Lugugnana, in prossimità dell'antico corso del fiume (CROCE DA VILLA *et alii*, 1987). Risultano invece legati alla pesca e al suo commercio, gli ami, le reti e un'anfora piena di conchiglie rinvenuti nello scavo di un edificio rustico a Lugugnana in località Tomba, (CROCE DA VILLA, 1989). Piccole necropoli prediali sono spesso documentate nei pressi degli edifici. Appare intensamente abitata anche l'area tra Sile e Piave, dove gli edifici erano probabilmente inseriti nelle maglie della centuriazione, ma, dotati spesso di impianti produttivi e di banchine d'approdo, si disponevano preferibilmente sui dossi di corsi d'acqua di modesta portata, ed erano probabilmente collegati al percorso endolagunare del



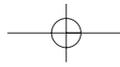
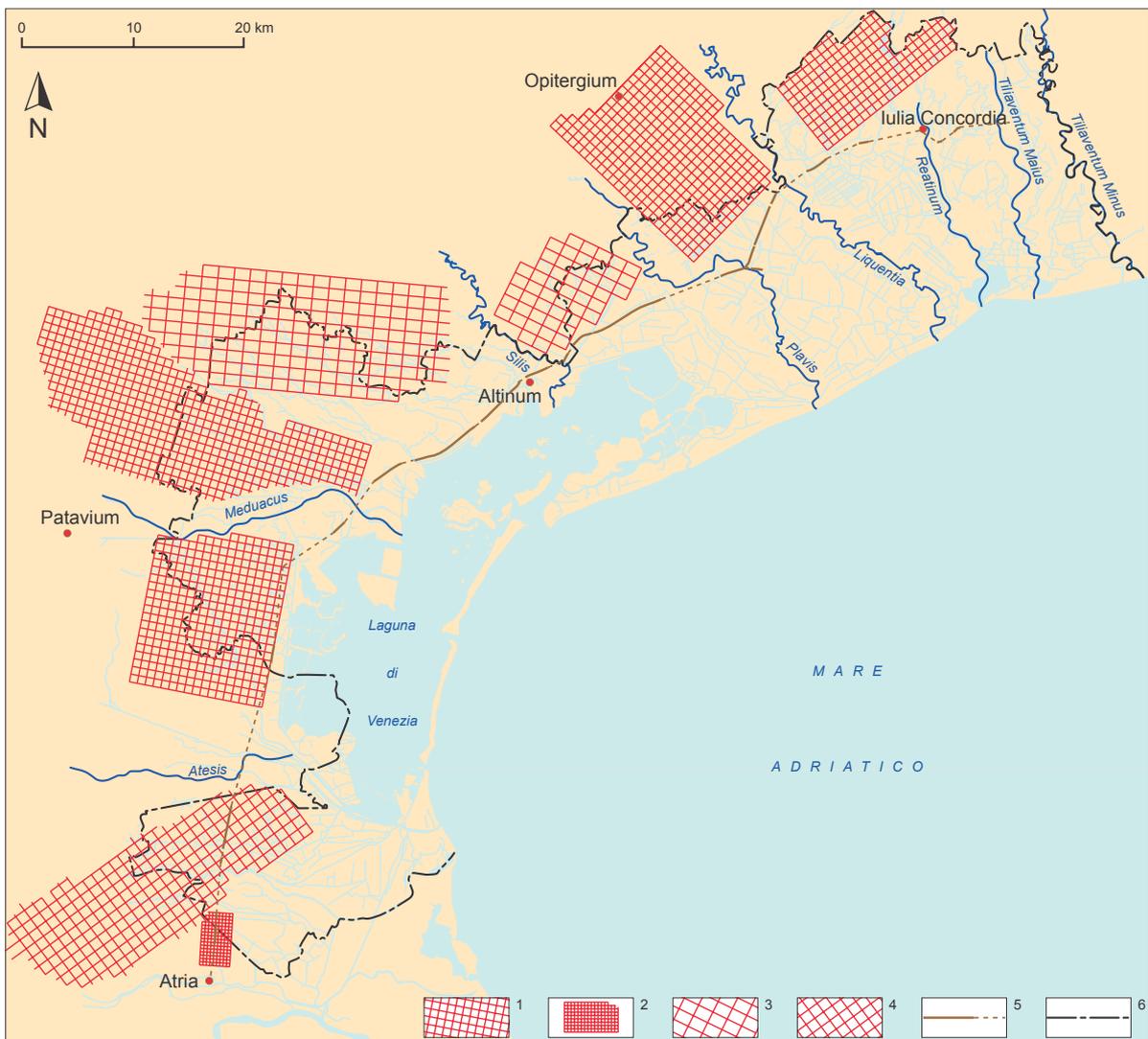


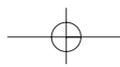
Fig. 3.40. Le centuriazioni di epoca romana di Atria, Patavium, Altinum, Opitergium e Iulia Concordia nel territorio della provincia di Venezia.

