



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI URBINO "CARLO BO"**

---

—  
Facoltà di Scienze Ambientali  
Corso di Laurea in Tecnico del Territorio

*“L'evoluzione del paesaggio marchigiano delle case in terra  
attraverso lo studio della cartografia”*

*Relatore:*  
*Chiar.ma Prof.ssa* **Laura Baratin**

*Tesi di Laurea di:*  
**Federica Mosconi**

*Correlatore:*  
*Chiar.ma Prof.ssa* **Olivia Nesci**

---

ANNO ACCADEMICO 2005 - 2006

## INTRODUZIONE

Scopo di questa tesi è quello di analizzare l'evoluzione del paesaggio di una particolare area marchigiana dovuta ad una molteplicità di fattori, quali l'attività antropica, il clima, la morfologia dell'ambiente ecc., che hanno interagito tra loro in un periodo di tempo di circa quarant'anni.

In particolare il paesaggio analizzato è quello che caratterizza Corridonia, un piccolo paese in provincia di Macerata.

Due sono gli aspetti particolari da approfondire per spiegare al meglio lo scopo ed il risultato a cui si è arrivati: gli strumenti utilizzati, dunque la metodologia di studio, e le motivazioni che hanno portato a scegliere un certo tipo di paesaggio piuttosto che un altro.

Per quanto riguarda il primo aspetto, per arrivare agli obiettivi detti, ci si è orientati verso una metodologia ibrida, che potesse coniugare, in maniera funzionale e precisa, gli strumenti tradizionali come la cartografia e la fotogrammetria e gli strumenti informatici e di elaborazione e gestione delle immagini del tutto moderni e ancora "nuovi" nel loro utilizzo per un tipo di studio a scopo didattico.

La ricerca è stata incentrata sulla variazione di alcuni elementi valutati e giudicati "caratteristici" e significativi di quel tipo di paesaggio che, come si vedrà, saranno il reticolo idrografico, il coltivato, le antropizzazioni e la parte boschiva.

La scelta è stata motivata e giustificata dalla presenza di elementi unici nel loro genere e nella loro conformazione sul territorio, ovvero le **case di terra**.

La selezione di questi ultimi elementi è stata determinata anche dal percorso di studi intrapreso che, come tecnico del territorio, ha per obiettivi quelli di analizzare, valutare

e contenere le antropizzazioni che stanno portando ad un mutamento sempre più ingestibile della natura, delle sue risorse, dunque del paesaggio.

Nella prima parte viene introdotta la nozione di **paesaggio** e successivamente viene presentato il paesaggio di Corridonia rispetto alle sue caratteristiche fisiche, geologiche, geomorfologiche, storiche ed ambientali, fattori indispensabili per il lavoro di lettura e comprensione del territorio, utilizzando le risorse bibliografiche e cartografiche disponibili.

Nella seconda parte viene illustrata la metodologia seguita per analizzare la zona attraverso fotogrammi di territorio scattati da voli aerei, dando brevi cenni sulla fotogrammetria e sui principi che ne stanno alla base, per meglio spiegare poi il funzionamento del software utilizzato, delle sue caratteristiche e delle sue potenzialità.

La fase propriamente operativa illustra i diversi stadi del lavoro: dall'analisi dei fotogrammi, alla valutazione degli elementi caratteristici per evidenziare le variazioni del paesaggio, alla restituzione e al trattamento dei dati secondo le diverse opportunità offerte dal programma utilizzato.

I risultati delle elaborazioni e delle analisi comparate hanno portato allo sviluppo di alcuni grafici che mettono in evidenza le trasformazioni avutesi nel corso degli anni. Tali risultati si trovano nella fase finale del lavoro assieme ai rispettivi commenti.

## **Capitolo 1**

### **IL PAESAGGIO MARCHIGIANO DELL'AREA DI CORRIDONIA**

#### **1.1 Il paesaggio fisico**

Il clima delle Marche è influenzato favorevolmente da fattori di carattere generale e particolare che possono schematizzarsi nella posizione astronomica, all'incirca nel medio Adriatico tra il 42° e il 44° meridiano est Greenwich; nel grande sviluppo del confine costiero pari a 174 km, nonché nelle caratteristiche del mare Adriatico poco profondo e chiuso; nella presenza del crinale appenninico a breve distanza dalla costa che, in linea d'aria, è in media 70 km; nella differente orientazione del litorale tra la parte a nord del monte Conero e quella a sud e, di conseguenza, nella differente esposizione rispetto ai venti; nel susseguirsi, dalla costa verso l'interno, di entità orografiche nelle quali si riscontra una esigua fascia litoranea (circa 11% dell'intera superficie), un'ampia fascia collinare (53%) ed un'area montuosa (circa 36%), che

comunque non raggiunge grandi altezze; solo nel gruppo dei monti Sibillini si contano cime oltre i 2000 metri (Monte Vettore, 2478 m).

