



Ruggero Marocco

PRIMA RICOSTRUZIONE PALEO-IDROGRAFICA DEL TERRITORIO DELLA BASSA PIANURA FRIULANO-ISONTINA E DELLA LAGUNA DI GRADO NELL'OLOCENE

FIRST PALAEO-HYDROGRAPHIC RECONSTRUCTION OF
ISONZO-FRIULI LOW PLAIN AND OF THE GRADO LAGOON
DURING THE HOLOCENE

Riassunto breve - Vengono riportati i primi risultati conseguiti dalla ricostruzione dei percorsi pleistocenici-olocenici dei fiumi Isonzo, Natisone, Torre e Cormor nella bassa pianura friulano- isontina e nella laguna di Grado. È emerso che i paleo-fiumi che disseccavano la piana costiera sono testimoniate da evidenze geomorfologiche (dossi e alvei sepolti), sedimentologiche (depositi via, via più fini), pedologiche (suoli più o meno maturi) messe in evidenza dalla recente cartografia CGT e GeoCGT della Regione Friuli Venezia Giulia e comprovate da indagini geoarcheologiche. La complessa paleo-rete idrografica della piana costiera così ricostruita si prolunga con alcuni bracci anche in laguna e, in parte, in mare. Nella parte emersa i corsi d'acqua palesano una forte instabilità laterale manifestata da frequenti cambiamenti di percorso che hanno portato i paleo-fiumi a giustapporsi, sovrapporsi, erodere e sedimentare le alluvioni precedenti, dando luogo a corpi sedimentari di difficile riconoscimento specifico. Abbinando ai dati di geologia di superficie, quelli ricavati da sondaggi stratigrafici e quelli archeologici si sono ipotizzati alcuni scenari articolati in delta e lagune che ricostruiscono l'assetto della bassa pianura e della costa nell'Olocene.
Parole chiave: Paleo-idrografia, Pianura costiera, Laguna, Olocene, Friuli Venezia Giulia.

Abstract - *The preliminary results by the reconstruction of the pleistocene - holocenic waterways of the Isonzo, Natisone, Torre and Cormor Rivers in the Isonzo-Friuli low plain and in the Grado lagoon are reported. The palaeo-rivers that dry up the coastal plain are identified from geomorphological (fluvial ridge and buried river bed), sedimentological (vertical gradation of deposits) and pedological (maturity of soils) evidences illustrated also in the recent CGT and GeoCGT of the Region Friuli Venezia Giulia cartography. These geological data are supported also by geoarchaeological investigations. The complex palaeo-hydrography network reconstructed in the coastal plain continues seaward in lagoon and nearly offshore where palae-channels have been recognized. The palaeo-channel of the emerged part of the plain shows lateral instability proved by continuous adjustments causing their juxtaposition and overlap, thus producing ubiquitous aggradation and erosion processes on the older alluvial deposits. Thus the architecture resulting of the sedimentary bodies is interpreted with difficulty. By comparing the data from the surface and sub-surface geology (i.e. morphology, pedology, sedimentology and stratigraphy) from the archaeological surveys, some complex sceneries including deltaic and lagoonal environments are hypothesized in the Friuli Venezia Giulia low plain and the Grado lagoon during the Holocene.*

Key words: Palaeo-hydrography, Coastal plain, Lagoon, Holocene, Friuli Venetia Giulia.

Introduzione

È trascorso ormai molto tempo dai primi e illuminanti lavori che hanno trattato le variazioni dei fiumi nell'agro aquileiese in epoca storica (DESIO 1922; COMEL 1932, e via, via tutti gli altri autori in buona parte riportati in bibliografia). Oggi, abbinando il moderno metodo di studio di una pianura alluvionale, mirabilmente applicato da FONTANA 2006 per il settore occidentale della bassa friulana, agli aspetti geologici a essa connessi (soprattutto tettonici) e alle sempre più esaustive ricerche geoarcheologiche condotte negli importanti centri regionali di Aquileia, San Canzian d'Isonzo,

Ronchi dei Legionari, Lisert e della costiera triestina, è possibile delineare le trasformazioni del territorio ad opera dei fattori naturali e antropici, impensabili fino a poco tempo addietro.

Un fondamentale contributo a questa conoscenza è stato apportato dal sistematico rilievo geologico di superficie, finanziato dalla nostra Regione, e attuato da una équipe di geologi che dopo anni di ricerche ha consentito la stesura di una serie di Carte Tematiche, dapprima geologico-tecniche (CGT; Regione Friuli Venezia Giulia, 1997-2008) e in seguito geologiche (GeoCGT; Regione Friuli Venezia Giulia, 2005-2009), redatte dal Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine

dell'Università di Trieste, con la collaborazione dell'Università di Udine (Fogli Lignano Sabbiadoro, Gorizia, Grado e Palmanova, alla scala 1: 10.000). La possibilità, poi, di indagare il tempo di formazione di ben determinati orizzonti pedologici e quello di deposizione o di erosione dei sedimenti con metodiche diverse (maturità dei suoli, datazioni radiometriche, termoluminescenza e datazioni archeologiche, ecc), ha permesso di superare in parte quell'impasse del "si sa come, ma non si sa quando" più volte richiamato da COMEL 1932, anche se il lasso di tempo oggi misurabile è ancora troppo ampio se messo a confronto con i repentini fenomeni ambientali che si sono succeduti nell'Olocene. E ciò sia per il lungo intervallo cronologico connesso alla formazione di un suolo, sia per l'imprecisione strumentale di molte datazioni radiometriche, sia per la necessità di una calibrazione per quelle di radiocarbonio (spesso molto soggettiva per la scelta delle variabili da inserire nel programma) e infine, per l'intervallo temporale che intercorre tra l'età di creazione e quella di uso di molti manufatti pre-romani e romani.

Questa incertezza di fondo viene meno quando si ha la possibilità di incrociare tutte queste misure e stime del tempo come è stato fatto in alcuni importanti siti della nostra Regione, a partire da Aquileia e dal suo sottosuolo che da questo punto di vista risulta un'area modello e di confronto per tutta la bassa pianura orientale (grazie anche ai risultati del progetto nazionale SARA e quello, internazionale, PICS; FASSETTA et al. 2003; CARRÈ et al. 2006; SICHÉ 2008).

D'altra parte, anche il quadro tettonico della bassa pianura è andato progressivamente perfezionandosi in conseguenza ai risultati conseguiti dallo studio delle caratteristiche geotermiche del sottosuolo, finanziato

anch'esso dalla Regione Friuli Venezia Giulia (prospezione sismica multicanale in terra, in mare e in laguna, analisi geochimiche e perforazione profonda del pozzo stratigrafico - di esplorazione di Grado; 1108 m). Queste indagini stanno rilevando una situazione tettonica molto più complessa rispetto a quella precedentemente descritta (vedi CARULLI 2006) e che, senza ombra di dubbio, ha influito sulle vicende geo-idrologiche del territorio. Segnatamente, le nuove ricerche hanno palesato la presenza di una serie di dislocazioni tettoniche con direzioni dinamiche individuate nel sottosuolo dell'isola di Grado, della sua laguna e a SW di Aquileia (NICOLICH et al. 2004; 2008; Buseti et al. in stampa; Carulli, com. pers.) che interessano essenzialmente il substrato carbonatico e il Flysch, ma che a volte proseguono anche nella coltre dei depositi quaternari.

Tutti questi dati e lo schema tettonico che si sta componendo rendono sempre più plausibile quello che in altro modo è stato dedotto (MAROCCO 1991) ovvero la presenza al margine della laguna e a Sud di Aquileia di un alto strutturale - terrazzo tettonico - (Dune di Belvedere-San Marco) che in parte si prolunga in laguna e che quattro datazioni (condotte su campioni posti alla profondità/quota di -1,0/ +4,1 m dal l.m.m. e in un areale di ca. 4 km), eseguite con il metodo della termoluminescenza (mai pubblicate), attribuiscono al Pleistocene superiore (da 87.000 a 176.000 anni BP con una incertezza di $\pm 13.100-26.900$ anni).

A questi studi si sono aggiunti anche importanti contributi riguardanti l'innalzamento del livello marino nell'Olocene e nel tardo Pleistocene a livello regionale, secondo modelli geofisici testati da dati archeologici e geomorfologici che hanno permesso di calcolare i movimenti verticali subiti dalla costa italiana e istriana

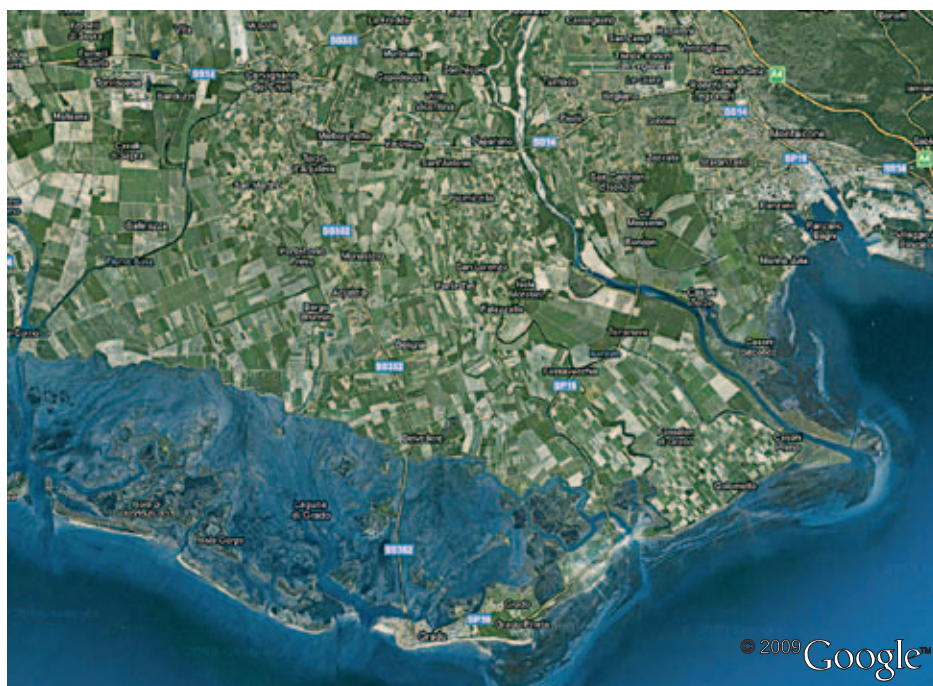


Fig 1 - Ubicazione dell'area di studio.
- Location of study area.

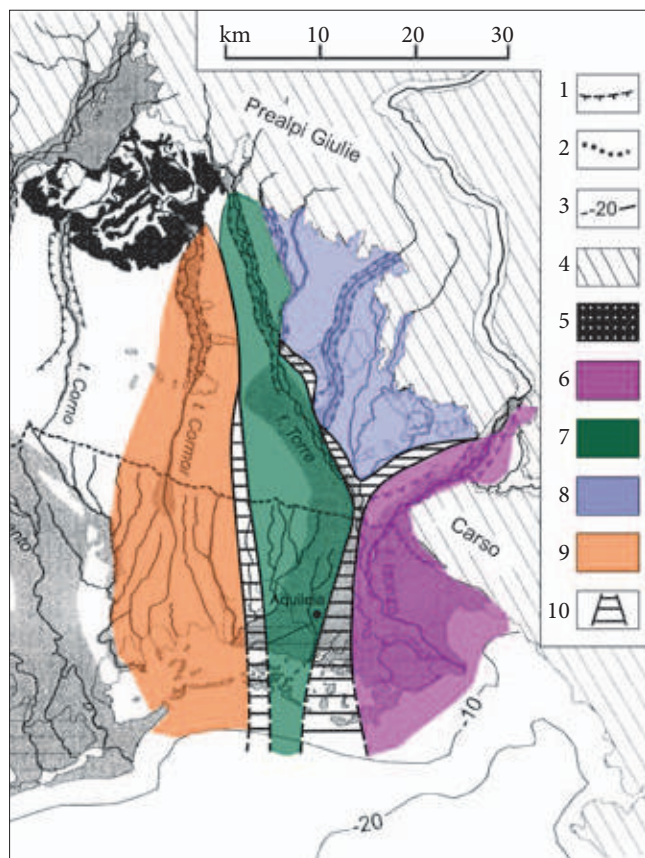
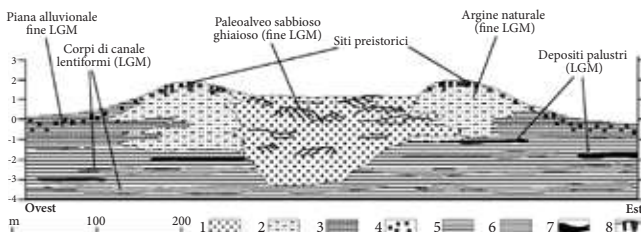


Fig. 2 - I sistemi alluvionali della bassa pianura friulano-isontina. 1) orlo di terrazzo fluviale; 2) linea delle risorgive; 3) batimetria; 4) rilievi; 5) anfiteatro morenico del Tagliamento; 6) megafan dell' Isonzo; 7) megafan del Torre; 8) megafan del Natisone; 9) megafan del Cormor; 10) area di commistione (da FONTANA 2006; mod.).

- *Alluvial systems of Isonzo-Friuli low plain. 1) terrace scarp; 2) spring line; 3) bathymetry 4) reliefs; 5) Tagliamento morainic amphitheatre; 6) Isonzo megafan; 7) Torre megafan; 8) Natisone megafan; 9) Cormor fan; 10) mix/ interstratified alluvial area (modified after FONTANA 2006).*

Fig. 3 - Schema morfo-sedimentologico di un dosso fluviale (da FONTANA 2006, semplificato). 1) sabbie; 2) sabbie limose; 3) limi argillosi; 4) concrezioni carbonatiche; 5) argille limose; 6) sabbie fini e medie 7) torbe; 8) strutture protostoriche.

