

## **CARTOGRAFIE DEL PASSATO E GIS PER L'ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DEL PAESAGGIO**

### **CARTOGRAPHY OF THE PAST AND GIS FOR THE ANALYSIS OF LANDSCAPE TRANSFORMATIONS**

M.Azzari, M.De Silva, G.Pizziolo

[azzari@unifi.it](mailto:azzari@unifi.it) [michele.desilva@unifi.it](mailto:michele.desilva@unifi.it) [giovanna.pizziolo@unifi.it](mailto:giovanna.pizziolo@unifi.it)

#### **Riassunto**

Il contributo si propone di illustrare la metodologia elaborata per l'acquisizione, all'interno di un GIS, di fonti cartografiche storiche al fine di ricostruire i passati assetti territoriali e le trasformazioni del paesaggio.

La ricerca è stata focalizzata sull'individuazione e analisi dei mutamenti della rete idrografica e della viabilità nella prima metà dell'Ottocento. L'area presa in esame è rappresentata dalle zone umide della bassa Val di Cornia, nella Toscana meridionale. I dati sono stati ricavati da cartografia pregeodetica e catastale storica.

*PAROLE CHIAVE:* cartografia storica, GIS, Toscana

#### **Summary**

This contribution proposes an illustration of the methodology elaborated for the acquisition of historical cartographic sources within a GIS to reconstruct the territorial orders and landscape transformations of the past.

The research was focused on the individuation and analysis of changes in the hydrographic and road networks in the early 1800s. The zone being examined is represented by the wetlands of the lower Val di Cornia in southern Tuscany. The data were gathered from pre-geodetic and historical cadastral cartography.

*KEY WORDS:* GIS, Tuscany, Historical cartography

## **Premessa**

Il contributo si propone di illustrare il ruolo dei GIS nella ricostruzione dei passati assetti territoriali e la metodologia di lavoro necessaria all'acquisizione, all'interno di un Sistema Informativo Geografico, di cartografia del passato pregeodetica e geodetica in considerazione del ruolo che tali fonti possono assumere nella ricostruzione delle trasformazioni del paesaggio.

La ricerca si è focalizzata, pertanto, sullo studio di procedure idonee all'inserimento, alla gestione ed all'analisi di strati informativi ricavati da tali particolarissimi documenti all'interno di un GIS. Nel caso di studio sono state affrontate le problematiche connesse all'acquisizione dei tematismi idrografia e viabilità quali indicatori delle trasformazioni del paesaggio storico in esame.

L'area presa in esame è rappresentata dalle aree umide ed ex-umide intorno della bassa Val di Cornia (Livorno) [fig.1].

### **1. Il trattamento della cartografia storica all'interno di un GIS**

L'utilizzo della cartografia storica e delle informazioni in essa contenute comporta alcuni problemi derivanti, in primo luogo, dai metodi adottati in passato, talvolta molto diversi da quelli attuali, per la rappresentazione di un territorio sia dal punto di vista dei contenuti che da quello della stessa rappresentazione grafica. Le prime problematiche da affrontare sono quelle legate ai diversi metodi di rappresentazione grafica. L'utilizzo in passato di sistemi di rappresentazione del territorio non zenitali, non geometrici o semplicemente 'imprecisi' (volutamente o per errore) rende difficoltoso il corretto posizionamento, e quindi la sovrapponibilità, degli oggetti geografici in uno spazio georeferenziato come quello dei GIS. Pur riconoscendo l'importanza, ai fini dell'interpretazione, del sistema di rappresentazione adottato da una carta antica, talvolta con caratteristiche di grande immediatezza e funzionalità comunicativa, dobbiamo considerare la sua mancanza di accuratezza come una deformazione, naturalmente dal punto di vista geometrico. Soltanto attraverso la correzione, per quanto possibile, di tali deformazioni sarà consentito il suo inserimento in uno spazio geografico geometricamente noto. Sebbene la deformazione dovuta alla rappresentazione sia spesso, specialmente per le carte più antiche, la più importante, si

deve tenere conto di una serie di deformazioni che si vengono ad aggiungere nelle fasi di conservazione, di riproduzione e di acquisizione digitale di una carta antica. Tali deformazioni aggiuntive divengono tanto più importanti quanto più una carta è geometricamente corretta dal punto di vista della rappresentazione.

I tipi e le caratteristiche delle deformazioni che si dovrà cercare di correggere nel processo di acquisizione e georeferenziazione delle carte antiche possono essere sintetizzate come segue.

Le deformazioni intrinseche di una carta dipendono essenzialmente dal metodo di rappresentazione ed in parte da errori ed imprecisioni. Le carte più antiche ed in genere le carte non zenitali contengono deformazioni non uniformi e discontinue, quasi sempre non risolvibili attraverso le più comuni trasformazioni lineari che invece offrono buoni risultati con carte geometriche o semi-geometriche.

Le deformazioni che intervengono con il tempo sono da imputare al tipo e alla qualità del supporto (carta, tela, ecc.) E alle modalità e stato di conservazione. In linea di massima si tratta spesso di deformazioni abbastanza omogenee anche se non simmetriche nelle varie direzioni. Talvolta però si possono riscontrare deformazioni disomogenee dovute a problemi nella fase di conservazione (umidità, ecc.), O all'uso e al maneggiamento (piegature, arrotolamenti ecc.).

Le deformazioni introdotte dalla riproduzione dell'originale dipendono ovviamente dal metodo utilizzato. La scansione diretta e la trasposizione su lucido, dove possibile, riducono al minimo questo tipo di deformazioni, mentre altri sistemi di riproduzione, come ad esempio la ripresa fotografica e la fotocopia generano talvolta deformazioni notevoli e disomogenee e quindi difficilmente correggibili se non attraverso complesse procedure di compensazione.

Infine, gli stessi processi di georeferenziazione, che pur correggono o attenuano le deformazioni della carta, possono introdurre nuove deformazioni dovute agli stessi algoritmi di correzione geometrica.

Da tutto ciò risulta evidente che le tecniche e le procedure per la georeferenziazione della cartografia storica possono variare in maniera considerevole in relazione alla tipologia di carta e alla modalità e qualità della riproduzione disponibile.

Occorre a questo punto accennare brevemente ai principali tipi di trasformazione

geometrica che possono essere applicati alla correzione e georeferenziazione della cartografia storica. Innanzitutto possiamo distinguere due diverse famiglie di trasformazioni: le trasformazioni globali e le trasformazioni locali.

Nel primo caso, la procedura adottata, comunemente indicata con il nome di *rubber sheeting*, si basa sulla definizione di una forma polinomiale che opera una trasformazione piana in modo da far coincidere nella maniera più accurata possibile un set di punti di controllo scelti sulla carta antica con un set di punti omologhi riconosciuti su una carta il cui sistema di riferimento sia noto. In termini generali, la complessità e l'accuratezza della trasformazione dipendono, oltre che dal numero di punti di controllo, dal numero di parametri e dall'ordine del polinomio adottato. L'equazione più comunemente utilizzata è quella bilineare piana a otto parametri ma, nei casi più semplici, possono essere adottate trasformazioni lineari come quella affine o conforme. In ogni caso si tratta di trasformazioni calcolate sulla base di parametri globali e che sono dunque adottabili solo per correggere deformazioni che presentano una certa omogeneità come quelle riscontrabili su carte storiche abbastanza recenti e con buone caratteristiche geometriche. Tali trasformazioni possono comunque essere adottate, in una fase preliminare, per un posizionamento approssimativo di carte che presentano maggiori deformazioni prima di sottoporle ad ulteriori correzioni. Le trasformazioni globali, pur non consentendo di correggere in maniera adeguata errori dovuti a deformazioni disomogenee (locali), hanno il vantaggio di ottenere un maggior controllo generale dell'intero processo di correzione geometrica dell'immagine ed una stima degli errori residui. Un caso a parte è rappresentato dalle trasformazioni omologhe che consentono la trasposizione di immagini o di punti fra due piani non paralleli tra loro. Queste sono utilizzate nella procedura di raddrizzamento delle foto aeree e delle foto architettoniche ma non sono risultate di grande utilità per la correzione geometrica delle carte storiche.

Per ottenere la correzione di deformazioni disomogenee, come nel caso della georeferenziazione di carte più antiche o comunque che utilizzano sistemi di rappresentazione non geometrici, o nei casi in cui si renda necessario raggiungere un alto grado di accuratezza, si dovrà ricorrere a trasformazioni locali le cui procedure sono conosciute come tecniche di *warping*.(Guerra 1998). Senza scendere in dettaglio nella

descrizione di tali tecniche, nate nell'ambito della *computer graphic*, ci limiteremo a sottolineare l'importanza ai fini della georeferenziazione di carte non geometriche. Tali tecniche, infatti, sono le uniche che consentono una certa sovrapponibilità delle carte più antiche con quelle moderne in modo tale da posizionare in modo più accurato, per quanto possibile, gli elementi in esse contenuti. Le tecniche di *warping* devono essere applicate con molta cautela in quanto un errore nella scelta dei punti omologhi può portare ad una sovracorrezione delle deformazioni (talvolta difficilmente rilevabile) che può indurre a interpretazioni falsate o obliterare difformità dovute a processi di trasformazione del territorio piuttosto che a errori della rappresentazione.