L'andamento nell'arco dell'anno dei vari parametri che concorrono a definire il clima risulta fortemente influenzato dalla differente capacità termica del suolo e delle acque marine.

Come effetto di ciò, mentre durante l'inverno si assiste ad una netta predominanza di basse pressioni lungo tutto il bacino adriatico, durante i mesi primaverili ed estivi si passa a regimi caratterizzati da pressioni sempre maggiori, per poi tornare, con l'arrivo dell'autunno, verso condizioni di tipo invernale. La giustificazione di questo sta nel fatto che questa regione, caratterizzata dall'aver il periodo Agosto-Dicembre con temperature medie mensili superiori rispetto a quelle registrate per il periodo Febbraio-Giugno, risente in modo considerevole dell'effetto termostatico del Mare Adriatico, che durante l'autunno trasferisce all'aria una notevole parte del calore assorbito durante l'estate.

Le variazioni climatiche stagionali della temperatura e delle precipitazioni sono in rapporto soprattutto all'alternarsi di masse d'aria di differente qualità, le quali, pervenendo dall'Atlantico e dall'Europa centro-orientale nell'area adriatica, chiusa da ogni parte, si distribuiscono prevalentemente nel senso dei meridiani.

Una perturbazione frequente e dovuta ad irruzione di aria fredda, è quella che si verifica prevalentemente d'inverno, generata dalle aree anticicloniche che occupano l'Europa centro-orientale e da quelle cicloniche che si stabilizzano sull'Adriatico, le quali generano scambio di masse d'aria e danno origine alla bora.

Come in tutto il resto d'Italia, anche sulle Marche si alternano tipi di tempo buono e perturbato; quest'ultimo deriva da depressioni barometriche che hanno origine e frequenza diversa nei vari momenti dell'anno; d'inverno e in primavera prevalgono le *depressioni sotto vento* che, generate originariamente da un fronte freddo nord-nordovest, investono tutta l'Italia centro-meridionale.

Anche la *depressione ligure* provoca perturbazioni che investono l'Italia centrale richiamando masse d'aria mediterranea da sud-ovest che producono nella regione precipitazioni e manifestazioni temporalesche accompagnate da un aumento anormale di temperatura.

I tipi di tempo buono sono dovuti d'inverno prevalentemente all'anticiclone dell'Europa centrale, che giunge con basse temperature e venti di nordest e di est.

Per comprendere meglio il clima marchigiano ed il microclima riferito a Corridonia, occorre conoscere le caratteristiche principali che i differenti parametri che lo influenzano assumono nella regione; questi sono: temperatura dell'aria, precipitazioni, umidità relativa, direzione e velocità del vento.

Se si considera la classificazione fatta dal climatologo Köppen, si possono capire meglio gli aspetti del clima che in seguito verranno chiariti.

Köppen stabilisce che “la regione marchigiana risulta suddivisa in tre porzioni principali, ciascuna caratterizzata da un suo tipo climatico. Una prima zona, che interessa la fascia litorale situata a nord del F. Cesano e gran parte della fascia collinare e montuosa della regione, è stata assegnata al *tipo subcontinentale*; la seconda, che comprende la porzione del litorale inclusa tra il F. Cesano e la valle del F. Tenna con una piccola fascia del suo entroterra collinare, è stata assegnata al tipo *sublitorale*; la terza infine, che interessa l'area dei Monti Sibillini e parte delle rimanenti zone montuose, ricade nel tipo *continentale fresco*. L'estrema porzione meridionale del litorale adriatico, infine, risulta essere caratterizzata da un clima del tipo *temperato caldo*.”<sup>1</sup>

In generale è possibile osservare come la temperatura media annuale sia influenzata da tre principali fattori: la latitudine, la distanza dalla costa e l'altitudine.