- *Morpho-sedimentological sketch map of alluvial ridge (simplified after FONTANA 2006).1) sands; 2) silty sands; 3) clayey silts; 4) calcrete; 5) silty clays; 6) fine and medium sands; 7) peats; 8) prothostoric remains.*



(ANTONIOLI et al. 2007; 2009; AMOROSI et al. 2008). Localmente, poi, è stato anche tentato un approccio geologico-geotecnico per valutare l'entità e l'incidenza dei movimenti verticali del suolo con riferimento all'innalzamento del livello del mare sulla base delle quote del *castrum* di Grado (MAROCCO 2004).

Nel frattempo, proseguono le indagini sismiche ad elevata risoluzione nell'immediato sottofondo del golfo di Trieste (BUSETTI et al. 2009; Prog. Vector) che hanno permesso l'individuazione di paleo-canali sepolti, ambienti paralici e paleo-delta rimaneggiati dalla trasgressione marina postglaciale. A questo si aggiunge una ricerca dell'Ateneo di Trieste finalizzata all'analisi dei paleo-ambienti ricostruiti sui sondaggi marini e litorali fino ad oggi eseguiti nel suo Golfo (GORDINI et al. 2002; COVELLI et al. 2006; MAROCCO et al. 2009).

Il quadro pertanto è abbastanza articolato e si sta affinando in continuazione e soprattutto permette una visione d'insieme, uno sguardo integrato terra-mare, superficie-sottosuolo, mai interamente perseguito in precedenza. Appare pertanto giunto il momento di iniziare a mettere assieme tutti questi tasselli per arrivare alla ricomposizione della trama delle vicende oloceniche che hanno determinato i grandi cambiamenti dell'idrografia del nostro territorio, comprese la scomparsa e nella formazione degli ambienti paralici, l'avanzata e il ritiro della linea di riva e l'incidenza che le alterne fortune legate alla mutabilità dell'ecosistema hanno determinato sulle popolazioni antiche, nonché moderne. È quello che si

cercherà di fare in questo primo lavoro che tratterà delle risultanze conseguite dallo studio della parte emersa e semisommersa (lagunare) dell'area che si estende dal Carso triestino alla Laguna di Grado, facendo solamente alcuni cenni per quella sommersa. In una seconda fase si comporranno i risultati conseguiti a terra e a mare (in parte in fase di esecuzione e d'interpretazione) per giungere alla ricostruzione delle vicissitudini oloceniche dei fiumi e della costa nel tratto più orientale della pianura padana.

La bassa pianura friulano-isontina

L'acclive pianura orientale del Friuli Venezia Giulia (fig. 1) è stata costruita dagli apporti dei principali fiumi dell'area del sistema isontino (Isonzo, Torre e Natisone) che hanno formato con le loro diversioni una serie di megafan a partire dal LGM (Last Glacial Maximum, sensu OROMBELLI et al., 2006, inteso come il periodo compreso tra 24.000-14.500 anni BP in cronologia ^{14}C) ed ultimati nell'Olocene (MURST 1997; CASTIGLIONI 1999; FONTANA 2006;). Questi ampi apparati fluviali sono abbastanza ben definibili nel loro sviluppo assiale, sia sotto un profilo geomorfologico, che sotto quello prettamente sedimentologico e pedologico. Molto meno lo sono ai loro margini laterali che appaiono comunemente indistinti, soprattutto quando confinano con un megafan o un conoide contiguo, lasciando vaste aree

d'incerta definizione (aree di commistione di fig. 2). Così all'estremità di levante della pianura padana si distingue da Est verso Ovest, l'area di competenza dell'Isonzo (un megafan che si sviluppa nel post- LGM da Gradisca al mare) con distanza assiale apice-pedice di ca. 19 km e un margine terminale emerso (quello sommerso si estende nell'attuale golfo di Trieste) di ca. 14 km, con un dislivello di ca. 30 m, che sfuma a Nord con quella del Natisone-Judrio e ad Ovest con quella del Natisone-Torre.

Quest'ultimo fiume presenta un *megafan* più allungato di quello isontino, con distanza assiale di ca. 36 km, e un margine terminale retro lagunare di appena 4 km, e con un dislivello fino al mare di ca. 180 m. Chiude questa sequenza il megafan pleistocenico del T. Cormor che va ad occupare la piana alle spalle del tratto intermedio tra la Laguna di Grado e quella di Marano. Le delimitazioni di questi *megafan* e conoidi sono, come detto, quasi sempre sfumate ad eccezione di alcuni tratti (ad esempio il settore orientale di quello isontino che sormonta le balze del Carso), in conseguenza di una serie di avulsioni, combinate a cambiamenti di regime idraulico, aggradazioni, restringimenti-allargamenti degli alvei, riutilizzo di vecchi letti fluviali, cannibalizzazione dei vecchi depositi, ecc. che hanno comportato la sovrapposizione dei loro depositi e a volte, l'incisione e la sostituzione degli stessi, dando luogo a sistemi composti molto complessi, come suggerito anche da FONTANA 2006 per la pianura friulana occidentale. È questo il caso del conoide del Natisone-Judrio che si trova ristretto dalla progressione verso oriente di quello del Torre e più a meridione da quella verso occidente dell'Isonzo che si è espanso sopra le vecchie alluvioni del Natisone e in parte del Torre e viceversa. In generale, l'architettura di questi estesi corpi sedimentari viene visualizzata in superficie da ventagli più o meno allungati, con pendenze da 7 a 3 ‰, costituiti da materassi ghiaiosi e ghiaiosi-sabbiosi, disseccati da alvei *braided* (alta pianura) o transizionali (*wandering*; medio-bassa pianura).

Dopo la linea delle risorgive che delimita l'alta dalla bassa pianura, la pendenza del terreno diminuisce progressivamente (da 2 a 0,5 ‰), i depositi alluvionali diventano sempre più fini e i fiumi assumono un carattere sinuoso/meandriniforme e scorrono su alvei pensili - dossi fluviali (FONTANA 2006; schematicamente rappresentati in fig. 3) - corpi sedimentari a forma lobata che si elevano di pochi metri su una piana che ha volte è posta sotto il livello del mare (MAROCCO & PESSINA 1995). Nelle aree più depresse, ubicate comunemente ai bordi dei dossi e nelle bassure tra due rilievi prospicienti si riconoscono anche diversi canali secondari sepolti, a carattere sinuoso, che vengono messi in luce essenzialmente dalla fotointerpretazione, ma anche dalla ricca cartografia storica e recente dell'area (LAGO 1998).

L'analisi dettagliata di tutte queste forme individuate nell'ambito del rilevamento geo-morfologico condotto per la stesura della Carta Geologica Tecnica dei Fogli al

10.000 Lignano Sabbiadoro, Gorizia, Grado e Palmanova, riviste e ridefinite con la stesura della Carta Geologica Geo-CGT, permette ora di riassumere e tratteggiare i principali percorsi dei corsi d'acqua più importanti nella bassa pianura, evidenziati da dossi antichi e dai paleo- alvei (fig. 4) e di datarli con metodi differenti. In particolare, alcune di queste datazioni sono state eseguite seguendo un criterio puramente pedologico, stimando la maturità dei suoli in base alla loro decarbonatazione e alla formazione di un orizzonte calcico o petrocalcico che ha permesso la distinzione di almeno tre/quattro grandi famiglie pedologiche derivanti da materiale parentale costituito da depositi alluvionali e come fatto nella cartografia CARG e Geo-CGT della Regione Friuli Venezia Giulia. La prima famiglia, raggruppa i suoli che si sono sviluppati prima del LGM, e viene rappresentata da orizzonti contraddistinti dalla presenza di noduli cementati tra loro o di croste calcaree più o meno continue (orizzonti petrocalcici ovvero i "maltoni" di COMEL 1954). Una seconda famiglia di suoli che si è sviluppata sui depositi del LGM e una terza, costituita da suoli impostati su depositi post-LGM e relativa al periodo pre-romano. In questa famiglia sono presenti orizzonti diagnostici ove si riconoscono concrezioni carbonatiche minute (a volte accompagnate da noduli di Mn), rappresentative delle condizioni climatiche che hanno interessato tutta la pianura padana nell'Atlantico e nei periodi successivi (7000 - indicativamente 800 a.C.; CREMASCHI 1990; MARCHETTI 2001; FONTANA 2006). Datazioni radiometriche eseguite su questi orizzonti nell'agro aquileiese confermano queste età. Infine, un'ultima famiglia dove vengono inseriti gli entisuoli post-romani (indicativamente post 450 d.C.), privi di concrezioni carbonatiche.

A questo criterio tipico dello studio dell'immediato sottosuolo (analizzato con sonde a mano), si aggiungono le datazioni archeologiche eseguite in sondaggi geognostici o in scavi che nella maggior parte dei casi definiscono lassi temporali più ristretti (frazioni di secolo) che però riguardano pochi siti preistorici e diverse testimonianze del periodo romano e post-romano (centuriazione di Aquileia, sistema viario e le ville degli importanti centri di San Canzian d'Isonzo, Ronchi dei Legionari, Staranzano, Monfalcone e Lisert). Buona ultima, la cronologia "assoluta" ricavata dall'utilizzo di datazioni radiometriche (^{14}C) eseguite su depositi, su sostanza organica ed organogena prelevate nei sondaggi stratigrafici condotti nel sottosuolo della bassa pianura isontina per finalità diverse. Come prevedibile questi sondaggi non ricoprono in modo omogeneo tutta l'area indagata e forniscono ottime informazioni (quando si riferiscono a datazioni calibrate e in successione stratigrafica), ma limitate solamente ad alcune importanti siti archeologici (Aquileia, Grado, Lisert, ecc...), con una scarsa possibilità di estendere i dati così ottenuti alle aree poste in prossimità delle località studiate.

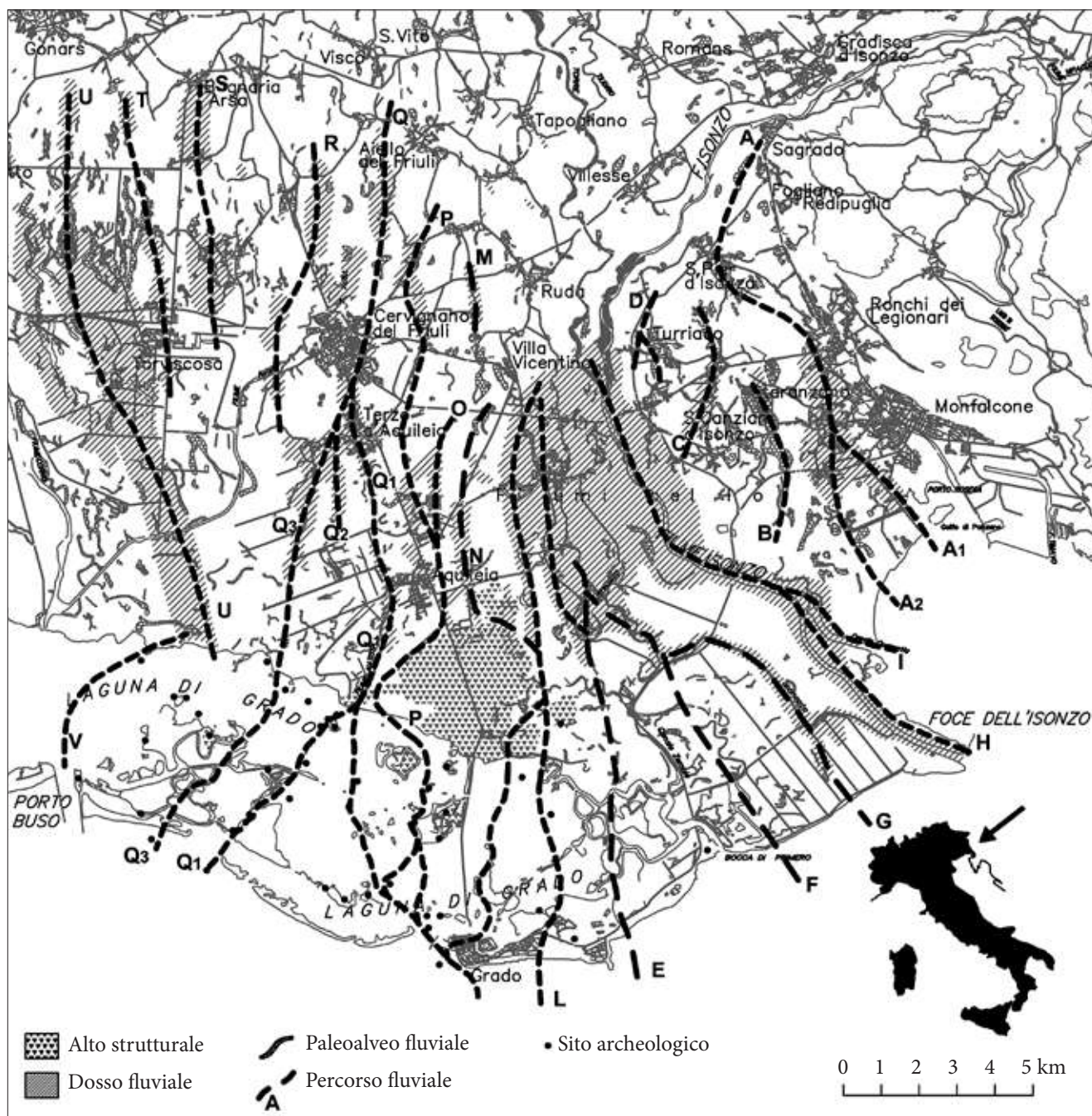


Fig. 4 - Dossi, tracce di alvei sepolti e probabili direzione di deflusso dei fiumi Isonzo (A-I), Torre (O-R) e Cormor (T). I rimanenti percorsi fluviali sono relativi alle aree di commistione dei diversi fiumi. I cerchietti rappresentano i siti archeologici individuati in laguna.