Un elemento di fondamentale importanza - oltre alla scelta di un metodo di trasformazione geometrica adeguato - che ci preme in questa sede sottolineare, è costituito dalla scelta della cartografia di appoggio per il riconoscimento dei punti omologhi da utilizzare per il processo di georeferenziazione. Talvolta, in special modo quando ci si occupa della cartografia più antica, il paesaggio risulta essere oggi così profondamente trasformato che, soprattutto per aree ristrette, è praticamente impossibile riconoscere alcuna similitudine che consenta di scegliere dei punti di controllo. È il caso ad esempio delle zone di colmata (o comunque più in generale di aree soggette a bonifica) e di quelle che hanno subito una recente urbanizzazione o un totale riassetto agrario. Da ciò deriva la necessità di disporre di carte intermedie fra quelle odierne e quelle oggetto di studio che ci consentano, attraverso un progressivo procedimento di riconoscimento e georeferenziazione a ritroso, di ricondurre la carta storica ad un sistema di riferimento geografico attuale. Una menzione a parte meritano i catasti, anche quelli più recenti, in quanto riportano i confini di particella che in alcuni casi, risultano essere gli unici segni sopravvissuti di un passato assetto territoriale ormai scomparso.

## **2. Il caso di studio: i paduli piombinesi**

I paduli piombinesi sono stati oggetto di ricerca in modo moderno e scientificamente corretto solo da qualche decennio e gli studi non sono numerosi. I più recenti (Mazzanti 1983) propongono che il braccio di mare interno al monte di Piombino si sia ritirato completamente durante l'ultima regressione würmiana. Non è stato comunque ancora abbastanza studiato il complesso di fenomeni che possono aver caratterizzato i vari

periodi, come la possibile sovraescavazione delle valli fluviali durante le regressioni, o l'erosione laterale, il deposito nelle valli, i ristagni e l'impaludamento nei periodi di trasgressione. La trasgressione versiliana degli ultimi 10.000 anni ha presumibilmente determinato un aspetto della zona simile a quello descritto per l'epoca etrusco-romana e abbastanza simile a quello precedente le bonifiche.

Fra San Vincenzo e Punta Molino, due cordoni di dune parallele alla costa condussero alla formazione del padule di Pratacci, mentre i due piccoli paduli di Rimigliano e Mulinaccio occupavano due paleovalli würmiane. Dell'esistenza di queste zone umide non si ha tuttavia notizia presso gli autori antichi.

Fra Piombino e Follonica, le zone umide occuparono paleovalli würmiane e le acque stagnanti assunsero il carattere di laguna per il continuo scambio di acqua marina attraverso l'esile cordone costiero. Questa zona è ricordata come "stagna" da Rutilio Namaziano (*De reditu suo I*) agli inizi del V secolo d.C..

Al suo massimo sviluppo questa laguna si estendeva a nord fino a Poggio all'Agnello e ai monti di Campiglia, a sud-ovest fin quasi al mare, mentre ad est era limitata dalla sponda sinistra del Cornia che doveva essere emersa, dato che in essa si trovano resti di insediamenti neolitici. In età eneolitica i confini di questa laguna dovevano essere molto vicini a quelli che compaiono nella *Maremma fra Cecina e Ombrone* (1825 circa), derivata dalla *Carta geometrica della Toscana* dell'Inghirami (1830). I primi lavori di regimazione a nord di Piombino riguardarono il lago di Rimigliano. Dopo la costruzione di una steccaia con lo scopo di ritardare il deflusso delle acque per aumentare il livello del lago a favore della pesca, nel XVI secolo fu scavato allo stesso scopo un canale sotto la via Emilia per convogliarvi acque provenienti dai monti di Campiglia; proprio dal nome di Rio Emiliano derivò quello di Rimigliano.

Altre opere idrauliche del XVI secolo portarono nuove acque al lago, il cui deflusso fu favorito attraverso un nuovo emissario scavato presso Torre Vecchia.

Per quanto riguarda la laguna-palude di Piombino, oggetto specifico del presente studio, il principale ostacolo ad una efficace bonifica idraulica derivava dal fatto che solo in parte era proprietà dei Medici. Cosimo I nel 1558 per prosciugarla fece scavare un canale, a cui dette il suo nome, parallelo al Cornia, di cui rafforzò gli argini, ma la noncuranza degli altri proprietari, come gli Appiani, e il disaccordo fra il Granducato e

il Principato di Piombino, fecero fallire i progetti dei secoli XVII e XVIII. E neppure la politica illuminata di Pietro Leopoldo ebbe miglior fortuna. Pertanto le condizioni della zona andarono sempre più deteriorandosi finché, in età napoleonica, Elisa Baciocchi fece scavare il 'fosso della Principessa' per colmare, con una derivazione del Cornia, il padule di Montegemoli, opera che fu portata a termine, in piena Restaurazione, da Leopoldo II di Lorena insieme ad altri interventi che dovevano condurre alla "bonifica integrale" cioè al risanamento delle Maremme anche dal punto di vista socio-economico.

Il 27 novembre 1828 fu ordinato l'inizio dei lavori di riduzione della Maremma grossetana. Nel 1932 iniziò il prosciugamento della laguna tra Piombino e Follonica: fu chiusa la foce del Puntone che consentiva scambi fra acqua salata e dolce. Per ricevere le acque di vari canali di drenaggio, fu scavato, lungo il monte di Piombino, il canale Allacciante che ebbe due foci, una a Torre Nuova e l'altra a Capezzolo. Il corso del Cornia fu raddrizzato, arginato e collegato con due casse di colmata. Queste innalzarono i terreni producendo due piani inclinati che versavano le acque nel canale Allacciante, mentre il fosso Cosimo fu impiegato per drenare i paduli minori e infine condotto a sfociare presso Torre del Sale con foce munita di cateratte.

Un fosso Essiccatore, con cateratte alla foce presso Torre Nuova, aveva il compito di asciugare il padule di Rimigliano col supporto di una idrovora che però, sotto il Regno d'Italia, fu smantellata, cosicché la situazione tornò ad essere simile a quella precedente la bonifica leopoldina. Tali interventi sono descritti nella *Carta geometrica delle Maremme Toscane* di Felice Francolini (1938), ma alla metà dell'ottocento i Paduli di Montegemoli (o della Sdriscia, come veniva talvolta chiamato dal nome di una tenuta dei Franceschi) e di Rimigliano appaiono, da un'analisi della cartografia coeva, ancora in via di bonificazione. Solo nel 1910, tuttavia, il Rio Emiliano fu deviato per condurlo a sfociare direttamente in mare, mentre nuove idrovore provvedevano al completo prosciugamento del padule. Sempre nel 1910 fu deviato l'ultimo tratto del Cornia verso Torre del Sale, con sbocco in una cassa di colmata dello stagno di Piombino e solo nel 1957 fu immesso direttamente nel mare.

### **3. Le fonti**

Il periodo storico analizzato è quello immediatamente precedente la “bonifica integrale”. Per tale periodo, infatti, abbiamo due splendide descrizioni geometriche dei paduli piombinesi legate all’opera progettuale del governo francese e le preziose mappe del catasto geometrico particellare voluto dai Lorena.

Il *Plan du Grand Marais de la Principauté de Piombino* [fig.2], fu realizzato nell'ottobre del 1806 dal Corpo del Genio Militare francese. L'accuratissima topografia, in scala 1:10000, descrive la costa tra Poggio delle Forche e Torre Mozza. Faceva parte di un gruppo di planimetrie del piombinese delle quali resta un *Project du desséchement du grand marais de Piombino* del gennaio 1807, un progetto, sempre del Corpo del Genio Francese, relativo ad un ponte da costruirsi alla foce del Cornia (1807) ed una topografia del litorale da Piombino al promontorio di Portiglioni derivata dalle mappe del Catasto lorenese da Roberto Bombicci nel 1825.

L'attenzione del cartografo è rivolta alla rete idrografica ed ai corpi d'acqua che caratterizzavano il paesaggio costiero della bassa val di Cornia. Sono pertanto descritti con grande accuratezza aree palustri e chiari, corsi d'acqua e canali. Il rilievo è efficacemente reso mediante la tecnica dello sfumo con lumeggiamento obliquo. La copertura vegetale risulta costituita prevalentemente da boschi ed erbe palustri. I pochi coltivi sono resi mediante una simbologia convenzionale di grande effetto pittorico, simile a quella usata, sempre dal Corpo del Genio Francese, in altre piante coeve, relative ad aree diverse della Toscana. Le poche dimore rurali rappresentate nella pianta (Frangiana, Paduletto, Carlappiana, Vinarcha, Torre del Sale e S.Mommé) indicano un uso estensivo del territorio. La viabilità è indicata con precisione al punto che compaiono anche tratti di strade agibili solo in alcuni periodi dell'anno.