Per quanto riguarda la latitudine, può essere notato come, muovendosi da Nord a Sud lungo fasce parallele al litorale aventi più o meno la stessa quota, la temperatura, in seguito alla sempre minore inclinazione dei raggi solari che incidono sul terreno, tenda a salire abbastanza omogeneamente, sia per quanto riguarda la media annuale che per le singole medie mensili.

Relativamente alla quota sul livello del mare, risulta evidente come, mano a mano che si sale, diminuiscano le temperature medie sia annuali che mensili.

Aumentando l'altitudine risultano inoltre maggiormente accentuate le escursioni termiche diurne e, anche se in modo meno accentuato, quelle annue. Quest'ultimo effetto è collegato anche con la distanza dalla costa, aumentando la quale viene a diminuire l'effetto termostatico del mare.

Data la posizione nel bacino dell'Adriatico e la sua configurazione orografica, le condizioni termiche della regione sono da considerarsi favorevoli; le località marittime hanno le temperature minime più basse in gennaio e febbraio e queste sono sempre superiori allo zero, oscillando in media tra 0° e 3°. Procedendo dalla costa verso le

---

<sup>1</sup> C. Bisci, F. Dramis, 1991, pag. 89

colline e verso le zone montuose appenniniche le temperature minime occupano il periodo che va da dicembre a marzo e, nelle località più elevate, oltrepassano sempre i 0°. Le temperature massime più elevate generalmente si hanno nei mesi di luglio e di agosto, tuttavia nelle aree pianeggianti o meno elevate il massimo assoluto, sempre attorno ai 30°, si raggiunge in luglio.

L'escursione annua della temperatura oscilla tra 5° e 13°, ma mentre in prossimità della costa si estende una zona ad escursione minima vicina a 4°, le località più interne di altitudine maggiore hanno valori prossimi ai 10° che aumentano se si prosegue nelle aree confinanti con le zone appenniniche, specie nella zona prospiciente i Monti Sibillini.

L'escursione termica stagionale ha una distribuzione che si può considerare normale: in primavera ai valori relativamente bassi lungo la costa, succedono quelli via via crescenti procedendo verso l'interno; in estate il distacco tra le località marittime e quelle interne si accentua; le escursioni primaverili e autunnali sono pressoché equivalenti.

La distribuzione della temperatura media annua mostra che la regione è compresa fra le isoterme di 10° e 15°;

Tuttavia l'isoterma con valore 15° scompare a Nord di Ancona, inoltre, procedendo verso l'interno, le linee si infittiscono sempre di più essendo ovviamente in diretto rapporto con l'altitudine.