- Alluvial ridges, traces of buried river bed and hypothesized streams of rivers Isonzo (A-I), Torre (O-R) and Cormor (U). The remaining streams are relative to mixing areas of different rivers. The crossed circles indicate the recovered Roman remains in the lagoon.

La dipendenza dei depositi fluviali ai rispettivi fiumi è stata definita sia da un punto di vista geomorfologico che da quello mineralogico-petrografico. Con il primo criterio si sono assegnati i depositi delimitati da un *megafan* o da un conoide al fiume che l'ha generato con le incertezze sopra segnalate per quelle alluvioni che si ubicano ai suoi margini; lo stesso è stato fatto per quei corsi d'acqua che si posizionano sotto il margine terminale emerso di uno dei *megafan* o dei conoidi individuati (continuità morfo-

logica). Sotto un profilo mineralogico-petrografico si è appurato che i sedimenti più grossolani, i ciottoli, sono costituiti essenzialmente da clasti carbonatici di diverso colore e da clasti marnoso-arenacei come evidenziato da COMEL 1954. In particolare, le ghiaie dell'Isonzo sono essenzialmente "grigio-cilestine", con subordinati calcari bianchi del Dachstein e con scarsa presenza di arenarie rosse e rocce verdi; le ghiaie del Natisone presentano, invece, una predominanza di calcari bianchi, mentre

quelle del Torre una maggior presenza di ciottoli marnoso-arenacei.

La composizione mineralogica della frazione sabbiosa di queste alluvioni (LENARDON & MAROCCO 1994) è determinata da elevati valori di carbonati, con calcite che predomina sulla dolomite e subordinati valori di quarzo e feldspati. Tra i minerali pesanti sono presenti granati, zircone, picotite, orneblenda, brookite, rutilo, staurolite, epidoto, tormalina, titanite e clinopirosseno, con una leggera prevalenza della picotite e, subordinatamente di granato nei depositi dei fiumi Torre e Natisone, rispetto ai depositi dell'Isonzo. La differenza percentuale di picotite da un lato e di granato dall'altro può essere utilizzato come discriminante dei depositi di questi fiumi, fermo restando che le percentuali di questi minerali non sono costanti nei rispettivi depositi e che le loro quantità possono variare anche per cause esterne alla provenienza petrografica di appartenenza. Permangono pertanto seri dubbi sulla possibilità di discriminare questi fiumi sulla base della sola composizione mineralogica delle loro alluvioni sabbiose.

Fiume Isonzo

Questo fiume, denominato dai romani *Aesontius*, *Sontius* o *Isonthus*, presenta un megafan che può essere diviso in due settori; un orientale, ben delineato geograficamente, che si estende tra l'alveo attuale e le pendici del Carso, e uno occidentale, meno distinto rispetto al primo, che si sviluppa dal percorso attuale alla delimitazione sfumata con il conoide del Torre/Natisone.

Settore orientale

Nell'ambito di questo settore si riconoscono almeno due principali aree di espansione del fiume, una pedecarsica e l'altra più occidentale che va quasi a lambire la gola attuale. Sono separate da zone inattive che conservano la loro morfologia e litologia originaria, palesata da suoli relictivi relativamente evoluti poiché non intaccati dal seppellimento derivante dalle divagazioni oloceniche del fiume più volte definito "vagabondo". Al margine dell'altopiano carsico s'individua il percorso più orientale dell'Isonzo che si snoda lungo la direzione S. Pier d'Isonzo, Ronchi dei Legionari e Staranzano (percorso A di fig. 4). Questo itinerario pedecarsico, già delineato da numerosi autori da KANDLER 1864, a MARIZZA 1956 in base ad indagini pedologiche, a DOMINI 1989 su indicazioni archeologiche, e ultimamente anche da considerazioni geologiche (MAROCCO 2008), è stato ultimamente ripreso e rafforzato dall'analisi dei resti archeologici del discusso "ponte" di Ronchi dei Legionari (ZANNIER 2009), presumibilmente costruito nella prima epoca imperiale.

Importanti informazioni sulla storia romana dell'Isonzo e sulle caratteristiche della piana alluvionale dove è sorta e si è sviluppata la villa campestre di Ronchi dei Legionari, si possono trarre anche dalle sequenze

sedimentarie di ricoprimento dell'edificio sorto nel periodo che si estende dalla seconda metà del I sec. al III sec. d. C. In seguito (inizio del III sec. d. C.) l'edificio fu abbandonato a causa della distruzione sistematica delle strutture più elevate per opera di successive esondazioni, fino al ricoprimento limoso-sabbioso che ha suggellato le pavimentazioni romane. (MASELLI SCOTTI 2008).

Dopo il ponte di Ronchi il fiume, in prossimità della villa di Staranzano (costruita nel I sec. a.C. - I sec. d.C.; SCRINARI 1955), ha corso in due rami indicati da differenti dossi fluviali disegnati dal microrilievo dell'area e che si diversificano sia per ampiezza che per la tipologia di sedimenti; il primo fluiva a mare seguendo la direzione Schiavetti (percorso A1; ampiezza del dosso ca. 250 m e depositi più sabbiosi, probabilmente più antico) e il secondo, seguendo la direzione del Brancolo (A2; ampiezza 500 m e depositi ghiaioso-sabbiosi). A conferma dell'antichità del dosso di Schiavetti si segnala che durante alcune operazioni di scavo in quella località si sono rinvenute numerose sepolture protostoriche (DEPETRIS 1999; COMUNE DI GORIZIA 2000), di cui si è persa ormai traccia.

Entrambi questi rami isontini vengono iscritti per i caratteri dei loro suoli al periodo che va dall'Atlantico all'800 a.C. Un ulteriore dato porta alla prova di questi antichi percorsi dell'Isonzo e dei conseguenti delta che andrebbero a posizionarsi immediatamente ad Ovest del colle di San Antonio (*Insulae Clarae*). In un recente studio (MAROCCO & MELIS 2009) condotto sulla base dell'analisi lito-biostratigrafica di alcuni sondaggi geognostici eseguiti a più riprese nell'area ora bonificata del Lisert, è stata ipotizzata la presenza di un delta in posizione prossimale alle *Insulae* (fig.4; A1) e risalente al periodo Sub Boreale (ca. 5700-2600 a.C.).

Un terzo ramo dell'Isonzo orientale (percorso B), appena abbozzato, è rappresentato da un tozzo dosso a Est di San Canzian d'Isonzo, che si prolunga in modo discontinuo verso Sud ed è palesato da lingue di ghiaia nei campi arati che sfumano verso l'attuale alveo dell'Isonzo (COMEL 1954). Ancora più verso meridione il dosso e i suoi depositi ghiaiosi scompaiono giacché tagliati dal percorso NW-SE dell'Isonzo attuale. Importanti testimonianze storico-archeologiche farebbero supporre la presenza del fiume in vicinanza di questa località in epoca romana (chiesa di San Proto, Santi Canziani, villa di San Canziano. ecc., ANTICHITÀ ALTO ADRIATICHE 2004), anche se risultano solo parziali e discontinui riscontri dai rilievi di geologia di superficie.

A questo percorso del paleo-Isonzo ne seguono altri due; uno che da Begliano prosegue verso la Marcorina (percorso C di fig. 4) e l'altro, quasi addossato al letto attuale, ad occidente di Turriaco (percorso D). Entrambe queste antiche vie del fiume sono interrotte dall'attuale corso dell'Isonzo e vengono iscritte, sempre per le caratteristiche dei terreni, al periodo che si estende da 7000-800 a. C.

Settore occidentale

Nel settore occidentale del *megafan* isontino si riconoscono una serie di rami sicuramente attribuibili al fiume a partire da quello più occidentale e, presumibilmente più antico, da dove iniziano le divagazioni storiche messe bene in evidenza da DESIO 1922 su basi essenzialmente cartografiche e riprese, poi, da una serie di autori tra cui RIGO 1953-1954; BRAMBATI 1970; DUCA 1981; BRAMBATI 1985.

Dei diversi dossi individuati dai rilievi di superficie che nell'area di Fiumicello si assommano dando una connotazione coalescente, non è stato possibile definirne l'età e la permanenza del fiume attivo in un ben determinato percorso se non su basi puramente pedologiche che danno una generica indicazione post-romana (post 450 d.C.). Riprendendo questi autori, il letto più occidentale dell'Isonzo dovrebbe essere stato quello corrispondente alla direzione di canale Cavegi-Artalina (percorso E), poi quello di Primero-Averto (percorso F; IX/X sec.), quindi quello dell'Isonzato (G, ampiezza del dosso ca. 350 m; fine XI sec.), quello dello Sdobba (H, ampiezza ca. 500 m; fine XVI sec.), e, infine della Quarantia (I: 1870-1880) per essere riportato artificialmente sull'attuale foce dello Sdobba (percorso H) nel 1935. Di certo, queste avulsioni del fiume sono avvenute gradualmente, con uno spostamento del suo tratto finale in un ramo secondario più orientale e lasciando in vita il letto abbandonato che veniva alimentato dalla falda sub alveo o da bracci secondari del fiume.

Questa dinamica di diversione che rientra nella tipologia delle avulsioni regionali (FONTANA 2006) è ben riconoscibile in base alla cartografia storica, vedi ad esempio migrazione dell'Isonzo Vecchio (Isonzatto, percorso G) sull'Ara (Sdobba; percorso H) nella Carta del Friuli del Sorte (1590) (da LAGO 1998). Le cause di queste diversioni sono da ricercarsi in una lunga serie di fattori che possono agire singolarmente o nell'insieme, e che schematicamente vengono individuati nella sopraelevazione dell'alveo, nel suo gradiente laterale e longitudinale, nella variazione della sinuosità del fiume, nel clima e nel regime delle piene, nel trasporto solido e nell'attività tettonica dell'area (basculamenti della pianura) che è sempre stata molto attiva e buon ultimo, nella variazione del livello del mare che modifica la linea di base del corso idrico. Per completezza, poi, a questi fattori se ne devono aggiungere almeno altri due, ovvero l'abbassamento del suolo (per subsidenza naturale o indotta) e l'uomo.

Area di commistione Isonzo-Torre/Natisone

Quest'area, formalizzata per dar ragione alle diverse interdigitazioni dei fiumi nel sottosuolo, si estende dal ramo E dell'Isonzo a quello P del Torre e include la piana di Aquileia a Nord e l'alto morfologico-strutturale di Belvedere-San Marco e la sua continuazione nella Laguna di

Grado, a Sud. Inizia dall'esteso dosso che da Villa Vicentina si snoda verso laguna occupando l'attuale percorso del Fiume Thiel (o Tiel, ampiezza ca. 300 m; ramo L di fig. 4), e continua in un antico solco fluviale (probabilmente occupato in precedenza dai paleo-Torre e Natisone) che aveva inciso i lembi pleistocenici dell'alto delle isole di Centenera e Domine. Questo ramo analizzato anche da BERTACCHI 1992, è probabilmente rimasto in funzione a partire del IV sec. d.C., e poi ha subito l'ennesima avulsione dando origine ai corsi più orientali. Ancora più a occidente si riconoscono alcuni percorsi (M che continua in O? e N di fig. 4), identificati dalla geomorfologia e dal rilievo di campagna (di età romana), fino ad arrivare al ramo O che lambisce le mura orientali di Aquileia e che è quello maggiormente indagato.

Quest'ultimo percorso fluviale è stato dapprima individuato da discontinue evidenze morfologiche accennate nei terreni attuali (dosso con un'ampiezza di ca. 250 m, che proseguendo verso l'urbe è stato completamente livellato dall'intensa attività agricola romana e successiva), e in seguito definito in base ad una serie di sondaggi eseguiti nell'area di Aquileia (progetto SARA; FASSETTA et al. 2003; SICHÉ 2008) e in altri sondaggi in fase di elaborazione. Emerge che questo ramo del fiume proveniente da NNE era presente nel territorio aquileiese ben prima della fondazione della celebre città fortificata (181 a. C. e del sito palafitticolo del fine IX-VIII sec. a.C., identificato nell'Essiccatoio; MASELLI SCOTTI et al. 1996-97), con un alveo che si aveva fatto spazio in un ampio solco lasciato dalle divagazioni dei paleo-Torre e Natisone, avvenute a partire dal 5600-5200 a.C. (fig. 5) In quest'ampia incisione il fiume costruisce dall'810-865 a.C. un potente letto ghiaioso-sabbioso che s'impaluda, poi, nel 120-150 d.C. In base alla direzione di provenienza (da NNE) questo percorso potrebbe essere attribuito sia al Natisone, sia all'Isonzo, ma dall'analisi dei suoi depositi, indagati soprattutto nel sondaggio SARA 9/94 (SICHÉ 2008), sembra essere riferibile al paleo Isonzo. Va specificato, comunque, che come evidenziato nei lavori precedenti spesso in questi sondaggi si trovano depositi sovrapposti di fiumi differenti, a evidenziare che all'abbandono dell'alveo di un determinato fiume per diversione (caso più frequente), il solco fluviale viene occupato da un altro corso d'acqua che incide e deposita i suoi sedimenti. Per quanto riguarda, poi, la celebre descrizione idrografica di Plinio "*Natiso cum Turro, prae-fluentes Aquileiam coloniam*", al di là della considerazione già esposta, si ricorda che questa enunciazione è stata fatta nel I sec. d.C., quando i fiumi con regimi idraulici consistenti avevano in parte già abbandonato la celebre città, lasciando dei corsi d'acqua di rango inferiore e ben diversi da quelli che sono stati messi in luce nel sottosuolo. Di certo le dimensioni di questo fiume erano superiori rispetto a quelle del corso d'acqua più occidentale (*Turro*) di cui si dirà in seguito. Anche i resti del ponte romano rinvenuti in questa località (BRUSIN, 1934) che sarebbe articolato