Il *Quadro d'Unione della Comunità di Piombino* [fig.3], redatto nel 1821 da Prospero Badalassi e Giuseppe Becattini, geometri di prima classe, raffigura alla scala 1:25000 il territorio della comunità di Piombino. Appartiene al *corpus* delle planimetrie catastali del catasto geometrico particellare lorenese e delle planimetrie catastali presenta le caratteristiche.

Manca di qualsiasi riferimento alla morfologia del territorio ed alla copertura vegetale la quale, tuttavia, può essere desunta dall'analisi dei fogli in scala 1:5000 che descrivono l'intero territorio comunale e delle rispettive "tavole indicative" che indicano particella

per particella il nome del proprietario, l'uso del suolo e la relativa stima.

Viceversa sono delineati in modo accurato la rete , il reticolo viario e il sistema insediativo.

#### **4. L'acquisizione dei tematismi**

Nell'accingersi ad analizzare l'area dei paduli Piombinesi fra il 1806 e il 1821 così come emerge dalle due fonti cartografiche selezionate si è reso necessario innanzitutto procedere alla loro georeferenziazione all'interno di un GIS al fine di ottenere un corretto posizionamento degli elementi in esse contenuti. Trattandosi in ambedue i casi di carte con buone caratteristiche geometriche si è effettuata una georeferenziazione basandosi su trasformazioni geometriche globali. Come è stato descritto tale operazione richiede il riconoscimento di punti di controllo ovvero sia di punti noti nelle carte storiche che siano riconoscibili anche nella cartografia attuale, ai quali agganciarsi per effettuare le trasformazioni polinomiali. I grandi mutamenti avvenuti nella area di studio dal primo ottocento ai giorni nostri hanno reso difficile il riconoscimento di un numero di punti sufficiente per effettuare l'operazione, rendendo pertanto sostanziale il riferimento a cartografia cronologicamente intermedia fra il 1821 e le carte odierne. La costruzione del Sistema Informativo Geografico si è dunque articolata in più fasi: dopo aver acquisito la cartografia attuale sono state individuate alcune fra le fonti intermedie possibili e si proceduto alla loro georeferenziazione. Per questo studio sono state selezionate le serie storiche dell'IGM alla scala 1:50000 e 1:25000 riferibili a fine ottocento e primi anni del novecento in quanto testimoniano alcuni fra i passaggi che hanno portato alla determinazione degli assetti attuali. Sono risultati inoltre di grande utilità i Mosaici Catastali della Regione Toscana alle scale 1:5000 e 1:10000. Una volta inserite anche queste fonti all'interno del GIS è stato finalmente possibile riconoscere con maggior accuratezza ed efficacia un numero sufficiente di punti, che ha permesso la georeferenziazione del "*Quadro di Unione*" del 1821 [fig.4] che è andato poi a costituire un ottimo supporto per il posizionamento del "*Plan*" del 1806 [fig.5]. Il sistema è stato quindi munito di un buon set di dati cartografici in formato raster georiferiti secondo il sistema di coordiante Gauss Boaga.

L'interesse della ricerca ha portato a focalizzare l'attenzione sulle informazioni relative

all'assetto idrografico e viario in quanto questi tematismi riflettono in modo diretto i mutamenti avvenuti in aree umide interessate eventualmente da interventi di bonifica. In particolare le due carte storiche forniscono informazioni su l'estensione dei corpi d'acqua, sulle caratteristiche di fiumi, canali, fossi e sulla presenza di vie di comunicazione. Tuttavia la tipologia delle informazioni riportate non è omogenea in quanto le carte sono state redatte rispondendo ad esigenze ed interessi della committenza di tipo diverso. Infatti sebbene fra le due carte ci sia un ottimo livello di comparazione di tipo geometrico ci sono alcune differenze di tipo stilistico e informativo che stimolano ad una analisi e riflessione più approfondita, necessaria e propedeutica all'acquisizione vettoriale dei tematismi. La prima considerazione da sviluppare concerne la finalità dell'esecuzione. Per il *Plan du Grand Marais* del 1806 è evidente l'interesse verso le caratteristiche idrografiche della zona, che si esplica attraverso una meticolosa attenzione rivolta alla descrizione dei corpi d'acqua rappresentati come più o meno paludosi mediante una gradazione di colore azzurro e caratterizzati da diverse tipologie di vegetazione. Si nota infatti come il cartografo abbia posto attenzione a restituire l'estensione delle singole zone a palude più o meno coperte da vegetazione arrivando a disegnare ogni sottile variazione, come ad esempio le isolette interne di vegetazione più fitta che segnalano punti di accumulo di materiale, o a definire le aree a profondità o scorrimento d'acqua maggiore. Il cartografo descrive in modo dettagliato, pittorico e molto accurato i diversi usi del suolo, che utilizza anche per dare informazioni sulle condizioni di umidità del terreno [fig.6]. Inoltre la specificità descrittiva della vegetazione fornisce importanti informazioni sugli interventi agricoli progettati rispetto alla vocazione naturale del territorio. L'altra carta in esame è invece un quadro d'unione catastale la cui finalità si orienta nel dare informazioni di consultazione rispetto alle sezioni che lo compongono, alla toponomastica di riferimento, agli agglomerati di abitato e alla viabilità che risulta suddivisa in classi tipologiche [fig.7]. Il *Quadro d'Unione* riporta anche i dati relativi all'assetto idrografico definendo con precisione la tipologia dei corsi d'acqua ma senza dare una lettura dettagliata delle caratteristiche dei corpi d'acqua che sono resi semplicemente in azzurro o in sfumato azzurro-marrone per le zone dalla definizione più incerta. Mancano informazioni specifiche sulla vegetazione per le quali è necessario ricorrere, come già

detto, all'esame delle mappe catastali a più grande scala ed alle relative *tavole indicative*. Mancano, inoltre, informazioni dettagliate sulle caratteristiche fisiche dei corpi d'acqua. Queste prime osservazioni inducono ad eseguire una acquisizione del tematismo "corpi d'acqua" che sia consapevole di queste differenze, ovvero lo studio delle due fonti costituisce una base di riferimento da cui estrarre i criteri di acquisizione. Per quanto riguarda il *Plan du Grand Marais* si è deciso di semplificare il dettaglio delle informazioni in due sole tipologie indicando quali aree siano disegnate come chiaro e quali come palude senza pertanto distinguere tra le varie sfumature tipologiche di acque stagnanti. Tale criterio si basa sul fatto che spesso le diverse densità di vegetazione non mostrano soluzione di continuità rendendo quindi troppo arbitraria la suddivisione secondo limiti precisi. Lo stesso dicasi per il *Quadro d'Unione* del Catasto dove il limite fra zone a chiaro e zone più paludose è volutamente reso con lo sfumo acquerellato e pare fornire solo una generale indicazione delle caratteristiche idrografiche; in questo caso è stata adottata un'unica classe senza introdurre suddivisioni all'interno del tematismo "corpo d'acqua". L'analisi cartografica pone inoltre degli interrogativi sull'individuazione di ciò che viene rappresentato realisticamente e ciò che risulta un accorgimento pittorico per evocare una realtà, ma che non ha un diretto riferimento con le caratteristiche geometriche e tipologiche di tale realtà. Questa riflessione risulta particolarmente stimolante nel caso della rappresentazione della vegetazione e dell'uso del suolo della carta francese dove una dettagliata rappresentazione pittorica della vegetazione palustre e del manto boschivo si alterna ad una rappresentazione dei campi coltivati o ad arboreto rado dove le suddivisioni fra gli appezzamenti e il ritmo delle colture hanno più un carattere evocativo che realistico in quanto sono rappresentati con un andamento arbitrariamente concavo o convesso in una resa quasi prospettica e uno stile quasi miniaturistico. In questo caso tali rappresentazioni danno delle informazioni di tipo qualitativo e sono riferite ad un insieme di oggetti, quindi risulta fuorviante considerare gli oggetti rappresentati come se fossero singoli elementi con un valore geometrico e quindi acquisirne i limiti nel corso di una vettorializzazione del tematismo "uso del suolo". Di tipo diverso sembrano le suddivisioni agricole presenti nel *Quadro di Unione* queste infatti seguono l'andamento o sono il riflesso delle infrastrutture territoriali e paiono

disegno  
differenza

avere una buona corrispondenza con le realtà in oggetto. Le osservazioni sulla distinzione fra elementi decorativi, descrittivi ma non geometrici, simbolici, o realistici risultano particolarmente necessarie in quanto entrambe le carte sono prive di legenda completa alla quale fare riferimento per l'interpretazione dei tematismi. Le operazioni di acquisizione delle entità più definite quali i corsi d'acqua e la viabilità sono state più semplici in quanto ogni entità è descritta da una singola linea con caratteristiche ben marcate [fig.8 e fig.9]. Per quanto riguarda i corsi d'acqua la distinzione tra fossi, fiumi o canali è indicata dalla toponomastica di accompagnamento. Gli elementi della viabilità sono resi tutti con lo stesso tratto nella carta francese mentre sono caratterizzati in 3 tipi di categorie nel *Quadro d'Unione* dove compaiono anche indicazioni di percorso (es. via che va da località X a località Y) e di toponomastica più diretta (es. Via Pisana). Dopo aver digitalizzato ciascun elemento occorre verificare l'affidabilità del contenuto informativo delle due carte attraverso confronti e paragoni. È necessario valutare se le differenze che emergono dalla sovrapposizione dei tematismi siano da imputare a situazioni realmente diverse nei due momenti storici e direttamente testimoniate dal documento cartografico o siano diversità, imprecisioni, e mancanze dovute alla diverse finalità che caratterizzano le due carte quindi a una palese differenza di contenuti informativi riportati nelle due rappresentazioni.