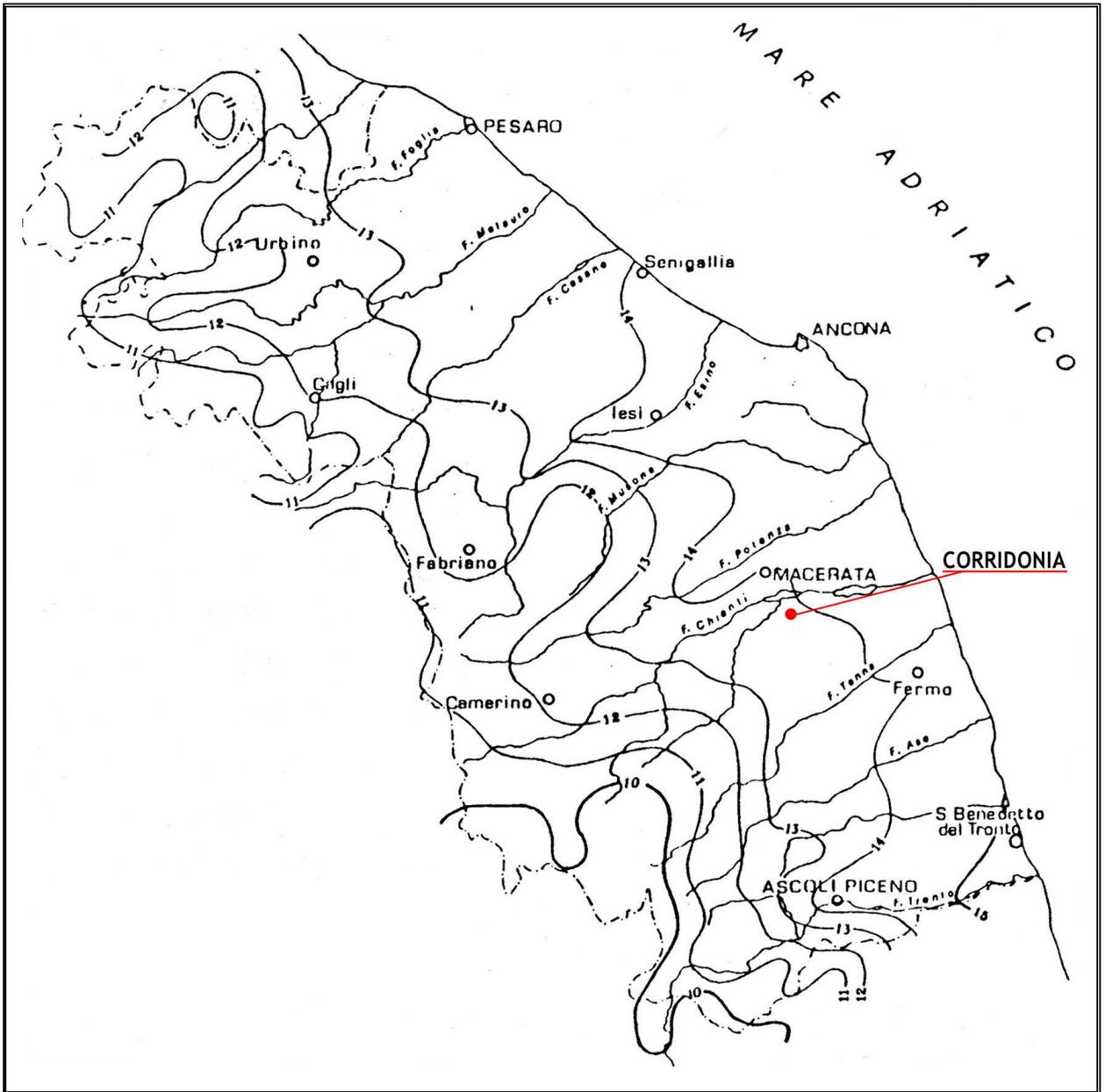


Figura 1: carta delle isoterme.

Tutto ciò è valido per quel che riguarda la media della regione, poiché numerosi fattori concorrono a tipizzare il clima di ciascun sito; tra gli agenti modificatori il microclima locale i più importanti sono: altitudine del sito, distanza dalla costa, esposizione, corografia, latitudine e differente orientazione delle linee di costa nelle porzioni settentrionali e meridionali della regione, con conseguenti differenze, sia pur non molto accentuate, nella distribuzione delle temperature, dei venti e delle precipitazioni.

In particolare la località di Corridonia (provincia di Macerata) si trova posizionata astronomicamente all'incirca al 43° parallelo nord ed il 13° meridiano est di Greenwich,

ha un'altitudine pari a 253m s.l.m. ed è situata nella parte di territorio collinare che si estende a Sud-ovest di Ancona, dunque è inclusa nella zona avente clima un sublitorale. Grazie ai dati quotidianamente raccolti nella stazione meteorologica di Corridonia e aggiornati ed elaborati dal Centro Ecologico e Climatologico di Macerata, è possibile osservare il grafico delle temperature minime e massime medie mensili, nonché l'escursione termica annua e stagionale non solo per l'anno 2005 ma anche per gli anni che vanno a partire dal 1950; questo per osservare l'andamento del microclima del paese di Corridonia negli ultimi cinquant' anni, utile per poi spiegare quelli che saranno gli aspetti economici, sociali ed ambientali del luogo.

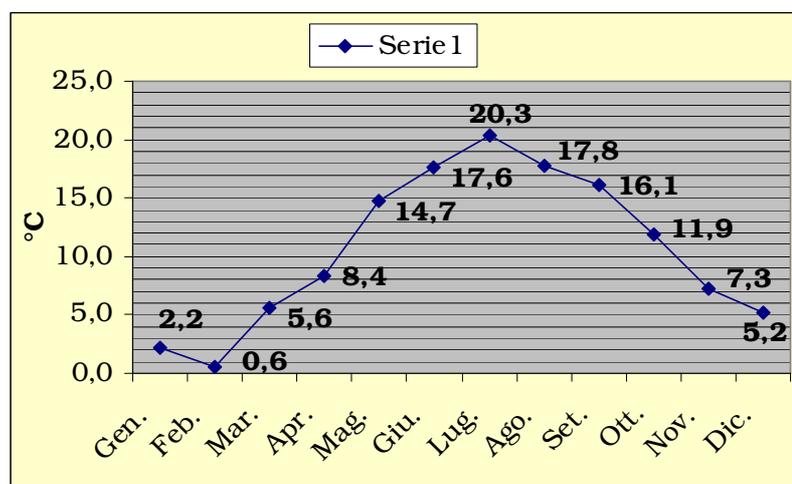


Figura 2: grafico delle temperature minime medie mensili per l'anno 2005 registrate nella stazione meteorologica di Corridonia.<sup>2</sup>