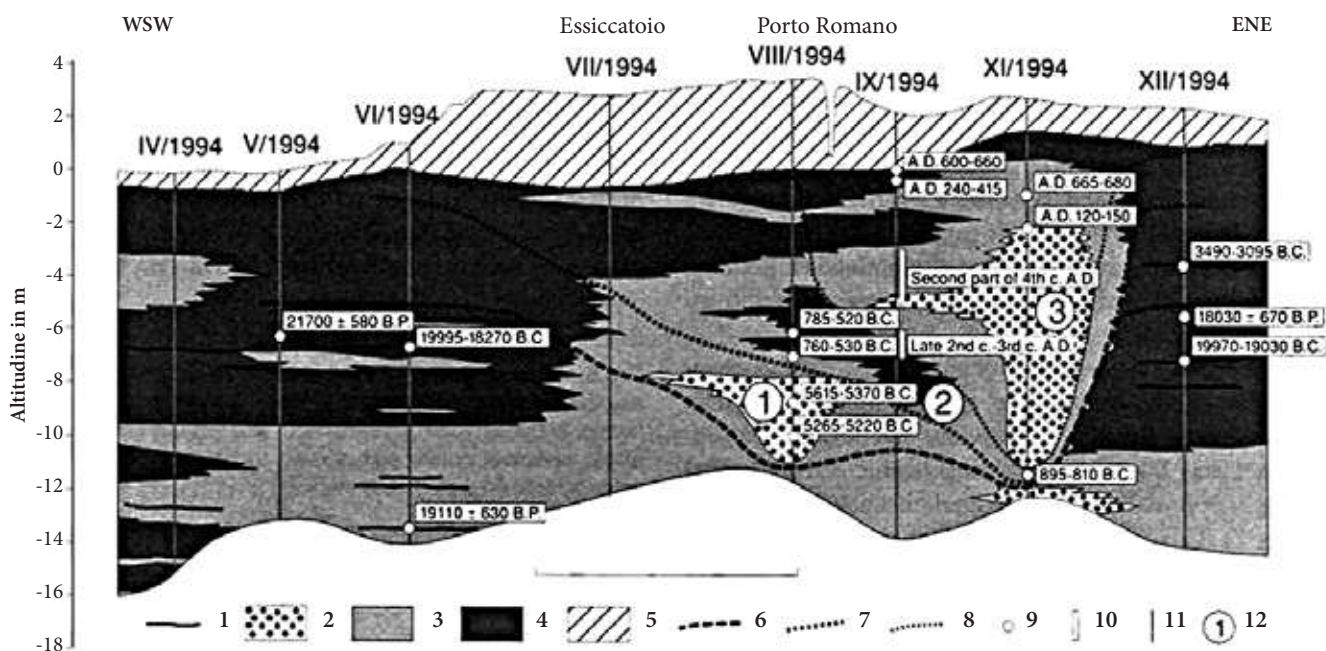


Fig. 5 - Sezione litostratigrafica WSW- ESE di Aquileia (da FASSETTA et al. 2003; semplificata). 1) torba; 2) ghiaia; 3) sabbia; 4) pelite; 5) materiale di riporto; 6) piana alluvionale dopo 18.000 anni BP; 7) piana alluvionale dopo 3.500 anni BP; 8) piana alluvionale dopo 800 anni a.C.; 9) paleo-canali.

- WSW-ENE oriented lithostratigraphic section at Aquileia (simplified after FASSETTA et al. 2003). 1) peat; 2) gravel; 3) sand; 4) pelite; 5) reworked material; 6) alluvial floor post 18000 yrs BP; 7) alluvial floor post 3500 yrs BP; 8) alluvial floor post 80 BC; 9) palaeo-channels.

in quattro piloni per una luce complessiva di circa 40 m (una larghezza di ca. 7 m), farebbe presupporre l'avvenuto restringimento del letto primitivo che si immetteva nel porto monumentale (ampiezza di soli 48 m).

Dopo aver lambito Aquileia questo percorso fluviale proseguiva la sua corsa verso la laguna di Grado, seguendo grossomodo il percorso del rio Padovano e aggirando l'alto di San Marco.

Per quanto attiene al confronto delle dimensioni dei fiumi nel passato con quelle attuali, come era prevedibile si è appurata l'impossibilità di stabilire sulla base di questo solo dato la loro dipendenza idrografica da uno dei fiumi del sistema isontino. Questo sia per le accertate variazioni delle loro portate nel tempo (MARCHETTI 2008; SURIAN & RINALDI 2008), sia per le diversioni-avulsioni subite che comportano una variazione della geometria dei loro letti. A titolo di esempio si riportano una serie di dati ricavati dalla cartografia storica e riportati da SICHÉ (2008). Dopo la migrazione dell'Isonzo dalla foce dello Sdobba (percorso H) a quella della Quarantia (percorso I), la vecchia foce si era ridotta di ampiezza da 125 m iniziali a ca. 75 m finali, mentre la Quarantia si è andata via, via allargando dai 40 m iniziali ai 70 raggiunti dopo un decennio e infine, ai 126 m, dopo quasi cinque decenni. Oggi le geometrie idrauliche dell'Isonzo immediatamente dopo la confluenza con il Torre sono di ca. 240 m di ampiezza del letto e 8 m di profondità massima; alla foce 120 m di ampiezza media e una profondità di 11,2 m (GATTO & MAROCCO 1993; FASSETTA et al. 2003). Più a monte il suo ampio dosso

ha una estensione di ca. 500 m. Va precisato anche che alla confluenza con il Torre il canale attivo dell'Isonzo è di appena 40 m, mentre quello del Torre di 60 m, in un'area golenale che si estende per ca. 350 m.

Fiume Torre

A differenza dell'ampio sviluppo a raggiera sovrapposta dei diversi rami dell'Isonzo, quelli dell'area di commistione Isonzo-Torre/Natisone e del Torre (latino *Turro*) si allineano essenzialmente in direzione N-S in continuazione con i margini terminali emersi dei loro megafan come rilevato da tempo da COMEL 1931; 1954. Alcuni dei suoi rami si riconoscono in parte in superficie, secondo vie ben definite, con una certa continuità (percorso P di fig 4), e in parte nell'immediato sottosuolo. È questo il caso del Torre che affluiva in località Monastero di Aquileia che è stato analizzato essenzialmente nel sottosuolo, grazie ai sondaggi stratigrafici SARA e ad altri eseguiti recentemente. Di questo percorso segnalato anche da autori latini (*Natiso cum Turro*) si è appurato che insisteva anch'esso nel territorio ben prima della fondazione di Aquileia (da ca. 5000 anni BP), è continuato in una fase idrodinamica calante durante la fondazione della città e successivamente è stato interrato da cospicui scarichi urbani soprattutto a partire dal II al IV sec. d.C. che sono stati sigillati dalle esondazioni pelitico-sabbiose medioevali (V-VII sec. d.C.).

Segnatamente, dalle ultime ricerche condotte sul suo alveo è stato riconosciuto un graduale passaggio di energia

(metamorfosi fluviale o disattivazione dell'alveo ?) che si realizza da depositi ghiaiosi più o meno sabbiosi a sabbie e a depositi sempre più fini, con la classica sequenza FU (*fining-upward*), avvenuto tra il V e il I sec. a.C. Anche in questo caso alcune indicazioni sull'ampiezza di questo corso d'acqua nel periodo romano si possono trarre dalle dimensioni del ponte che lo varcava, che ammonterebbero a soli 10,3 m in un'unica arcata (BRUSIN 1934). Come per il fiume più orientale le limitate dimensioni del ponte fino ad ora individuate vanno a rafforzare quanto appurato dallo studio dei suoi depositi ovvero l'avvenuto restringimento del letto, ormai abbandonato e occupato da un rio con portate liquide e solide infinitamente inferiori rispetto a quello del fiume antecedente. Questo primo ramo del Torre, come detto, confluisce a breve distanza, sempre in località Monastero, con il ramo più orientale (paleo-Natisone o paleo-Isonzo ?) e insieme formano il bacino del porto monumentale di Aquileia che ha una ampiezza quasi pari alla somma delle dimensioni delle arcate dei due ponti.

Più a Ovest dossi fluviali riconducibili al Torre si riconoscono a Est di Cervignano e a San Martino di Terzo di Aquileia (percorso Q), da dove si ripartono tre lingue, di cui due principali: una prima (Q1) che prosegue in direzione Sud e s'immette nell'attuale percorso della Natisa (che presumibilmente è precedente al percorso del *Natiso cum Turro*; ampiezza del dosso ca 300 m), mentre la seconda (Q3), di direzione SSW e ampiezza di ca. 400 m, prosegue verso la gronda lagunare perdendo progressivamente di fisionomia. La terza lingua, tratto Q2, è appena abbozzata e non sembra avere una continuità verso l'attuale laguna. Tutti questi tracciati fluviali vengono iscritti soprattutto per i caratteri dei loro suoli al periodo tra i 7000-800 a.C. Segnatamente, l'età pre-aquileiese del dosso Q3 è testimoniata anche dal fatto che viene tagliato dal canale artificiale dell'Anfora, costruito a cavallo del I sec (Maselli Scotti & Pesavento Mattioli, com. pers.) e che è sormontato dalla via Annia (II sec a.C.). Inoltre, questo dosso si sviluppa a breve distanza dal sito archeologico di Cá Baredi (MAROCCO & PUGLIESE 1982) che presenta reperti del Bronzo recente e che viene attribuito da FONTANA (2009) al periodo antecedente al I millennio.

Paleo-alvei riferibili al Torre si riconoscono anche a occidente di Cervignano (percorso R) e Bagnaria Arsà (percorso S), entrambi riferibili al LGM.

Le dimensioni di questi letti fluviali e soprattutto di quelli a carattere *braided* o transizionale (*wandering*) sono estremamente variabili in funzione della mutabilità del regime idrico e, recentemente anche dall'intensa attività antropica. Un dato per tutti: in un recente lavoro (SURIAN et al. 2008) è stato rilevato che dal 1800 al 2000 il letto del Torre è diminuito da 560 a 150 m (tratto *braided* o *wandering*, grossomodo fino all'abitato di Versa) e si è approfondito di un paio di metri, incidendo le proprie alluvioni.

Nel suo tratto meandriforme (da Versa alla confluenza con l'Isonzo), nello stesso periodo il restringimento dell'alveo è stato da 235 a 75 m (SURIAN et al. 2007). Secondo la ricostruzione eseguita dagli autori, la gran parte delle modificazioni dell'assetto fluviale sono da imputarsi all'opera dell'uomo (estrazione di inerti dal letto), cosa questa che, presumibilmente, è stata ampiamente attuata anche in periodo romano.

Area di commistione Torre-Cormor

Tra i rami del Torre e quelli del Cormor s'inserisce un dosso pleistocenico abbastanza continuo che da Fauglis si prolunga verso Torviscosa e quindi si perde all'altezza della grande ansa dell'Aussa (percorso T di fig. 4) di difficile attribuzione di appartenenza.

Fiume Cormor

Chiude la sequenza l'ampio sistema alluvionale attribuito al Cormor che sfuma in quello del Torre. I dossi che contraddistinguono questo grande apparato fluviale della piana friulana sono per la quasi totalità pleistocenici e, segnatamente del LGM. All'estremità orientale di questo *megafan* i dossi presentano una direzione NNW-SSE e sono rappresentati dal dosso biforcuto U di fig 4, molto ampio (1100 m), ben definito morfologicamente e che prosegue fino alla gronda lagunare dove viene tagliato, come nel caso del paleo Torre, dal canale romano dell'Anfora. FONTANA 2006 nel suo lavoro sulla bassa piana friulana attribuisce questi dossi al LGM cataglaciale 18.000-15.500 a.C. e soprattutto alla derivazione da antichi percorsi del Torre. Nel presente lavoro non si sono raccolti dati definitivi per attestare l'appartenenza da uno di questi due importanti fiumi della bassa friulana. Il criterio morfologico adottato, ovvero l'orientazione dei dossi nell'ambito dei *megafan* individuati, farebbe supporre una loro dipendenza dal Cormor più che dal Torre, in quanto essi si allineano all'andamento a raggio del suo *megafan*.

Leggermente più a monte del percorso della fossa vitruviana del canale d'Anfora anche il letto attuale del fiume Aussa (o Ausa), dopo un percorso quasi coincidente con i dossi del paleo-Torre, taglia il percorso del dosso U, a dimostrazione della sua più recente età.