## **5. L'analisi dei contenuti: il confronto tra i tematismi**

Da un primo confronto tra i tematismi estratti dalle due carte si possono formulare alcune osservazioni preliminari [fig. 10]. Partendo dall'analisi della viabilità si notano somiglianze e diversità: infatti alcuni dei tratti viari riportati sono quasi coincidenti e la loro minima differenza (uno scarto fra i due tracciati intorno ai 50 m) è attribuibile ad errori di restituzione o rilevamento cartografico, in altri casi invece l'andamento dei due tratti viari è diverso, rendendo evidenti lievi mutamenti dell'assetto del reticolo in relazione allo sviluppo di punti di intersezione fra tratti stradali, o alla comparsa di agglomerati di abitato. Si può inoltre notare che il *Plan du Grand Marais* offre maggiori informazioni di dettaglio per la viabilità, soprattutto minore, sviluppata intorno alla zona paludosa, riportando anche tratti di strada sommersi dalle acque, ma che probabilmente erano percorribili stagionalmente. Per quel che riguarda i corsi d'acqua principali la

coincidenza tra i due tematismi è elevata, si notano tuttavia in due zone differenze relative ad interventi di regimazione. Nella zona compresa tra il Fiume Cornia e il Fosso Cosimo [fig.11] si assiste all'abbandono di una regimazione delle acque che nel 1806 era regolata da una struttura di canalizzazione ma che già nel 1821 era stata abbandonata facendo tornare il corso dello Stroscone ad un andamento naturale che termina con lo spagliamento delle acque nel padule. Un'altra zona dove si evidenzia una differenza fra le due carte si trova a sud di Carlappiani. Qui nel *Plan* del 1806 sono riportate in dettaglio delle piccole opere di canalizzazione sottocosta tra il Fosso del Botrangolo e la Corniaccia. L'assenza di tali canali nel *Quadro di Unione* non fa pensare ad una situazione di prosciugamento avvenuta fra 1806 e 1821 ma piuttosto ad una mancanza di interesse nel riportare tutte le piccole caratterizzazioni del terreno dal momento che la finalità del Quadro non è relativa al censimento delle zone umide. L'analisi dei corpi d'acqua mostra delle differenze più sostanziali relativamente all'estensione e distribuzione di tale tematismo. In questo caso sono stati adottati gli strumenti di calcolo e di *overlay* disponibili all'interno del GIS per attuare un confronto che non fosse solo visuale ma che si avvallesse di informazioni di tipo quantitativo. In primo luogo si è proceduto al calcolo delle superfici interessate da corpi d'acqua nel *Plan* del 1806 e nel *Quadro d'unione* del 1821 che risultano essere rispettivamente di 9.689.976 mq e di 11.432.171 mq. Ciò significa che l'estensione dell'area paludosa ha subito un incremento di circa il 18% (1.742.195 mq) fra il 1806 e 1821. Per meglio comprendere le dinamiche di questa trasformazione è stata effettuata una *cross tabulation* fra i due tematismi mettendo in luce le aree che sono rimaste corpi d'acqua e le aree che hanno subito un mutamento. Il layer ottenuto dall'intersezione dei corpi d'acqua nei due momenti è stato classificato in base alle trasformazioni del terreno in cinque tipi a seconda della loro caratteristica nel 1806 e nel 1821: terreno che da sodo è diventato palude, da chiaro a palude, da palude a chiaro, da palude a sodo ed aree che non hanno subito variazioni ovvero che sono rimaste palude [fig.12]. Per ogni classe sono poi state calcolate le rispettive superfici come risulta dalla seguente tabella.

| Trasformazioni | Superficie<br>(mq) |
|----------------|--------------------|
|----------------|--------------------|

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>Da sodo a padule</b>   | 3.372.268 |
| <b>Da chiaro a padule</b> | 1.669.793 |
| <b>Padule invariato</b>   | 6.390.110 |
| <b>Da padule a sodo</b>   | 1.485.275 |
| <b>Da chiaro a sodo</b>   | 144.798   |

La classificazione così ottenuta permette di quantificare il cambiamento del paesaggio nelle sue dinamiche di trasformazione. Considerando che le caratteristiche del *quadro d'unione* lorenese non consentono di distinguere fra chiaro e padule possiamo rilevare che 8.059.903 mq della superficie interessata da corpi d'acqua nel 1806 sono rimasti tali nel 1821. Delle terre che risultano asciutte nel 1806, 3.372.268 mq sembrano essere soggette ad impaludamento nel 1821, mentre soltanto 1.630.073 mq dei corpi d'acqua mostrano di aver subito un prosciugamento nello stesso periodo.

Pur tenendo conto di approssimazioni e imprecisioni dovute alla non perfetta sovrapposizione delle due carte e alla diversa "attenzione" che queste dedicano agli elementi idrologici – che peraltro tenderebbe ad attenuare il fenomeno – risulta evidente che le condizioni generali di questa area umida subiscono in questo periodo un peggioramento apprezzabile. Trattandosi di un lasso di tempo abbastanza breve, ciò sembra imputabile ad uno stato di abbandono e conseguente deterioramento delle opere di regimazione idraulica che avrebbe preceduto i lavori di bonifica che inizieranno di lì a pochi anni.

Il trattamento della cartografia storica attraverso il GIS non solo rende disponibili dati quantitativi ma permette di fare confronti accurati tra i contenuti informativi presenti nelle varie fonti. A questo proposito, a titolo d'esempio metodologico, si riportano le osservazioni sviluppate per il Poggio Ghelarducci dove la possibilità di sovrapporre i tematismi dei corpi d'acqua delle due carte ha messo in luce un dettaglio di un fenomeno di trasformazione degli assetti idrogeologici. La zona intorno al Poggio (piccolo rilievo di bassa quota) risulta circondata dalle acque nel 1806 mentre nel 1821, contrariamente alla tendenza generale al peggioramento, mostra su tutto il lato orientale una zona asciutta. La diversa disposizione dei corpi d'acqua non è da imputarsi ad errori

di posizionamento o restituzione morfologica del Poggio, in quanto elementi cartografici contigui hanno una buona coincidenza fra le due carte; tale differenza degli assetti non è percepibile da una semplice osservazione visiva affiancando le due carte storiche, è evidenziata e resa tangibile dalla sovrapposizione dei tematismi all'interno del GIS. Questa apparente incongruenza [fig. 13] stimola dunque lo sviluppo di ipotesi interpretative sulle cause di tale mutamento. Le osservazioni sulla posizione e portata dei corsi d'acqua che insistono in quest'area fanno infatti ipotizzare che gli apporti di materiale via via accumulati dal fiume cornia si siano depositati primariamente al fianco orientale del Poggio determinando un riempimento di quella zona. La situazione nel 1821 infatti risulta diversa, il Cornia si spinge - affiancato da argine - più a sud ovest, allungando il suo corso di 370 m, segnando così un arretramento del padule che tuttavia non doveva essere stabilmente ridotto poiché alla sinistra idrografica del Cornia si aprono due 'rotte' che segnalano la difficoltà di scorrimento delle acque per quel tratto e il conseguente allagamento delle zone che si estendono ad est del fiume.

## **Conclusioni**

La metodologia di acquisizione e analisi di tematismi testata sul caso di studio ha consentito di evidenziare i vantaggi derivati dalla possibilità di gestire le informazioni all'interno di un unico sistema. Infatti il GIS consente di confrontare più fonti in modo accurato e geometricamente corretto derivandone informazioni di tipo quantitativo non desumibili da un, seppur attento, confronto visivo. La possibilità di sovrapporre strati informativi in sequenza temporale rappresenta un altro significativo apporto all'analisi delle trasformazioni del paesaggio.

## **Riferimenti bibliografici**

AZZARI M.- ANDREANI G. – PIZZIOLO G., *Cartografia del passato, G.I.S. e pianificazione*, in *Atti del XXVIII Congresso Geografico Italiano. Vecchi Territori Nuovi Mondi* (Roma, 18-22 giugno 2000), in stampa.

AZZARI M.- DE SILVA M. - PIZZIOLO G., *Le trasformazioni del litorale toscano dal Settecento ad oggi: cartografia del passato e G.I.S.*, in *Atti del Quinto Incontro di Studi di Preistoria e Protostoria in Etruria. Paesaggi d'acque* (Farnese, 10-12 maggio 2000),

in stampa.

AZZARI M.- MARCACCINI P.-DE SILVA M., *Road network and historical and cultural places in Tuscany*, Actes du II Congres International sur la Science et la Technologie pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel dans les Pays du Bassin Meditteraneen (Paris 5-9 juillet 1999), Paris, Elsevier, 1999, pp.1193-1196.