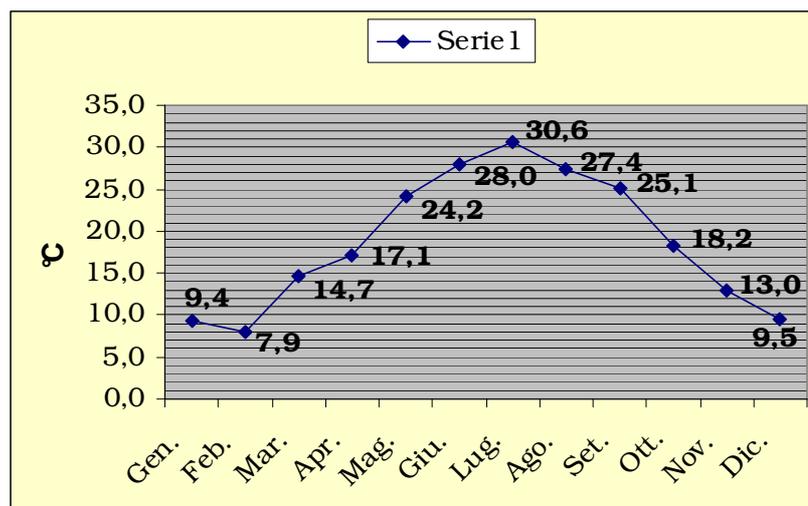


Figura 3: grafico delle temperature massime medie mensili per l'anno 2005 registrate nella stazione meteorologica di Corridonia.

<sup>2</sup> Centro Ecologico e Climatologico di Macerata.

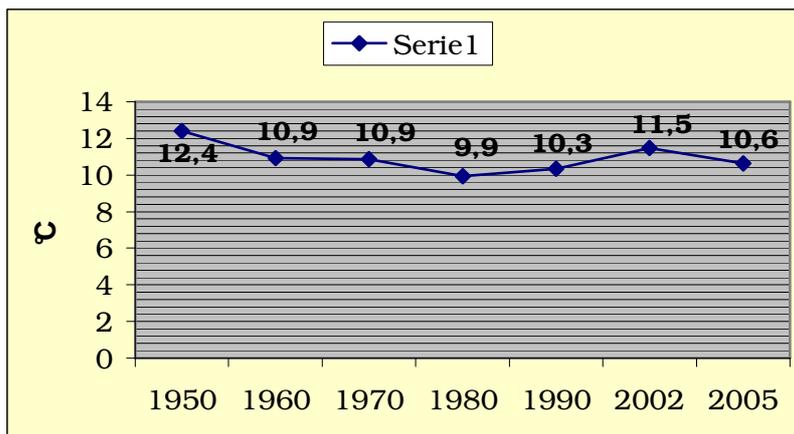


Figura 4: grafico delle temperature minime medie annuali dal 1950 al 2005 registrate nella stazione meteorologica di Corridonia.

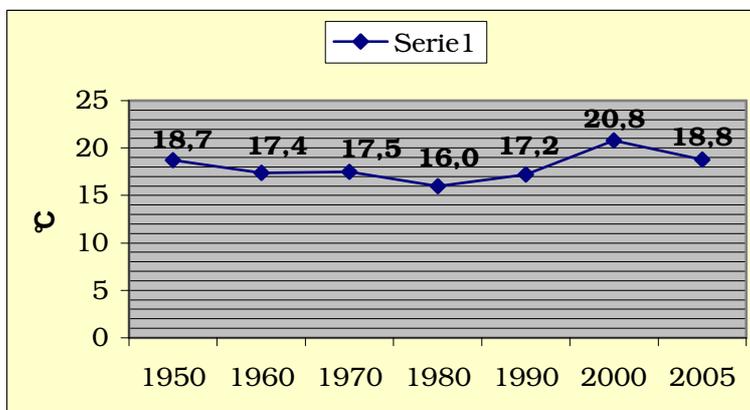


Figura 5: grafico delle temperature massime medie annuali dal 1950 al 2005 registrate nella stazione meteorologica di Corridonia.