Laguna di Grado

La gran parte di questi dossi e incisioni fluviali continua anche nella prospiciente laguna di Marano e soprattutto di Grado e prosegue ancora più a Sud, dove si riconosce nel sottofondo nella fascia litorale occupata dal prisma sedimentario costiero relativo allo stazionamento recente del livello del mare. Nel sottofondo litorale del Golfo di Trieste oltre alle incisioni fluviali e/o lagunari si possono anche riconoscere le aree di distribuzione dei depositi paleo-lagunari (dalla tipica geometria tabulare) e quelle

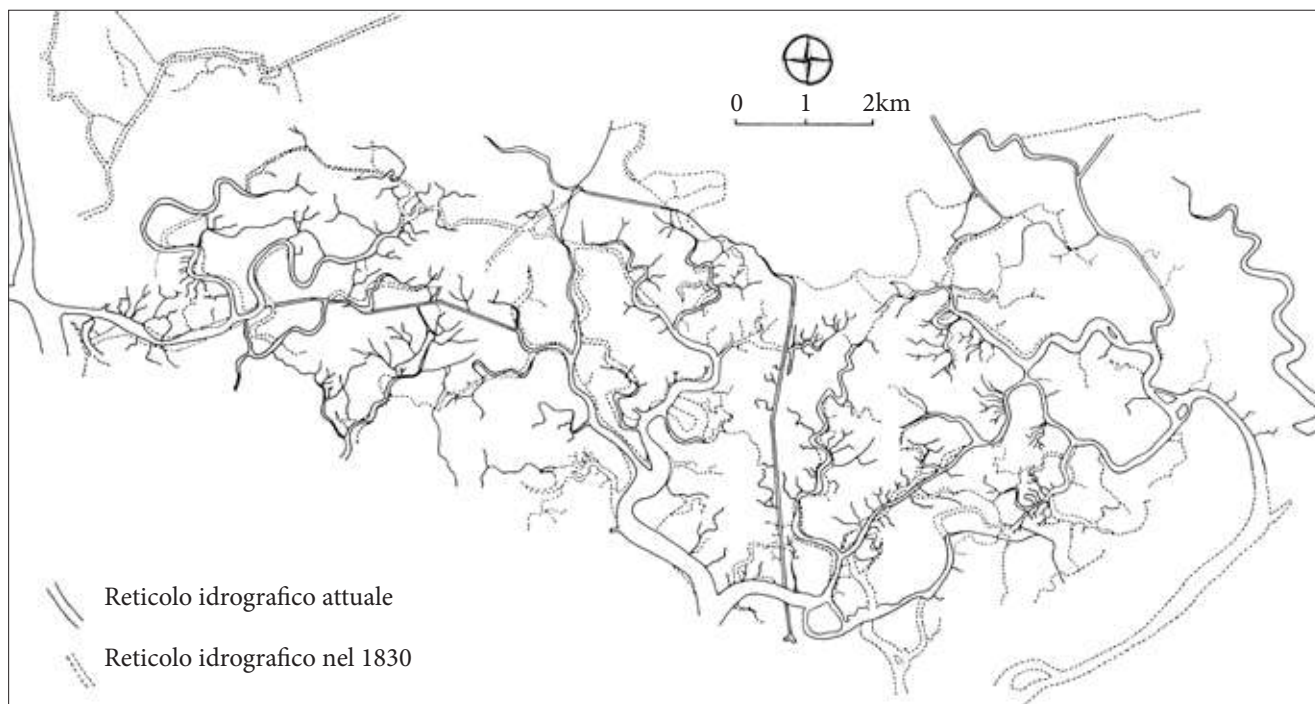


Fig. 6 - Reticolo dei canali nella Laguna di Grado (da GATTO & MAROCCO, 1994).
 - Channel network of Grado Lagoon (after GATTO & MAROCCO, 1994).

dei depositi dei paleo-delta, dalla marcata stratificazione progradante. La ricostruzione dell'estensione di questi antichi ambienti e la loro datazione con metodi radiometrici potranno completare e meglio definire la ricostruzione paleogeografica sino adesso eseguita a terra e soprattutto mettere in evidenza l'assetto della costa all'inizio dell'Olocene, quando il livello del mare era più basso di una trentina di metri rispetto a quello attuale (ANTONIOLI et al. 2007).

Molti autori ritengono che gran parte dei canali della laguna siano antichi percorsi fluviali, rielaborati in seguito alla trasgressione marina e occupati dalle recenti lagune (ad esempio BRAMBATI 1969). Chiarificatori sotto questo profilo sono stati alcuni lavori (GATTO & MAROCCO 1992; 1993) che hanno messo in evidenza il carattere residuale del settore settentrionale della laguna gradese, determinato dalla presenza di antichi depositi della paleo-pianura che costituiscono le sue attuali isole (fig. 4). In tali ricerche, a riguardo della distribuzione spaziale dei canali, è stata evidenziata la complessa ramificazione degli stessi (fig. 6), proponendo una loro prima classificazione in canali naturali, canali artificiali e canali estinti. Sui primi canali, hanno prospettato una classificazione gerarchica in tre ordini (primo, secondo e terzo ordine) e sui canali principali, ovvero quelli di primo ordine che mettono in comunicazione la terra ferma con il mare, hanno condotto un'analisi sulle loro geometrie idrauliche che sono state messe a confronto con quelle del tratto finale dell'Isonzo, e anche se non influente direttamente nella laguna di Grado, con quelle del Tagliamento. Si è appurato così, in primo luogo dell'esistenza di una forte

similitudine tra parametri geometrici dei canali lagunari e di quelli fluviali e, in secondo luogo, che questa analogia è maggiore nel tratto iniziale delle vie d'acqua lagunari e diminuisce quasi progressivamente, man mano che si proceda verso la bocca. Ne consegue che anche se questi canali sono stati ereditati dalla laguna dalla precedente piana alluvionale, essi sono stati solo parzialmente modificati dall'idrodinamismo lagunare.

Per quanto attiene alla paleogeografia dell'area, recentemente in un lavoro eseguito nel sottosuolo di Grado (MAROCCO et al. 2005; MAROCCO & MELIS 2009) è stata individuata una successione di depositi marini che da 5497-6380 a.C. (inizi Sub-Boreale/Atlantico; -8,1 m dal l.m.m.), chiusa a -2,0 m da sedimenti lagunari (I sec. a.C.-I sec d.C.). Livelli di conchiglie litorali rinvenute a una profondità di 3,2 m dal l.m.m. hanno indicato una età 405-355 a.C. Questi nuovi dati hanno permesso di ritoccare la posizione della presunta linea di riva di 4000 anni fa e suggeriscono l'esistenza di un bacino lagunare alle spalle dell'isola di Grado, cosa non prevista nei precedenti lavori (MAROCCO 1991). Più a occidente (area dell'isola di Morgo), un altro sondaggio stratigrafico ha palesato depositi di un ampio delta, trasgredito da un ambiente paludoso prima (a 4,6-3,3 m di profondità), quindi da una laguna (dopo i 3,3 m di profondità) (MAROCCO et al. 1988). Letà non calibrata di alcuni molluschi lagunari campionati a questa profondità indicano un periodo di 1140 ± 140 anni BP (MAROCCO 1991) che corrisponde ad una età calibrata di 876 ± 140 d.C. L'impaludamento del sistema deltizio basale che si è realizzato ben prima di questa data, viene

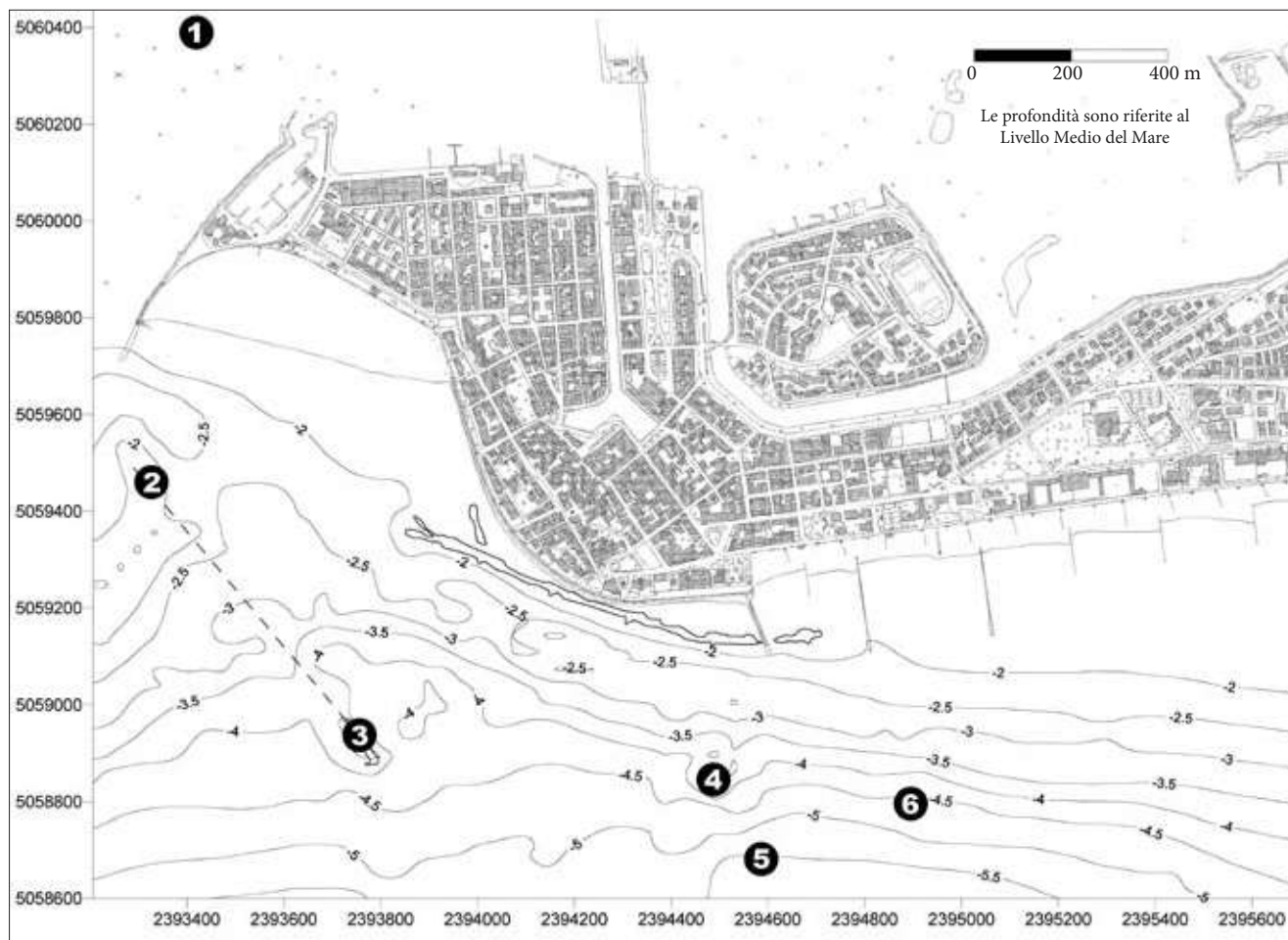


Fig. 7 - Ultimi ritrovamenti archeologici nell'intorno dell'isola di Grado.
Archaeological remains recently discovered around Grado island.

collocato nel periodo compreso tra il XII e il VI sec a.C. Nello stesso sondaggio la mineralogia delle sabbie era chiaramente indicativa di una derivazione dal sistema Torre-Natisone.

Per quanto attiene all'archeologia dell'area, numerose sono le ricerche condotte in laguna a partire dai lavori di DE GRASSI 1950; 1952; DELUISA 1983, l'antesignano della ricerca archeologica in mare e in laguna nel territorio gradese. Una serie di lavori successivi ha comprovato le indicazioni dell'autore e appurato la presenza di variegati resti romani (dai semplici frammenti di ceramiche, di laterizi e di embrici, ai resti di muri, alle pavimentazioni musive, ai sarcofaghi, alle strade, ecc, fig 4) che si collocano principalmente dal I sec/ II sec al IV sec d.C. (TORTORICI 1997; GADDI 2001). Altre pubblicazioni, in conformità a questi ritrovamenti e sulla base di considerazioni storico-geografiche più generali, hanno ipotizzato l'esistenza di una serie di vie d'acqua, oggi endolagunari, che confluivano all'emporio romano di Aquileia (SCHMIEDT 1980; DE GRASSI in DELUISA 1983; MARCHIORI 1989; BERTACCHI 1990; BOTAZZI & BUORA 1999). Gli elementi di partenza di tutte queste ricostruzioni sono stati:

- il relitto di una nave sommersa (fasciame con giunti a mortasa e tenone, madieri, pezzi di chiglia, ecc...) con

il carico di anfore (Dr 6 secondo TORTORICI 1997; Lamboglia 2, Dr 6A, Dr 6B con bolli, secondo GADDI 2001) addossato all'isola di Villanova, sulle sponde di un canale secondario (San Marco) che oggi non ha connessioni con il retroterra. In vicinanza di questo relitto si trova la duna di San Marco e la strada che da Aquileia-Morsano, portava a Grado;

- il rinvenimento della "sponda murata" di DE GRASSI 1950 a occidente dell'isola di Montaron lungo il canal Secco alla foce del Natissa che prosegue lungo il canale di Morgo lungo l'itinerario ampiamente documentato dal De Grassi e dagli autori successivi;

- i resti murari di un'estesa costruzione (oltre 40 m di lunghezza) con palificate, interpretate come i resti di un impianto portuale (del I sec d.C.: GADDI 2001) in località Pampagnola-Grotto;

- altri presunti magazzini con depositi di anfore, sempre del I sec d.C., posti a ridosso dell'isola di Macia (BERTACCHI 1985) e infine, la segnalazione di una probabile nave oneraria con anfore (a 500 m a SE della bocca dell'Anfora, SCHMIEDT 1980), non confermata da ricerche successive, come tra l'altro, il rinvenimento in quella località di un molo di pietra con pali e una palizzata curvilinea (opere di consolidamento costiero?).