AZZARI M.- MARCACCINI P.-PIZZIOLO G., *A Geographical Information System in Tuscan Coastal Wetlands*, Actes du II Congres International sur la Science et la Technologie pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel dans les Pays du Bassin Meditteraneen (Paris 5-9 juillet 1999), Paris, Elsevier, 1999, pp.1189-1192.

AZZARI M., MAGAZZINI P., *GIS, remote sensing and historical cartography for analysis of changes in rural spaces*, in *Actes UGI Conference. Sustainability of Rural Systems* (Paris-Montpellier 4-10 juillet 2001), in press.

CHERUBINI L., DEL RIO A., MAZZANTI R., *Sviluppo e prosciugamento dei paduli nella Provincia di Livorno*, in *La gestione delle risorse idriche*, a cura di G.Pranzini, Roma, Edizioni delle autonomie, 1987, pp.149-209.

DE SILVA M., *La viabilità storica in Toscana: un Sistema Informativo Geografico per lo studio diacronico e funzionale dei tracciati viari*, in *Atti del XXVIII Congresso Geografico Italiano. Vecchi Territori Nuovi Mondi* (Roma, 18-22 giugno 2000), in stampa

GILLINGS M., MATTINGLY D., VAN DALEN J. (eds), *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*, London, Oxbow books, 1999.

GUERRA F., *Local geometric transformation of digital images*, in *Atti del 2nd Meeting of Cartographers from tertiary education. Interregional Cartographic Workshop – Cartography in Southeast Europe*, Thessaloniki (25-26 novembre 1998).

GUERRA F., *Trasformazioni geometriche locali : trasformazione versus corrispondenza*, Tesi di Dottorato, Politecnico di Milano, 1999

PELLEGRINI L., *La bonifica della Val di Cornia al tempo di Leopoldo II (1831-1860)*, Pontedera, Bandecchi & Vivaldi, 1984.

Dipartimento di Studi Storici e Geografici, Università degli Studi di Firenze

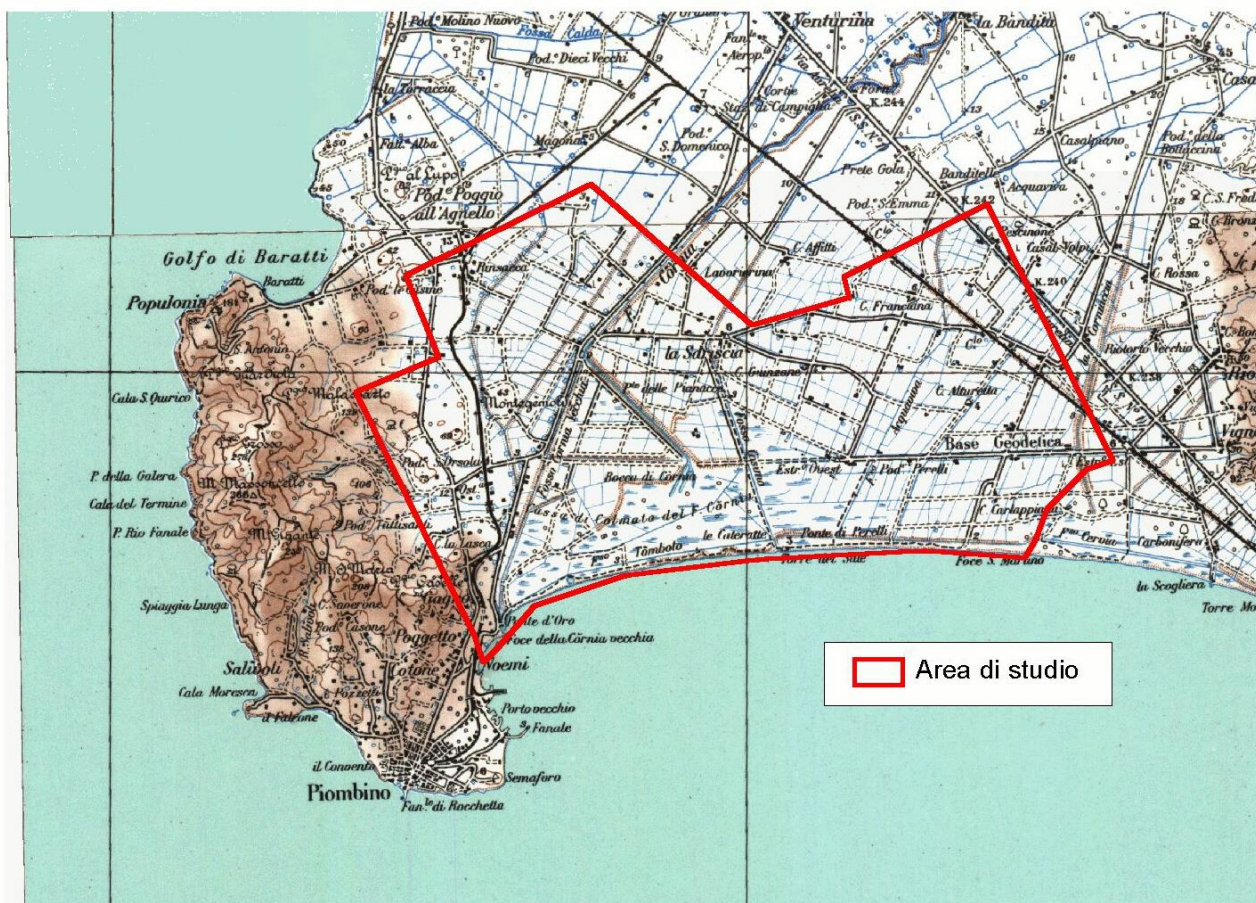


Fig. 1 - Area di studio

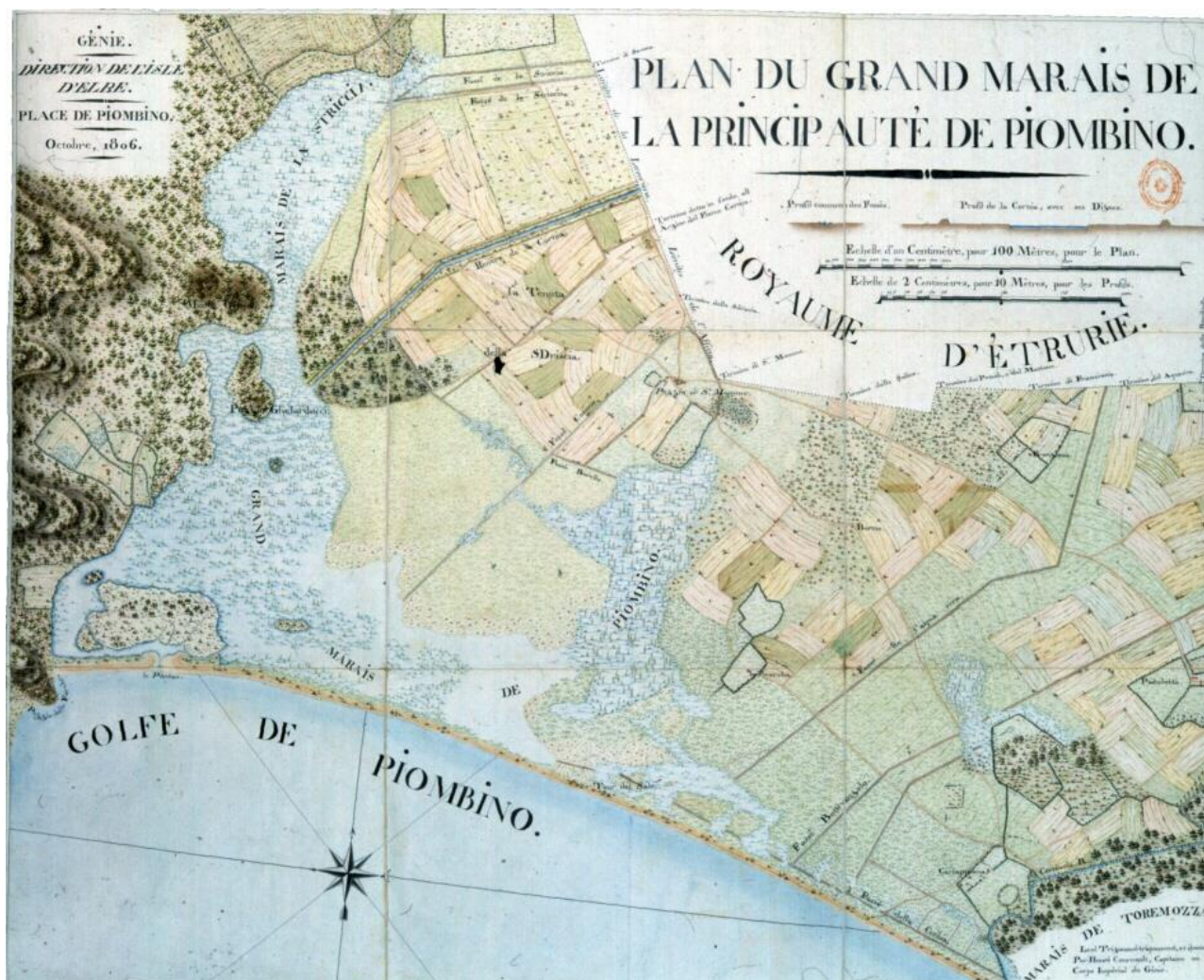


Fig. 2 - Il Plan du Grand Marais de la Principauté de Piombino (1806)