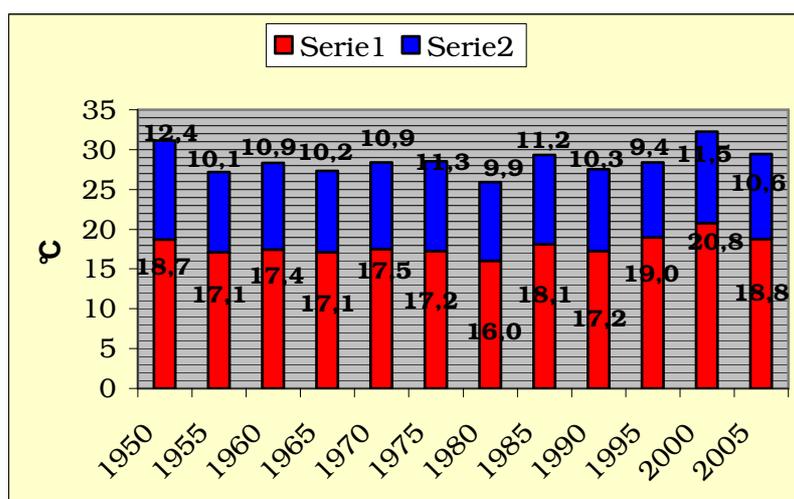


Figura 6: grafico di confronto delle temperature medie annue massime e minime dal 1950 al 2005 registrate nella stazione meteorologica di Corridonia. Le colonne in rosso rappresentano le temperature massime mentre quelle in blu rappresentano le temperature minime.

Dai grafici costruiti si possono ricavare altre informazioni relative agli elementi del clima;

Innanzitutto da questi si nota come le temperature minime medie siano andate diminuendo nel corso dei decenni presi come campione, mentre le massime hanno seguito un lieve aumento rispetto al passato soprattutto negli ultimi anni; tutto questo è importante in previsione degli anni futuri per vedere che conseguenze avrà il clima sui diversi aspetti del paese, primo fra tutti l'agricoltura che sottintende l'aspetto economico.

Infatti, i valori delle minime medie mensili delle temperature interessano per la conoscenza della distribuzione dei giorni di gelo che coincidono quasi con le temperature minime invernali.

La frequenza maggiore del gelo si verifica nelle zone più elevate e, nella fascia costiera, nella parte settentrionale della regione. Il numero di gelate oscilla nella prima area tra 25 e 50 ogni anno ma procedendo verso l'interno si arriva a toccare i 100, nella seconda tra 10 e 25. Nella fascia costiera a sud di Ancona si registrano meno di 10 giorni di gelo all'anno.

La nebbia non è molto frequente e comunque la distribuzione diminuisce non solo progredendo da nord a sud della regione, ma anche dalla costa verso l'interno; i periodi di maggior frequenza interessano i mesi di ottobre e novembre e di marzo e aprile e le località più investite sono le valli e le conche. Le sporadiche nebbie presenti lungo il litorale sono presenti in estate e sono causate dalla differenza di temperatura tra aria e mare; vengono chiamate infatti *nebbie di mare*.

Dal punto di vista pluviometrico, la regione marchigiana risulta caratterizzata da un massimo autunnale e da un minimo estivo e per questo è poco differenziata rispetto alle rimanenti regioni dell'Italia centrale.

Dall'analisi della distribuzione areale delle precipitazioni nell'arco dell'anno risultano diverse importanti considerazioni; La piovosità maggiore viene raggiunta nell'interno, in corrispondenza dei maggiori rilievi montuosi con una media annua di circa 1255 mm oltre i 1000m s.l.m., mentre sulla costa si hanno precipitazioni assai più scarse, in alcuni anni anche inferiori ai 700 mm. Questa particolarità risulta particolarmente accentuata durante i mesi non estivi, con conseguente aumento della differenza di precipitazioni tra il periodo secco e quelli piovosi nella fascia montana.

Una ulteriore ed importante osservazione riguardante l'andamento delle precipitazioni al variare della quota è che non esiste una diretta corrispondenza tra l'altitudine e la piovosità.