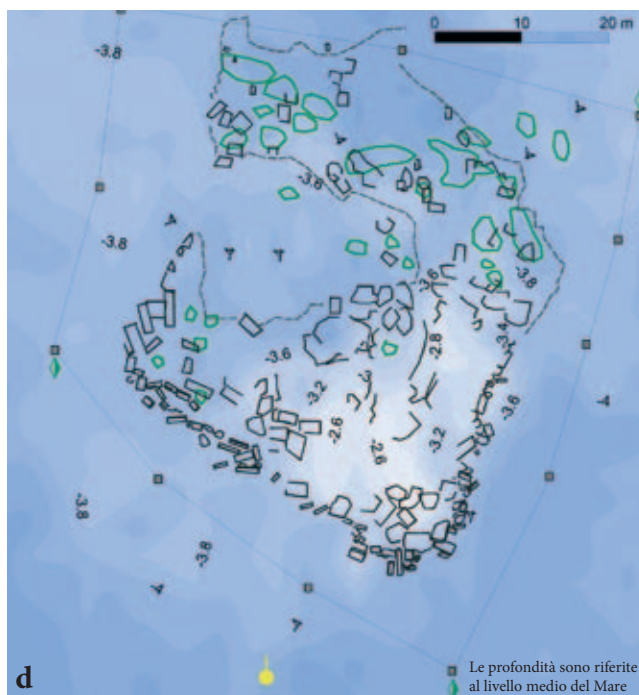
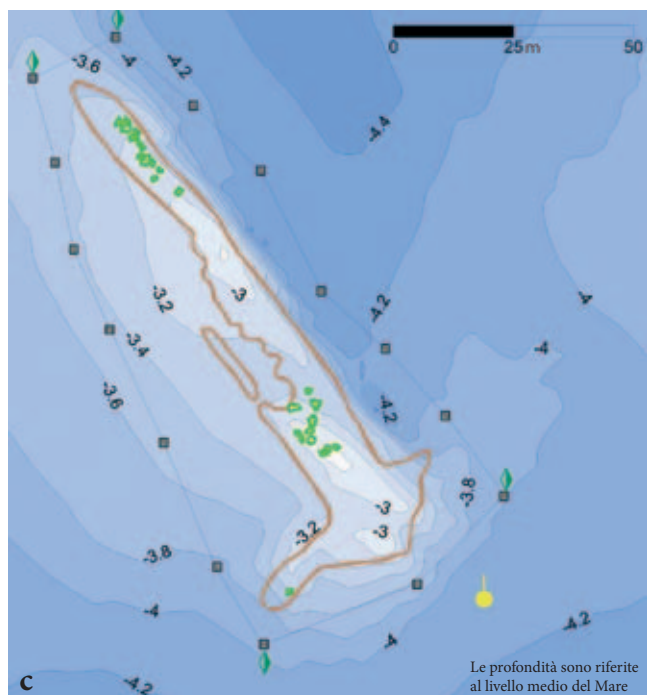
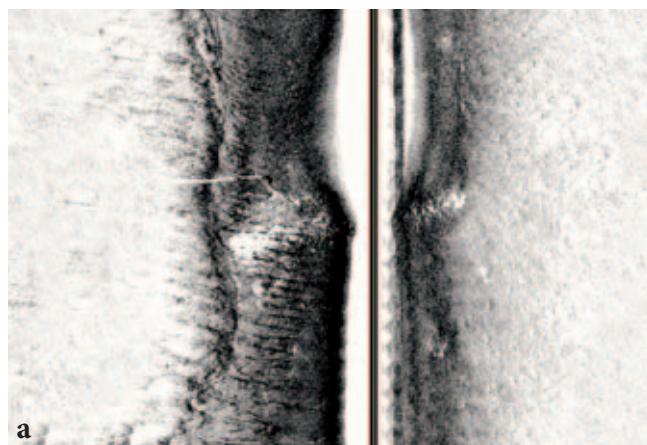


Fig. 8 - Particolari dei ritrovamenti subacquei (vedi testo).
- Particulars of the underwater remains (see text).

A questi dati archeologici ampiamente trattati dalla letteratura recente vanno oggi aggiunte altri ritrovamenti che si sono accumulati in questo periodo e che si riferiscono essenzialmente all'area della bocca e del tratto di mare di Grado, già indagato da DE GRASSI (1952). Questi rinvenimenti sono frutto di più indagini subacquee e di prospezioni ecografiche finalizzate a ricerche di geologia marina sulla piattaforma interna del Golfo di Trieste e condotte dallo scrivente e da S. Caressa, noto sub gradese.

Tra questi siti archeologici, inseriti nella carta dei rilievi batimetrici del litorale di Grado di Caressa (fig. 7), si segnala un tratto di strada (?) e una costruzione sul fondo del canale di Grado (fig. 8a; immagine side-scan sonar), un tracciato di 6 m di ampiezza (fig. 8b) che compare e scompare con le mareggiate, formato da pietre calcaree, arenarie, cocci d'anfore (*runderatio?*) che dalla testata di levante del molo di entrata del porto di Grado si prolunga in direzione dei presunti resti della chiesa di San Agata (fig. 8c) e, ancora, l'ammasso di pietre di San Gottardo (fig. 8d), un allineamento di grossi massi squadrati di arenaria che si rinvenivano a Sud delle pietre (molo?) (fig. 8e) e, infine (fig. 8f), il sarcofago, tutto incrostato, già segnalato da DE GRASSI (1952). Tutto questo a dimostrazione che non solamente in laguna, ma anche in mare aperto si rinvenivano costruzioni e reperti che possono essere connessi all'attività portuale riconducibile all'emporio di Aquileia e soprattutto, a quello di Grado, non ancora perfettamente definito.

Anche in tratti di costa lontani dall'isola gradese, ad esempio a mare dall'imboccatura del canale di Morgo, immagini aerofotogrammetriche del 1974 palesano due costruzioni circolari di diametro di ca 8 m (distanza dall'imboccatura attuale 1500 m e tra loro, 120 m) e, da tutt'altra parte, di fronte a Golameto, dove metteva foce l'Isonzo Vecchio (percorso G di fig. 4), altre due costruzioni, questa volta quadrangolari, allineate parallelamente alla costa, ad una distanza di ca 350 m. Le dimensioni di queste (probabilmente piazzole di difesa costiera) sono di ca 80 m di lato e distano ca 580 m tra loro, spaziatura quasi uguale alla distanza tra le due isole arginali della foce dell'Isonzo attuale (Punta Spigolo e Punta del Becco; MARCHESAN & MAROCCO 1994; PETRONIO 2000-2001). Ancora due annotazioni prima di entrare in merito ai probabili percorsi fluviali endolagunari risultanti dal prolungamento in laguna dei dossi costieri. Nella gran parte delle ricostruzioni paleogeografiche fino ad oggi eseguite nel territorio lagunare, le vie d'acqua del passato sono state fatte coincidere con i canali di primo ordine della laguna attuale, ovvero con i canali attivi che hanno una comunicazione con la terra ferma. Cosa questa solo in parte corrispondente al vero giacché almeno tre canali non hanno queste prerogative in quanto il canal Secco e il canale dell'Anfora sono ora scomparsi e quello di San Marco, dove è stata rinvenuta il relitto della nave di Villanova, si estingue in laguna.

Inoltre, l'analisi delle tipologie dei resti archeologici in laguna (ville, necropoli, magazzini, approdi, ecc...), mostra secondo GADDI 2001 una zonazione in fasce parallele mare-terra con una parte costiera, occupata da magazzini e approdi (38% dei resti individuati) e una più arretrata, dove si ubicano impianti produttivi, aree di abitazione e sepolcrali (rimanente 62%). Questa ipotesi, validata dai ritrovamenti fino a poco tempo fa eseguiti, suggerisce un'omogeneità del territorio oggi occupato dalla laguna tutta da dimostrare e non, come emerge dagli ultimi lavori (MAROCCO et al. 2005) un'alternanza di delta (più o meno attivi e frequentati) e lagune, meno abitate. In ogni caso, la zonazione oggi ipotizzata presenta anche un'indiscutibile componente verticale, a nastro, in funzione alle vie d'acqua che conducevano al sistema portuale di Aquileia.

Il percorso U del Cormor (fig. 4) che si è estinto nel LGM non appare avere una continuità nell'attuale ambiente lagunare. Anche i terreni pleistocenici dell'isola di San Giuliano che si trovano nel proseguimento di questo percorso non possono essere ricondotti agli apporti di questo fiume poiché risultano molto più vecchi del LGM (dato inedito) e diversamente allineati (lieve andamento NE-SW in continuità con l'alto di Belvedere-San Marco). Un discorso a parte deve essere fatto per il canale artificiale dell'Anfora che continua il suo andamento rettilineo fino alla laguna e si raccordava con un vecchio canale lagunare (denominato anch'esso dell'Anfora in località Comenzana), oggi scomparso (V di fig. 4). Nel prolungamento del percorso perfettamente rettilineo del canale verso la gronda lagunare (che segue la centuriazione romana di Aquileia) si rinviene sulla superficie dei campi appena arati una notevole quantità di manufatti romani (mattoni, embrici, pezzi di anfore di natura diversa, ecc...) che fanno pensare a qualche costruzione funzionale a un attracco (il tanto discusso porto Pilo?).

Vediamo ora le vie d'acqua che alimentavano il grande apparato deltizio del paleo-Torre che si posiziona nel settore occidentale dell'attuale laguna di Grado. Quest'apparato presente nell'area ben prima del X II sec a.C., si è impaludato (indicativamente dal XII al VI sec a.C.) ed ha acquisito caratteri prettamente lagunari a partire da questa età fino al VIII sec d.C. (datazione del sondaggio di Morgo; MAROCCO et al. 1988). Il suo delta probabilmente si articolava in più bracci (un lobo digitato più suddiviso di quello attuale dell'Isonzo), in parte ripresi dai canali lagunari attuali. Secondo una ricostruzione ipotetica il principale di questi doveva insistere sul percorso Q1 che aveva continuità con il canale Secco - canale di Morgo, ampiamente analizzato e accettato dagli archeologi (e in fase di studio da parte di geoarcheologi). A occidente di questo, si riconosce un ramo più antico che scorre con un percorso quasi parallelo al primo e che dall'area della Gran Chiusa prosegue nel canale di San Giuliano, poi in quello di Lipan per arrivare a mare in prossimità dell'area segnalata da SCHMIEDT 1980.

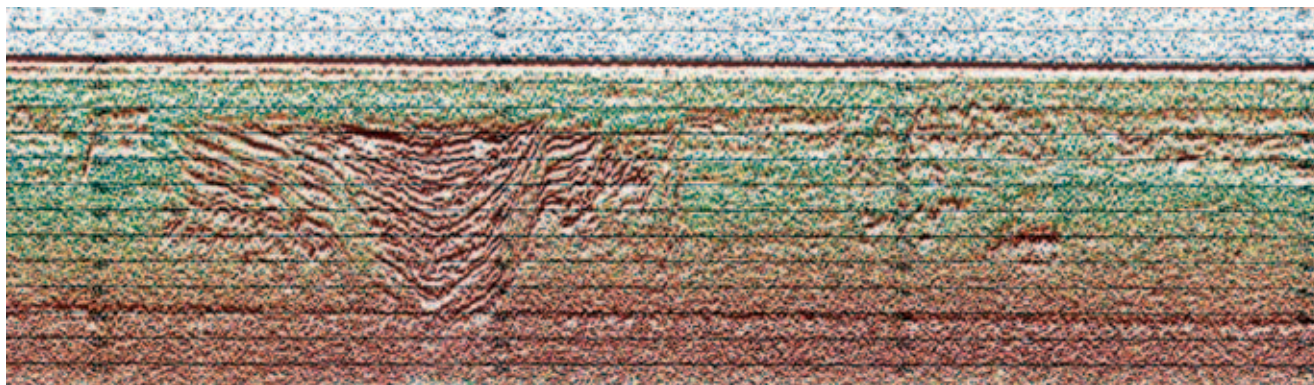


Fig. 9 - Paleo-alvei sepolti al largo della bocca di Porto Buso (Laguna di Grado).
- Buried palaeo-channel off shore Porto Buso inlet (Grado Lagoon).

Al percorso Q1 del paleo-Torre / canale di Morgo si innestano alcuni canali e segnatamente quello delle Mee - San Pietro d'Orio che fluiva immediatamente a SW del castrum gradese. Un percorso importante sembra essere quello P che dopo aver lambito la duna di San Marco prosegue per l'isola di Villanova (scafo relitto di nave oneraria romana), poi per l'isola della Pampagnola dove si ubicano le grandi costruzioni di cui fa cenno de grassi (magazzini), per confluire con il ramo Q1. A breve distanza da questo percorso si estendeva la strada che da Aquileia portava a Grado e che è stata riconosciuta (anche dallo scrivente) in più punti.

Il percorso L si propaga in laguna con due rami; uno più settentrionale che percorre la direzione dell'attuale canale del Biero e va a confluire con i canali più occidentali all'altezza di Grado e un secondo ramo che defluisce a occidente dell'isola santuario di Barbana e s'immerge nel canale dei Moreri, oggi sbarrato. Entrambi questi antichi percorsi fluviali, evidenziati anche dalla presenza di ghiaie nel sottosuolo (segnalate da vecchi pescatori lagunari e da sondaggi stratigrafici; STEFANINI & CUCCHI 1977) dovevano insistere sulla laguna che si era formata alle spalle del cordone litorale di Grado e che continuava a oriente, nell'area di Primero. Chiude questa sequenza di vie fluviali che si fanno lagunari quello contrassegnato dalla lettera E che valicava l'antica laguna seguendo la direzione del canale Cavegi-canale che costeggia la valle Artalina, per inserirsi, infine, alle spalle del Banco della Mula di Muggia.

Come detto tutti questi percorsi trovano parziale riscontro con i resti archeologici individuati in laguna e, al momento, devono essere considerati a tutti gli effetti come più che probabili vie d'acque fluviali riprese dall'ambiente lagunare. La riprova di questi antichi percorsi fluvio-lagunari si avrà solo quando sarà conclusa l'analisi delle linee sismiche ad alta definizione del sottofondo della fascia costiera e si potrà indagare sulle geometrie idrauliche degli alvei sepolti e, soprattutto, sulla loro profondità in relazione all'eustatismo. Alcuni brevi saggi di questi rilievi sismici (E. Gordini, OGS Trieste, com. pers.) mostrano la presenza di diffusi letti sepolti (fig. 9)

in continuità con i percorsi analizzati in questo lavoro. Altre incisioni con andamento sinuoso-meandriforme si trovano sul fondo marino (GORDINI et al. 2003) e appaiono anch'esse in relazione ad antichi percorsi fluviali.