Fig. 3 - Il Quadro d'Unione della Comunità di Piombino (1821)

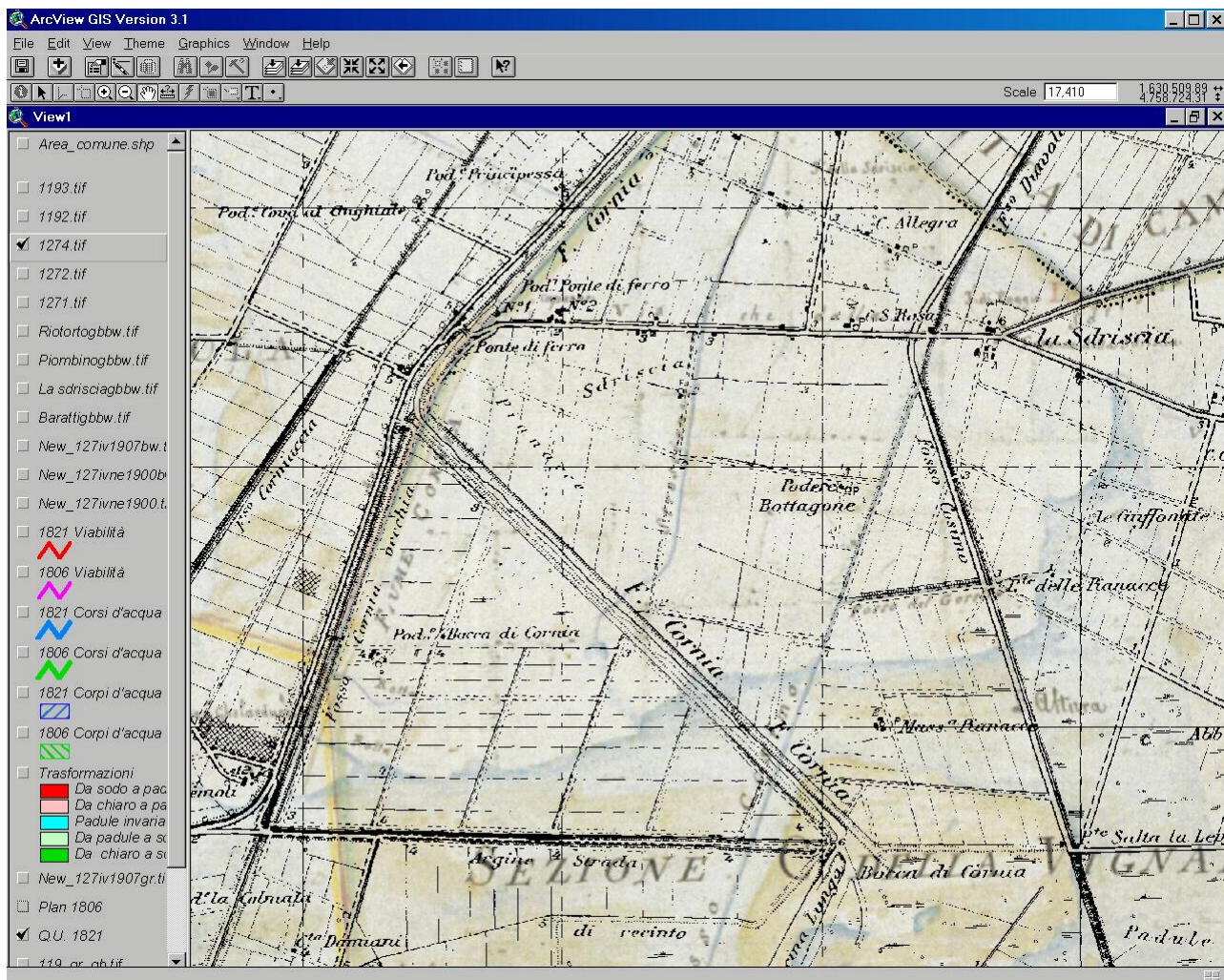


Fig. 4 - Particolare della georeferenziazione del Quadro di Unione del 1821





Fig. 6 - Particolare del Plan du Grand Marais de la Principauté de Piombino del 1806.



*Fig. 7 - Particolare del Quadro di Unione del 1821*

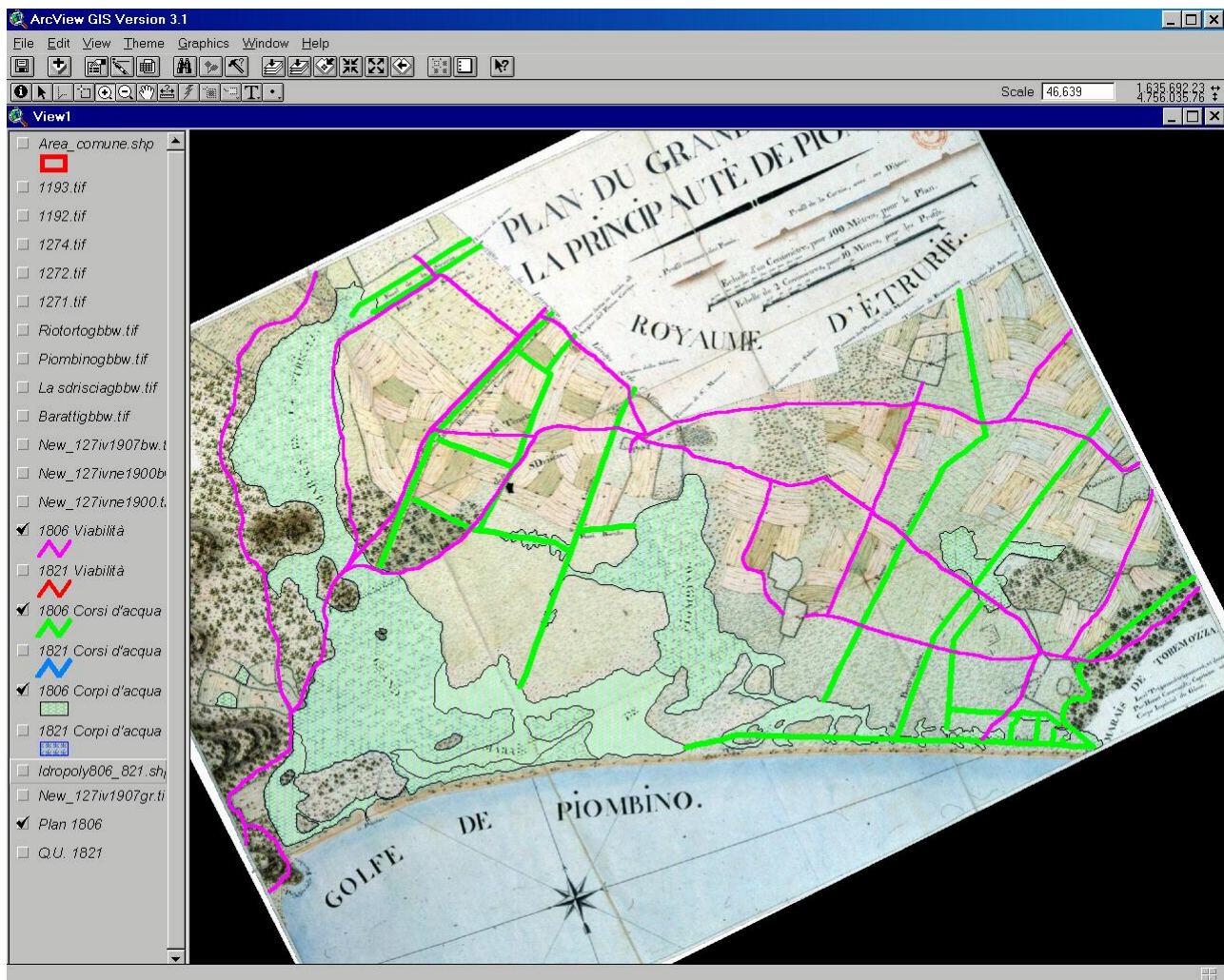


Fig. 8 - I tematismi estratti dal Plan du Grand Marais de la Principauté de Piombino del 1806