Lanzoni - Cenesa. E intensamente abitati e coltivati risultano gli spalti del dosso di Cittanova dove la fotointerpretazione e una serie di carotaggi continui hanno messo in luce una fitta rete di canali artificiali (BLAKE *et alii*, 1988; FAVERO & SALVATORI, 1992; SALVATORI, 1989; 1990). A partire dal II secolo d.C. si assiste a una drastica riduzione dei siti

archeologici, riflesso di una crisi più generale, politica ed economica che investe tutta la Cisapina (GELICHI *et alii*, 1986; VERZAR BASS, 1986). Nel 169 d.C. Quadi e Marcomanni distruggono Oderzo. Il contraccolpo e la crisi della piccola e media proprietà determinano il progressivo spopolamento della pianura e un altrettanto rapido collasso del



Legenda: 1) 20 X 20 actus; 2) 8 X 8 actus; 3) 30 X 40 actus; 4) 27 X 27 actus; 5) percorso della via perlagunare; 6) confine provinciale.



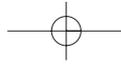


Fig. 3.41. Strutture archeologiche sommerse in laguna di Venezia (Sacca Le Case, Tessera).



sistema centuriato. Profonde sono le trasformazioni ambientali che interessano terraferma e laguna e sono molti gli esempi di interventi atti a contrastare gli effetti di una nuova ingressione lagunare. Un'iscrizione rinvenuta a Aquileia che ricorda un imperatore rimasto senza nome che «fece restaurare la *via Annia*, abbandonata da lungo tempo e rovinata dalle acque palustri che l'invadevano», databile al III secolo d.C., rivela che l'intera area perilagunare era di nuovo minacciata dalle acque (CIL, V, 7997, 7992 = ILS, 5860). Fenomeni di ingressione marina già documentati a partire dal I-II secolo d.C. a Cittanova, lungo l'antico corso del Piave, si concludono nel IV-V secolo d.C. con l'affermarsi nuovamente di un'ambiente lagunare; ne è prova anche il manufatto attrezzato da banchina lignea sostenuta da una palificata rinvenuto all'interno del canale, la cui costruzione è connessa al restringimento dell'alveo a causa dei depositi delle acque ormai salmastre (SALVATORI, 1989; 1990). Fenomeni di ingressione lagunare e interventi atti a contrastarla sono anche documentati nell'area tra Sile e Piave più vicina al margine: episodi di ingressione marina sono accertati nel I secolo a.C. nei pressi del ponte dell'età del Bronzo sul paleoalveo della Canna recentemente scavato (vedi scheda di BANO, BONETTO, BUSANA & GHEDINI, "Il progetto Ca' Tron: un'indagine integrata" in questo volume); sedimenti lagunari sono presenti nella spalletta del ponte romano della Fossetta (CROCE DA VILLA, 1990) e sono forse interpretabili in tal senso anche i marginamenti di

Fig. 3.42. Struttura di tegole collocate di taglio rinvenute all'interno della laguna di Venezia (Sacca Le Case, Tessera).

sponda a cui vengono sottoposti gli alvei dei corsi d'acqua in questa zona (vedi paragrafo 4.III.4 in questo volume). Ma sono soprattutto i siti lagunari, seriamente minacciati dal progressivo e inesorabile innalzamento del livello marino, a mostrare i segni inequivocabili di interventi; sempre più necessari, come la costruzione di argini- strada, che radiotatazioni riferiscono al II-III secolo d.C., come il rialzamento di 40 cm della strada nei pressi di Tessera a Sacca Le Case e come i rari tentativi di rialzamento del terreno accertati da CANAL (1998). Interventi comunque necessari quanto inutili, se nel IV-V secolo d.C. l'avvenuta sommersione di gran parte della laguna costringerà i suoi abitanti all'abbandono definitivo dei siti, ultimo, drastico e drammatico atto della storia della laguna in epoca romana.