Discussione e conclusioni

In breve sintesi è evidente dalla raffigurazione planimetrica di tutte le direttrici di deflusso dei fiumi individuate (fig. 4) quanto complessa è stata la vita di questi corsi d'acqua negli ultimi 24.000 anni. Come detto, poi, quanto si riesce a ricostruire dall'indagine geologico-morfologica di superficie è senza ombra di dubbio più semplice, più decifrabile di quanto si deduce dal sottosuolo, dove si registrano continue interdigitazioni, sovrapposizioni, erosioni e sedimentazioni dei diversi corsi fluviali. È evidente da quanto detto che mentre risulta abbastanza semplice criptare lo sviluppo dei diversi megafan nel loro tratto centro-assiale, le cose si complicano notevolmente quando si cerca di delimitare le loro ali che si sovrappongono, si interdigitano con quelle dei megafan adiacenti.

Dall'orientamento delle paleo-direttrici dei fiumi friulano-isontini, riconosciute in superficie, emerge che i tracciati relativi al LGM e non più attivi del paleo-Cormor si mantengono con una direzione quasi costante NNW-SSE e non sembrano avere un seguito in laguna. Al contrario, quelle del paleo-Torre, a partire dai tracciati del LGM fino a quelli più prossimi al periodo Atlantico - Sub Boreale, presentano una direzione essenzialmente N-S, per diversificarsi notevolmente in corrispondenza dell'area lagunare. Questi tracciati e soprattutto la loro età accertata, disegnano una successione di avulsioni verso oriente che vanno ad interagire con i percorsi dei paleo-Natisone e Isonzo nell'area di Aquileia. La maggior parte di questi tracciati ha una continuazione in laguna e si devono ritenere almeno antecedenti all'età dei reperti archeologici ivi individuati (I-IV sec. d.C.). Più complessa è la situazione dei diversi rami dell'Isonzo che palesa un ampio ventaglio di direttrici di deflusso da quelle pedecarsiche (dal Sub Boreale al primo periodo

romano ?), a quelle più occidentali di commistione con Torre/Natisone, tutte inserite per la maturità dei suoli all'intervallo di tempo che va dal 7000 al 800 a.C. Di certo l'Isonzo storico (almeno dal VII-VIII sec. d.C.) si trovava nel settore occidentale del suo *megafan* e ha iniziato una progressiva avulsione verso oriente, interrotta in tempo recenti dall'intervento antropico che lo ha costretto a ritornare dentro il letto attuale. I progressivi cambiamenti di percorso del fiume, documentati dalla ricerca storico-cartografica, hanno portato la foce dell'Isonzo a spostarsi con una certa regolarità con un passo da 2 a 3 km ogni tre secoli, un lasso di tempo estremamente breve se si considerano la frequenza delle avulsioni del Rodano (32 ogni 1450 anni ca.; FASSETTA 2004) o del Mississippi (ogni 1000-2000 anni nell'Olocene; ROBERT 1997). Non avendo elementi di datazione probanti per i restanti percorsi idrografici dell'Isonzo, si possono a questo punto prospettare solamente alcune ipotesi di massima sulla modalità di successione delle avulsioni più antiche.

- Ipotesi a. Il paleo-Isonzo da una prima posizione pedecarsica si è progressivamente spostato verso occidente fino alla posizione del Fiume Thiel (percorso L) per poi ritornare verso le posizioni precedenti, attestandosi forzatamente in corrispondenza del percorso attuale.

- Ipotesi b. Le diversioni fluviali avvenute prima del VII-VIII sec. d. C. non sono state continue e progressive in una direzione, ma si sono realizzate a salti verso Est e verso Ovest, con repentini cambiamenti di rotta.

Ovviamente a queste ipotesi si deve aggiungere una terza che prevede alcune avulsioni più o meno graduali, intervallate o succedute da altre, a salti.

Per quanto riguarda il paleo-Torre, invece, appare accertata una sua gradualità nel cambiamento di percorso da Ovest verso Est fino a stabilizzarsi nell'area di Aquileia (da 5000 all'inizio del I sec. d.C.) dove ha subito una profonda metamorfosi idrodinamica o una disattivazione dell'alveo (tra il IV e il I sec. a.C.). Anche le vie d'acqua ora in laguna e testimoniate dall'archeologia, appaiono conseguenti a questa dinamica avulsiva e alla presunta conformazione digitata dell'ambiente deltizio con diverse baie e canali interdistributori. Lo scenario che esce da questa seppur preliminare ricostruzione della paleogeografia della bassa pianura friulano-isontina tratteggia una serie di delta e lagune che si sono alternate nel tempo e nello spazio in funzione delle successive diversioni fluviali e sotto condizioni di trasgressione marina, determinata dall'innalzamento del mare olocenico.

In questa prima bozza di ricostruzione paleo idrografica della piana isontina sembrano perdere d'importanza i percorsi del Natisone, tanto celebrato dagli autori latini e da quelli del recente passato che l'hanno sempre ritenuto fondamentale nell'evoluzione del territorio pianiziale. Al momento e sulla base dei dati in nostro possesso è stato possibile solamente discriminare alcuni percorsi dell'Isonzo da quelli del Natisone/Torre. Non si può escludere che all'interno dell'area di commistione

Isonzo/Natisone l'attività primaria sia stata quella del secondo fiume. Di certo in un momento della sua vita e nelle sue diversioni verso Ovest, il fiume "vagabondo" ha occupato e riutilizzato i vecchi alvei del Fiume Natisone e forse del Torre che si ubicano nell'area aquileiese.

Tra le diverse cause che hanno determinato le diversioni individuate e quelle supposte, giova evidenziare che l'Isonzo, ma anche il Torre e il Natisone, in epoca storica si sono portati progressivamente e con una elevata frequenza di avulsione (vedi Isonzo) nella direzione del trust dinarico della linea di Panzano, che si prolunga anche nel Golfo di Trieste. Ancor oggi, abbassamenti del suolo, probabilmente imputabili a cause tettoniche vengono segnalati nell'area di Duino e con valori <1 mm/anno (ANTONIOLI et al. 2009; C. Braitemberg, com. pers.). A questo punto non appare più una semplice supposizione ritenere che i cambiamenti di percorso subiti recentemente dai fiumi isontini siano stati in parte o completamente condizionati dall'attività tettonica dell'area, sviluppata durante il periodo romano, medioevale e rinascimentale (al tempo dei rovinosi terremoti storici del 988, 1348 e 1511 ad Aquileia) e tuttora in atto. Attività questa che ha riguardato oltre alla linea di Panzano anche quella di Aquileia (G.B. Carulli, com. pers.), oggi in fase di definizione (BUSETTI et al. in stampa).

Manoscritto pervenuto il 05.II.2010 e approvato il 20.III.2010.

Ringraziamenti

Si ringrazia il prof. F. Cucchi, coordinatore e responsabile scientifico del progetto della cartografia geologica C.G.T e Geo-CGT della Regione Friuli Venezia Giulia e i colleghi prof. G. Tunis (responsabile scientifico del Foglio Gorizia), prof. G.P. Fanzutti (corresponsabile, assieme al dott. Fontana, del Foglio Palmanova) e ancora il dott. A. Fontana che ha condiviso con me la responsabilità del Foglio Lignano Sabbiadoro e le variegate tematiche inerenti il Quaternario per tutti i Fogli prodotti.

Un doveroso riconoscimento va a tutti i collaboratori-geologi che ci hanno seguito nel lavoro in campagna e specificatamente ai dott. I. Burla, S. Devoto, A. Rossi ed E. Zavagno. Un ringraziamento particolare alla dott.ssa F. Maselli Scotti, Direttore del Museo Nazionale Archeologico di Aquileia, per i consigli e l'aiuto per la discussione dei dati archeologici e al prof. M. Smareglia per la collaborazione prestata per le ricerche sulla documentazione dell'ing. arch. V. De Grassi e al dott. A. Fontana, al collega G. Tunis per la revisione del testo (e dell'inglese). Un grazie anche alla dott.ssa M. Busetti dell'OGS di Trieste al collega prof. Tita Carulli per le informazioni sulle recenti ricerche nel sottosuolo dell'area in esame e all'amico S. Caressa, al dott. E. Gordini, a C. Landucci e al dott. E. Zavagno per l'aiuto fornitomi per la parte iconografica.

Per ultimo, ma non ultimo, un ringraziamento di cuore ai due "anonimi" referee per le puntuali precisazioni e per i continui perfezionamenti del testo che lo hanno reso più ricco e completo. A loro il mio ringraziamento, accompagnato dalla personale considerazione di ritenerli, a tutti gli effetti, innominati coautori dell'articolo.

Summary

Geomorphological, sedimentological, pedological and archaeological analysis have allowed the reconstruction of the main outflow directions of the easternmost rivers (Isonzo, Natisone, Torre and Cormor) of the low Isonzo-Friuli plain. These rivers since Last Glacial Maximum up to the Holocene have been characterized by significant channel adjustments evidenced by continuous avulsions eastwards and vice versa westwards directed. Has been observed that due to the stream diversions the abandoned canals were fast occupied by other rivers of the "Isonzo" fluvial system, thus giving rise to overlap, interfingering, sedimentation and erosion of the alluvial deposits of the sector of the plain in question.

Considering this scenery, the identification of the different deposits in the subsoil is a complex matter some branches of the Isonzo, Torre-Natisone and Cormor rivers have been recognized mainly on the base of the surface geological evidences. The old Torre riverine sediments have been found at the Aquileia archaeological site where the confluence of the Torre river in Natisone River (*Natiso cum Turro*) has been reported in Roman age (Plinio, I century A.D.). Many doubts still exist concerning the characterization of the old riverine deposits of the Natisone or those of the Isonzo. Of certain the rivers described during the Roman age and not have the morphological and sedimentological characteristics of the fluvile deposits detected in the subsoil and this is due to severe hydrodynamic changes that previously caused the shifting of the streams towards East.

The reconstruction of the complex palaeo-hydrographic network in the coastal plain shows the continuation of some fluvial channels in the today's lagoon and, partly, offshore in littoral zone (Grado). The old courses of the wide bird-foot-like delta of the Torre River detected in the Grado lagoon have supplied the transport of the goods to the Aquileia emporia with the main waterways. Several archaeological evidences, among which ships wreckages found in the fore-mentioned old channel courses, strengthen the geological data. As for as the continuous avulsions of the Isonzo River are concerned, a set of clues led to hypothesize that this river at first flowed in the pied karstic area and widened its mouth in the Panzano bay, to the West of Lisert palaeo-lagoon, then it migrated even more to the West interacting with the water-courses of the Torre River and Natisone River which, previously, reached in sea by separate channels. An eastward shifting of the Isonzo main course which involved its tributary steams in the migration did occur certainly during the Middle Ages but probably this event took place in former times. Lastly, the role played by regional tectonics in guiding the river avulsions in the studied area is not subordinate among the various control processes. In particular the Palmanova line, to the East and the recently discovered Aquileia line (research in way) seem to be responsible together with other processes for the complex channel adjustments in the Eastern section of the Friuli plain.

Bibliografia

- AMOROSI, A., A. FONTANA, F. ANTONIOLI, S. PRIMON & A. BONDESAN. 2008. Post-LGM sedimentation and Holocene shoreline evolution in the NW Adriatic coastal area. *GeoActa* 7: 41- 67.
- ANTICHITÀ ALTO ADRIATICHE. 2004. Studi sancanzianesi in memoria di Maria Mirabella Roberti 56.
- ANTONIOLI, F., M. ANZIDEI, K. LAMBECK, R. AURIEMMA, D. GADDI, S. FURLANI, P. ORRÙ, E. SOLINAS, A. GASPARI, S. KARINJA, V. KOVAČIČ & L. SURACE. 2007. Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data. *Quaternary Science Reviews* 26: 2463-86.
- ANTONIOLI, F., L. FERRANTI, A. FONTANA, A.M. AMOROSI, A. BONDESAN, C. BRAITENBERG, A. DUTTON, G. FONTOLAN, S. FURLANI, K. LAMBECK, G. MASTRONUZZI, C. MONACO, G. SPADA & P. STOCCHI. 2009. Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines. *Quaternary International* 206, n. 1/2: 102-33.
- ARNAUD-FASSETTA, G. 2004. The upper Rhône delta sedimentary record in the Arles-Piton core: analysis of delta-plain subenvironments, avulsion frequency, aggradation rate and origin of sediment yield. *Geografiska Annaler* 86, A: 367-83.
- ARNAUD-FASSETTA, G., M.B. CARRE, R. MAROCCO, F. MASSELLI SCOTTI, N. PUGLIESE, C. ZACCARIA, A. BANDELLI, V. BRESSON, G. MANZONI, M.E. MONTENEGRO, C. MORHANGE, M. PIPAN, A. PRIZZON & I. SICHÈ. 2003. The Roman site of Aquileia (Northern Italy): example of fluvial geoarchaeology in a Mediterranean deltaic plain. *Géomorphologie: relief, processus, environnement* 4: 227-46.
- BERTACCHI, L. 1992. Il culto delle Dominae ad Aquileia. Traccia per una ricerca storico-topografica. *Aquileia Nostra* 63: 9-50.
- BERTACCHI, L. 1985. Marina di Macia. *Not. Archeol. Aquileia Nostra* 56: 452-3.
- BERTACCHI, L. 1990. Il Sistema portuale della metropoli aquileiese. *Antichità Alto Adriatiche* 36: 227-53.
- BOTAZZI, G., & M. BUORA. 1999. Nuovi dati sul territorio di Aquileia romana. *Antichità Alto Adriatiche* 45: 61-78.
- BRAMBATI, A. 1969. Sedimentazione recente nelle lagune di Marano e Grado (Adriatico settentrionale). *St. Trent. Sc. Nat.* A, 45, n. 2: 11-29.
- BRAMBATI, A. 1970. Provenienza, trasporto e accumulo dei sedimenti recenti nelle lagune di Marano e Grado e nei litorali tra i fiumi Isonzo e Tagliamento. *Mem. Soc. Geol. It.* 9: 281-329.
- BRAMBATI, A. 1985. Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico settentrionale. *Antichità Alto Adriatiche* 27: 13-47.
- BRUSIN, G. 1934. *Gli scavi di Aquileia*. Udine: La Panarie.
- BUSETTI, M., A. CABURLOTTO, L. BARADELLO, E. GORDINI, & C. ZANOLLA. 2009. The Holocene eastward migration of the mouth of the Isonzo River: a main factor affecting the formation of the Grado Lagoon. Poster in *Geoitalia 2009*.
- BUSETTI, M., V. VOLPI, E. BARISON, M. GIUSTINIANI, M. MARCHI, R. RAMELLA, N. WARDELL & C. ZANOLLA, in press. Meso-Cenozoic seismic stratigraphy and the tectonic setting of the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *GeoActa*.
- BUSETTI, M., V. VOLPI, R. NICOLICH, E. BARISON, R. ROMEO, L. BARADELLO, G. BRANCATELLI, M. GIUSTINIANI, M. MARCHI, C. ZANOLLA, N. WARDELL, D. NIETO & R. RAMELLA, in press. Dinaric tectonic features in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Boll. Geofisica Teorica ed Applicata*.
- CARRE, M.B., R. MAROCCO, F. MASSELLI SCOTTI & N. PUGLIESE. 2003. Quelques données récentes sur le réseau fluvial et le paléoenvironnement d'Aquileia (Italie nord-