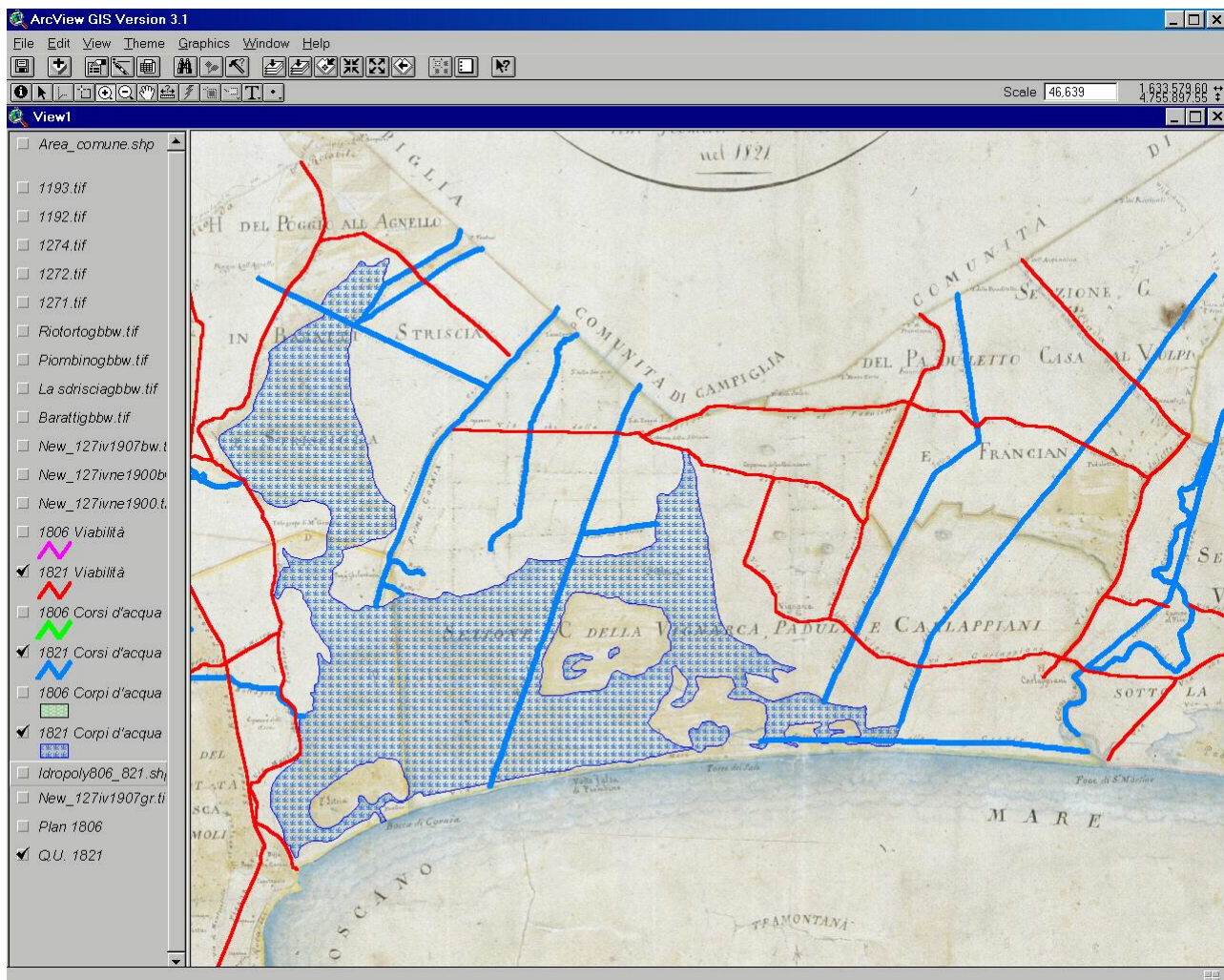


Fig. 9 - I tematismi estratti dal Quadro di Unione del 1821

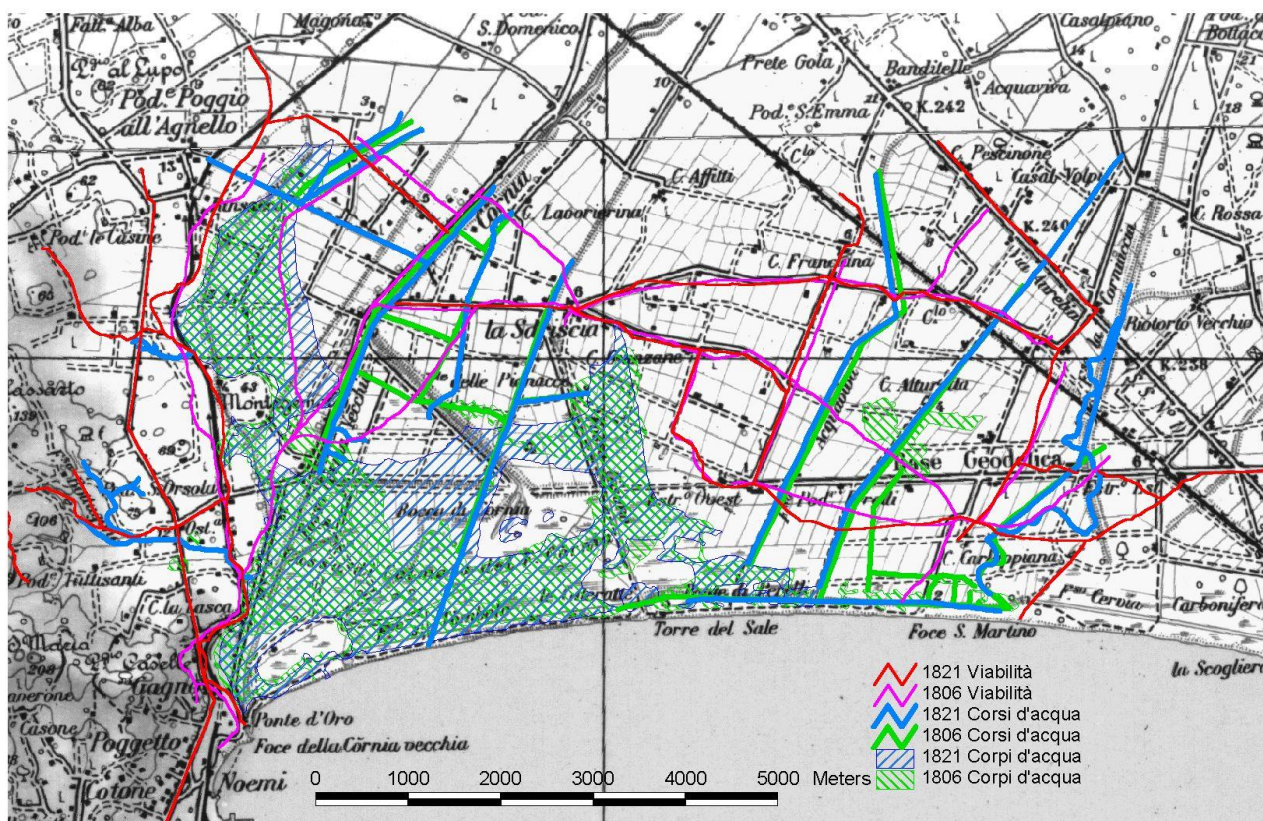


Fig. 10 - Overlay dei tematismi estratti dalla cartografia storica.