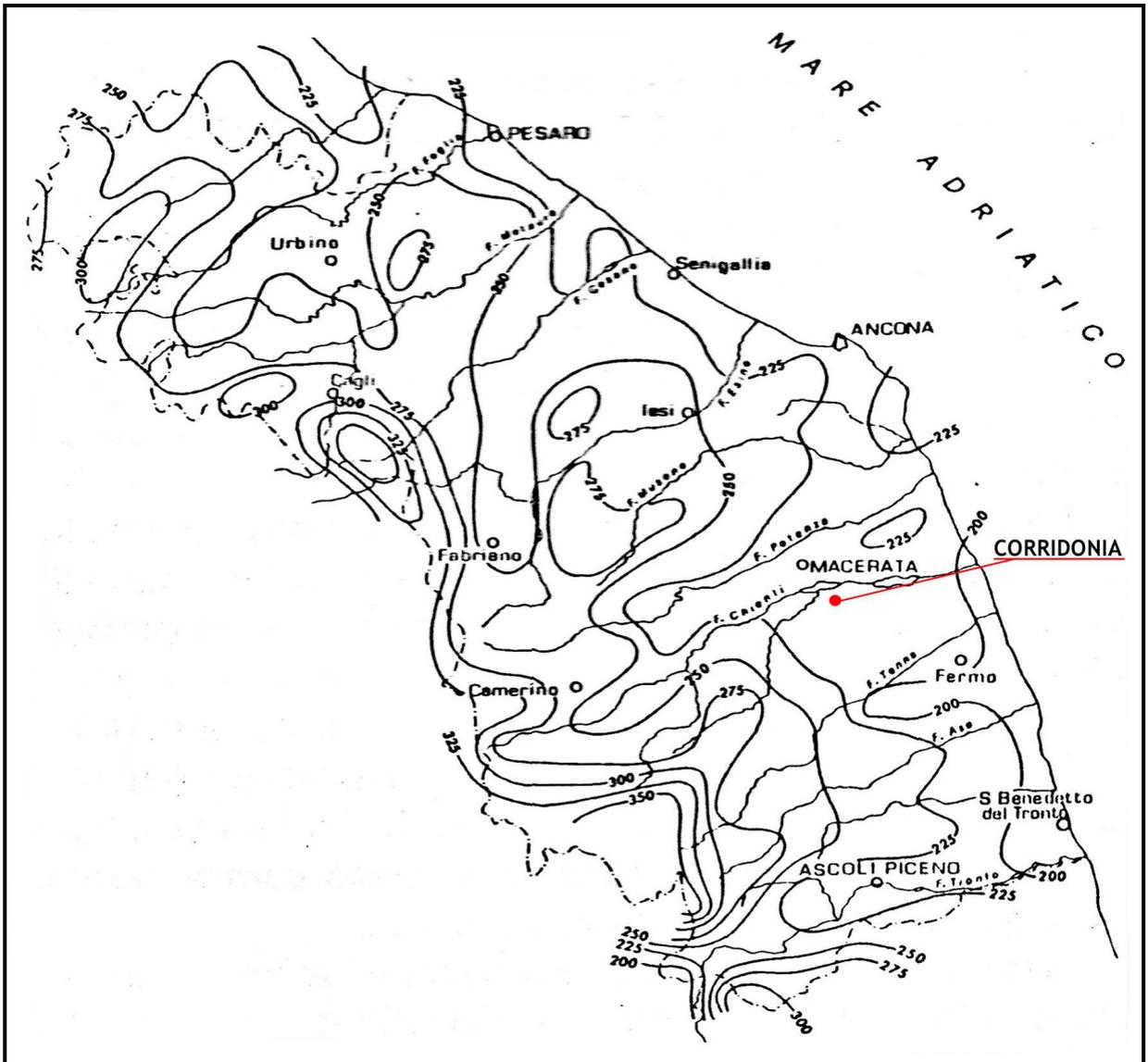


Figura 7: carta delle isoiete in mm annui.

Altitudine m s.l.m.	Inverno mm	Primavera mm	Estate mm	Autunno mm	Anno mm
0-50	179	149	148	253	729
51-100	227	208	202	332	696
101-250	208	188	172	280	848
251-500 *	232	218	181	309	940
501-750	295	270	202	377	1144
751-1000	272	259	180	352	1063
oltre 1000	328	317	196	414	1255

Figura 8: Distribuzione delle precipitazioni secondo l'altitudine.<sup>3</sup> \* La riga evidenziata esprime i valori della fascia di zona in cui è compresa la località di Corridonia.