- orientale). Puertos Fluviales Antiguos: Ciudad, Desarrollo e Infraestructuras. In *IV Jornadas de Arqueología Subacuática*, 299-311. Barcellona: ACTAS.
- CARULLI, G.B. 2006. *Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia*. Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Dir. Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Serv. Geol..
- CASTIGLIONI, G.B. 1999. Geomorphology of the Po plain. *Geogr. Fis. Dinam. Quat. suppl.* 3: 7-20.
- COMEL, A. 1932. Ricerche preliminari per l'identificazione del corso naturale del Natisone presso Aquileia romana. *Aquileia Nostra* 3: 23-46.
- COMEL, A. 1954. Monografia sui terreni della pianura friulana, 1 Genesi della pianura orientale costruita dall'Isonzo e dai suoi affluenti. *Nuovi Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. Gorizia* 5: 1-286.
- COMUNE DI GORIZIA. 2000. *Gorizia e la valle dell'Isonzo: dalla preistoria al medioevo*. Monografie goriziane.
- COVELLI, S., G. FONTOLAN, J. FAGANELI & N. OGRIN. 2006. Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Marine Geol.* 230, n. 1-2: 29-51.
- CREMASCHI, M. 1990. Pedogenesi medio olocenica ed usi dei suoli durante il Neolitico in Italia settentrionale. *Monog. di Natura Bresciana* 13: 71-89. Brescia.
- DE GRASSI, V. 1950. Esplorazioni archeologiche nel territorio della laguna di Grado. *Aquileia Nostra* 21: 5-24.
- DE GRASSI, V. 1952. Le rovine subacquee di San Gottardo. *Aquileia Nostra* 22: 27-36.
- DELUISA, L. 1983. *Grado e la sua laguna*. Grado: L'ettagono.
- DEPETRIS, A. 1999. *Monfalcone "Parvula sed mea"*. Monfalcone: Edizioni della Laguna.
- DESIO, A. 1922. Le variazioni della foce del fiume Isonzo. *Riv. Geogr. It.* 29: 249-68.
- DOMINI, S. 1989. Un'aretta votiva all'Isonzo. Un fiume. Un ponte. Una via consolare. *Bisiacaria*: 53-65.
- DUCA, R. 1981. *L'agro Monfalconese: sviluppi storici del territorio e bonifica. Nel 1° Centenario dell'irrigazione e nel Cinquecentenario della redenzione idraulica*. Udine: Ed. Grillo.
- FONTANA, A. 2006. *Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 47.
- FONTANA, A. 2009. Geomorfologia e paleo ambiente lungo la via Annia nella pianura friulana. In *Atti della giornata di studi "Via Annia, progetto di recupero e valorizzazione di un'antica strada romana" Padova giugno 2008*, cur. F. VERONESE, 121-42. Il Poligrafico.
- GADDI, D. 2001. Approdi nella laguna di Grado, strutture portuali e rotte marittime. *Antichità Alto Adriatiche* 66: 261-76.
- GATTO, F., & R. MAROCCO. 1992. Caratteri morfologici ed antropici della laguna di Grado (Alto Adriatico). *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 14: 19-42.
- GATTO, F., & R. MAROCCO. 1993. Morfometria e geometria idraulica dei canali della laguna di Grado (Friuli - Venezia Giulia). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 16: 107-20.
- GORDINI, E., R. MAROCCO & E. VIO. 2002. Subsurface stratigraphy of "Trezza Grande" bank (Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea). *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 24: 2-29.
- GORDINI, E., S. CARESSA & R. MAROCCO. 2003. Nuova Carta morfo-sedimentologica del Golfo di Trieste (da Punta Tagliamento alla foce dell'Isonzo). *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 25: 5-29.
- KANDLER, P. 1864. *Il discorso sul Timavo*. Trieste.
- LAGO, L. 1998. *Theatrum Adriae. Dalle Alpi all'Adriatico nella cartografia del passato*. Trieste: Ed. Lint.
- LENARDON, G., & R. MAROCCO. 1994. Le dune di Belvedere-San Marco. Una antica linea di riva? 2) Considerazioni sedimentologiche. *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 16: 5-24.
- MARCHESAN, M., & R. MAROCCO. 1994. Un dosso di rena... *Grado e la Provincia isontina* 3: 19-24.
- MARCHETTI, M. 2001. Fluvial, fluvioglacial and lacustrine forms and deposits. In *Note illustrative della Carta Geomorfologica della pianura padana*, cur. G.B. CASTIGLIONI & G.B. PELLEGRINI, 73-104. *Geogr. Fis. Din. Quater. suppl.* 4.
- MARCHETTI, M. 2008. Clima e attività umane come causa dei cambiamenti fluviali. Il caso del fiume Po. *Il Quaternario*, 21, n. 1B: 241-50.
- MARCHIORI, A. 1989. Aquileia: porto fluviale e sistema portuale. *Aquileia Nostra* 60: 114-47.
- MARIZZA, L. 1956. Costruzione geo-pedologica del Territorio di Monfalcone. *Nuovi Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. Gorizia* 7: 101-38.
- MAROCCO, R., & N. PUGLIESE. 1982. Sedimenti e livelli antropici di Cà Baredi (Canale d'Anfora-Aquileia). *Boll. Soc. Adriatica delle Scienze Trieste* 66: 61-72.
- MAROCCO, R., N. PUGLIESE & D. STOLFA. 1984. Some remarks on the origin and evolution of the Grado lagoon (Northern Adriatic Sea). *Boll. Oceanol. Teor. Appl.* 2, n. 1: 11-7.
- MAROCCO, R., D. STOLFA, M.L. ZUCCHI STOLFA & G. LENARDON. 1988. Considerazioni sedimentologiche, paleoecologiche e geochimiche sul sondaggio S 15 (Canale di Morgo - Laguna di Grado). *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 10: 81-100.
- MAROCCO, R. 1989. Evoluzione quaternaria della laguna di Marano (Friuli Venezia Giulia). *Il Quaternario* 2: 125-37.
- MAROCCO, R. 1991. Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste). *Il Quaternario* 4: 223-32.
- MAROCCO, R. 1991. Le dune di Belvedere-San Marco. Una antica linea di riva? 1) Considerazioni geomorfologiche. *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 13: 57-76.
- MAROCCO, R., & M. PESSINA. 1995. Il rischio litorale nell'area circumlagunare del Friuli Venezia Giulia. *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 17: 5-35.
- MAROCCO, R. 2004. Le quote delle costruzioni romane e paleocristiane del castrum di Grado in relazione al livello del mare. *Aquileia Nostra* 75: 161-68.
- MAROCCO, R., F. MASELLI SCOTTI, R. MELIS & E. VIO. 2005. Il sottosuolo del castrum di Grado (Adriatico settentrionale): Studi preliminari per una ricostruzione paleogeografia. *Il Quaternario* 18, n. 2: 135-46.
- MAROCCO, R. 2008. La villa di Ronchi nell'ambito della geologia della piana isontina. In *Luoghi di vita rurale. Un percorso che attraversa i secoli*, 9-13. Comune di Ronchi dei Legionari.
- MAROCCO, R., R. MELIS & N. PUGLIESE. 2009. *Recent palaeoenvironmental evolution of the coastal plains near the archaeological site of Aquileia (Friuli Venezia Giulia)*. M1-5 Geoitalia 2009.
- MAROCCO, R., & R. MELIS, in press. Stratigrafia e paleogeografia del "Lacus Timavi" (Friuli Venezia Giulia). *Il Quaternario*.
- MASELLI SCOTTI, F., A. PESSINA & S. VITRI, 1996-97. *Prima dei Romani. Scoperte di preistoria e protostoria fra colline e mare*. Ministero Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza B.A.A.A.S del Friuli Venezia Giulia.

- MASELLI SCOTTI, F. 2008. *Luoghi di vita rurale. Un percorso che attraversa i secoli*. Comune di Ronchi dei Legionari.
- MORELLI DE ROSSI, P. 1969. La zona archeologica di Porto Buso: prospettive ed ipotesi. *Aquileia Nostra* 40: 1-14.
- MURST, 1997. *Carta geomorfologica della Pianura Padana (Scala 1: 250 000). Foglio 3*. Firenze: S.EL.C.A..
- NICOLICH, R., B. DELLA VEDOVA, M. GIUSTINIANI & R. FANTONI, 2004. *Carta del sottosuolo della Pianura Friulana (Map of subsurface of the Friuli Plain)*. Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Dir. Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Serv. Geologico.
- NICOLICH, R., B. DELLA VEDOVA, E. BARISON & O. CIMOLINO. 2008. Le acque calde della bassa pianura friulana e la loro potenzialità. *Carta del sottosuolo della Pianura Friulana (Map of subsurface of the Friuli Plain). Rassegna Tecnica Friuli Venezia Giulia* 3: 8-12.
- OROMBELLI, G., & C. RAVAZZI. 2006. The late glacial and early Holocene chronology and paleoclimate. *Il Quaternario* 9: 439-44.
- PETRONIO, A. 2000-2001. La spiaggia di Golameto (delta isontino): analisi e proposte per una riqualificazione del litorale. Tesi di laurea, Università degli Studi di Trieste (Relatore R. Marocco).
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA. 1997-2008. *Carta Geologico-Tecnica Fogli Lignano Sabbiadoro, Gorizia, Grado e Palmanova*. Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Dir. Centrale Ambiente e Lavori Pubblici - Servizio Geologico. Trieste.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA. 2005-2009. *Carta GeoCGT Fogli Lignano Sabbiadoro, Gorizia, Grado e Palmanova*. Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Dir. Centrale Ambiente e Lavori Pubblici - Servizio Geologico. Trieste.
- RIGO, R. 1953-1954. Sul percorso dell'Isonzo nell'Antichità classica. *Aquileia Nostra* 24: 13-26.
- ROBERTS, H.H. 1997 - Dynamic changes of the Holocene Mississippi River delta plain: the delta cycle. *Journal of Coastal Research* 13: 605-27.
- SICHÈ, I. 2008. Migrations et métamorphoses historiques des fleuves torrentiels sur leur delta et leurs impacts sur le implantations portuaires antiques. Thèse de Doctorat de Géographie Phisique Université Paris 7.
- SCHMIEDT, G. 1980. Archeologia della laguna di Grado. *Antichità Alto Adriatiche* 17: 17-40.
- SCRINARI, V. 1955. Scavo archeologico a Staranzano. *Aquileia Nostra* 36: 30-39.
- STEFANINI, S., & F. CUCCHI 1977. Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del F. Piave. *Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque* 34, n. 3: 67-79.
- SURIAN, N., D. PASQUALINI & G. TUNIS. 2007. La dinamica dell'alveo del Torrente Torre (Pianura Friulana) nel corso degli ultimi due secoli. *Quaderni dell'Accademia delle Scienze di Torino*.
- SURIAN, N., & M. RINALDI. 2008. Dinamica recente ed attuale degli alvei fluviali in Italia: stato dell'arte e prospettive. *Il Quaternario* 21, n. 1B: 233-40.
- SURIAN, N., L. ZILIANI, L. CIBIEN, A. CISOTTO & F. BARUFFI. 2008. Variazioni morfologiche degli alvei dei principali corsi d'acqua veneto-friulani negli ultimi 200 anni. *Il Quaternario* 21, n. 1B: 279-90.
- TORTORICI, E. 1997. Archeologia subacquea e trasformazioni morfologiche del territorio. Il caso della laguna di Grado. *Atti Conv. Naz. Archeologia Subacquea, Anzio*, 1996: 315-25.
- ZANNIER, K. 2009. *Tra Aquileia e Lacus Timavi. Il contesto del "ponte" romano di Ronchi dei Legionari*. Studi e Ricerche sulla Gallia Cisalpina 22, Roma: Edizioni Quasar.

Indirizzo dell'Autore - Author's address:

- Ruggero MAROCCO
Dipartimento di Geoscienze
Università degli Studi di Trieste
Via Weiss 2, I-34127 TRIESTE
e-mail: marocco@units.it