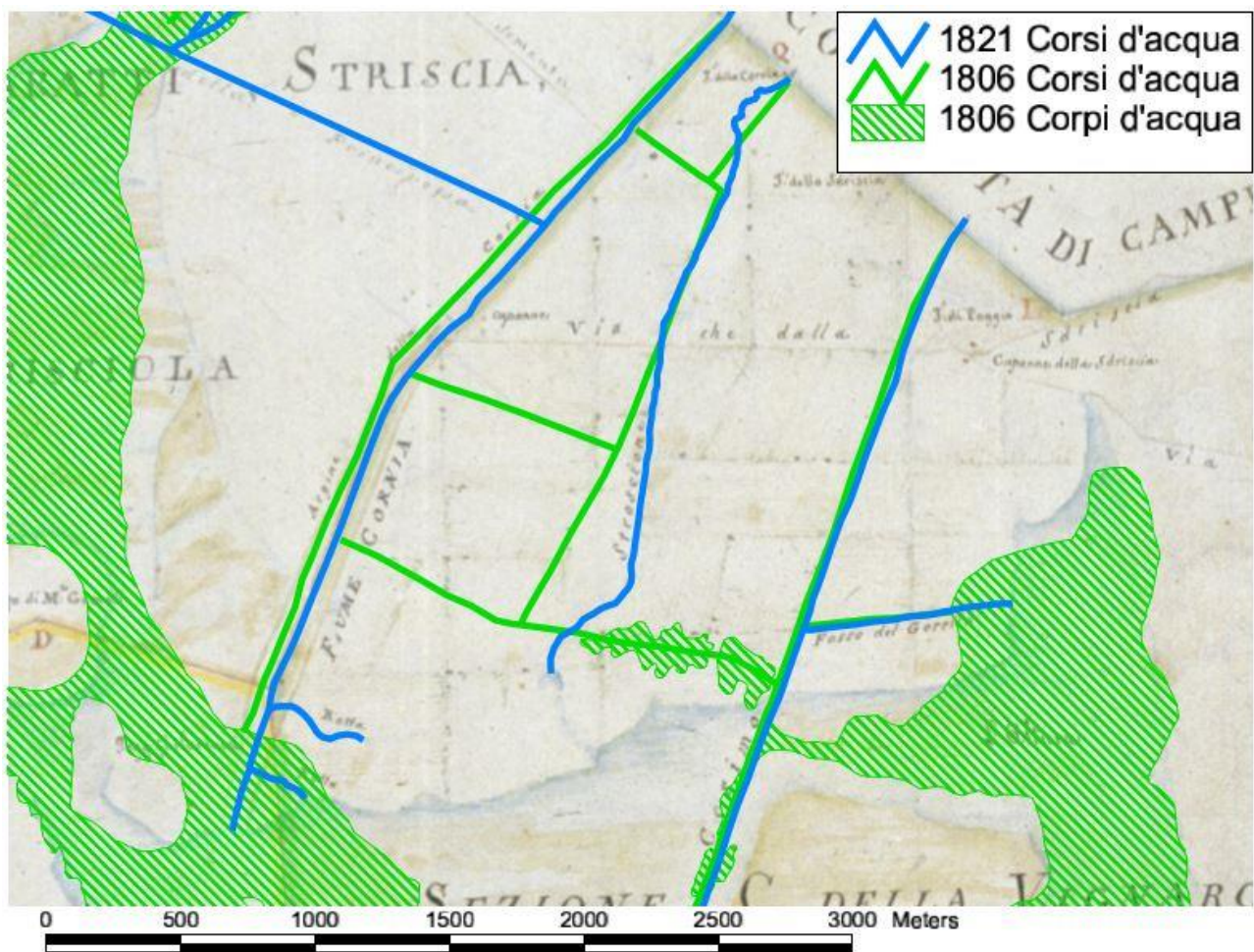


Fig. 11 - Evoluzione dell'assetto idrografico dal confronto tra le due carte storiche, il caso dello Stroscone.

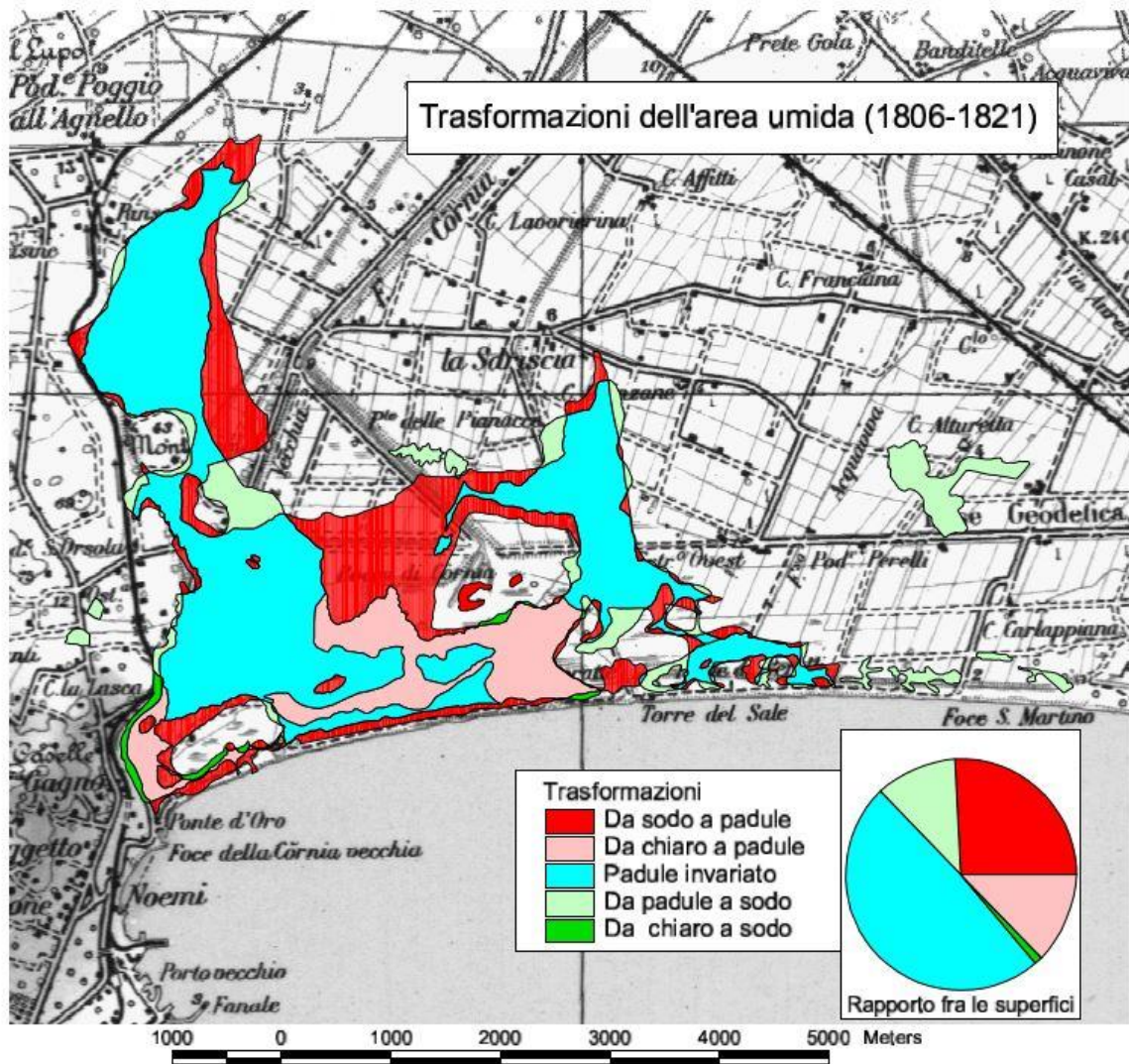
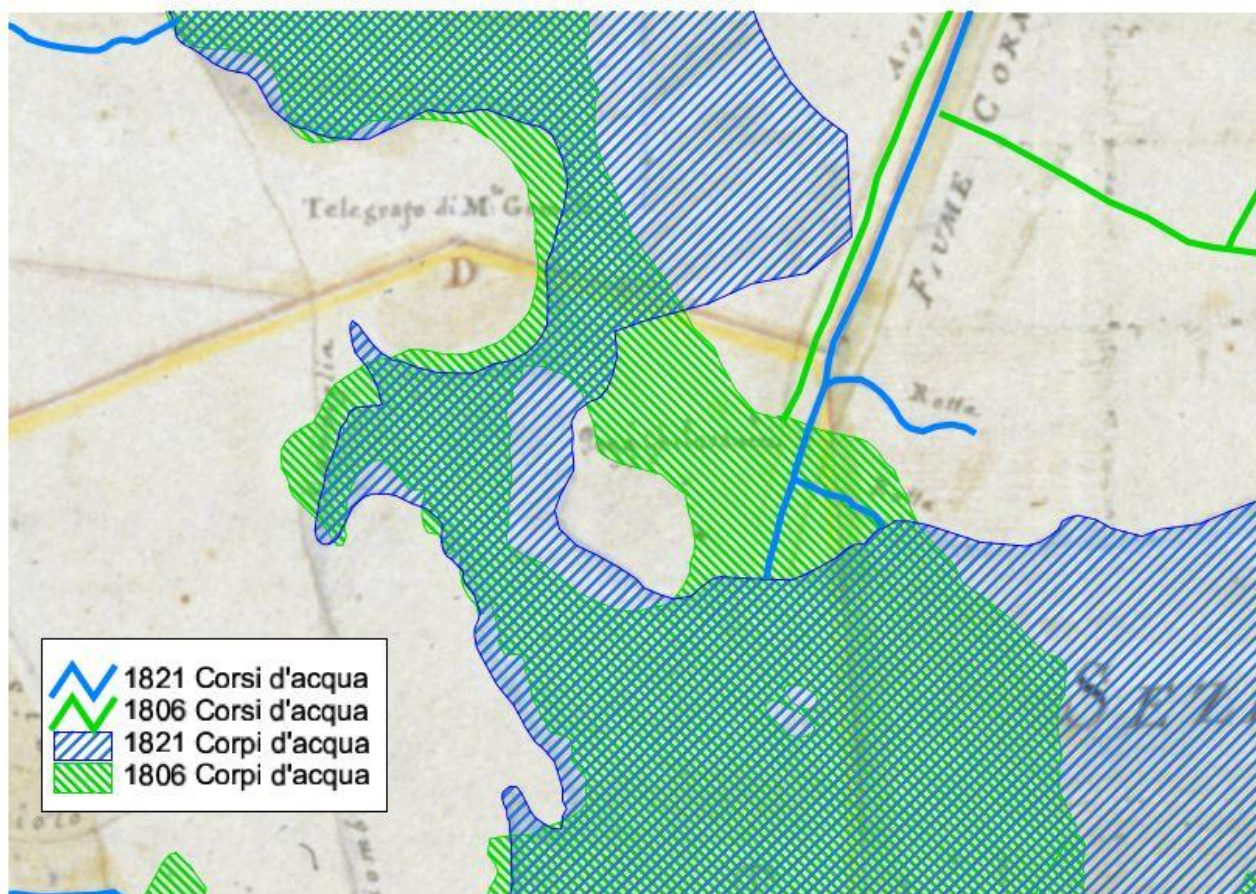


Fig. 12 - Trasformazioni dell'area umida 1806 - 1821.



Fig, 13 - Evoluzione dell'assetto idrografico dal confronto tra le due carte storiche, il caso di Poggio Ghelarducci.