Questa situazione è in relazione con l'orografia che presenta in linea generale rilievi di maggior altitudine isolati e catene mesozoiche parallele alla dorsale appenninica; solo nella parte meridionale, nella zona tra il fiume Chienti e l'Aso, le maggiori altezze corrispondono alla dorsale stessa. In relazione a queste condizioni e all'influsso marittimo, si può affermare che le precipitazioni annue aumentino con l'altitudine fino alla zona compresa tra 50 e 100m per subire una diminuzione e poi aumentare successivamente a partire da un'altitudine di 500m fino a raggiungere oltre i 1000m la media annua di 1255 mm.

In particolare, l'andamento delle precipitazioni assume un andamento caratteristico avendo un massimo principale in corrispondenza dei mesi autunnali ed un massimo secondario in corrispondenza di quelli primaverili, mentre il minimo viene ovviamente raggiunto durante il periodo estivo.

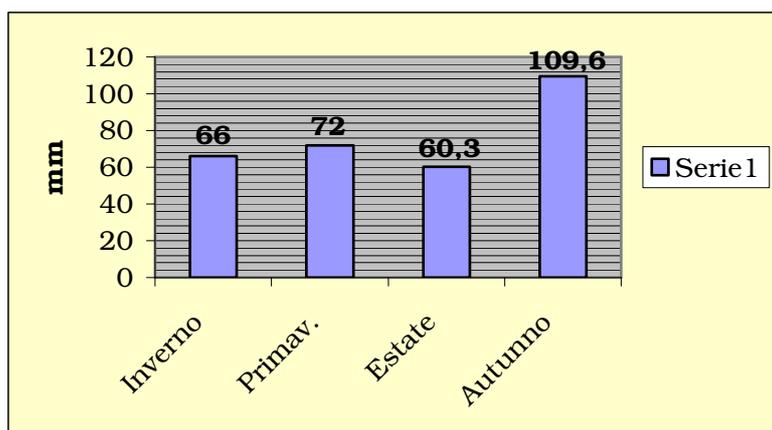
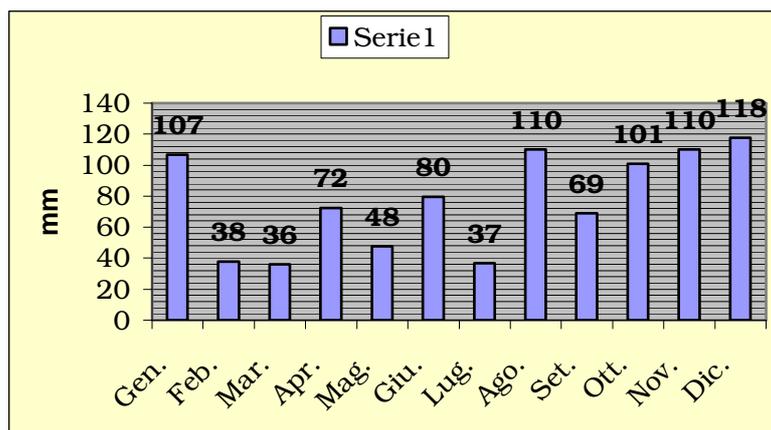


Figura 9: grafico delle precipitazioni medie stagionali dell'anno 2005 registrate dalla stazione meteorologica di Corridonia.

<sup>3</sup> Min. Lav. Pubbl., Cons. Sup., S.I. sede di Bologna, *Precipitazioni medie mensili ed annue per il trentennio 1921-50*.



**Figura 10: grafico delle precipitazioni totali mensili dell'anno 2005 registrate dalla stazione meteorologica di Corridonia.**<sup>4</sup>

Nel grafico di cui sopra è possibile vedere come le caratteristiche meteorologiche della regione siano valide per la località di Corridonia. Infatti il mese di luglio è stato il meno piovoso mentre si nota un massimo assoluto in corrispondenza del mese di dicembre, tenendo presente che valori all'incirca uguali si sono registrati nei mesi vicini, ovvero a novembre e gennaio, con una eccezione di elevata piovosità nel mese di agosto.

In rapporto alla quantità complessiva delle precipitazioni sta la frequenza delle medesime, la cui media è di 100-105 giorni piovosi annui; l'influsso altimetrico condiziona anche la frequenza con cui si manifestano le precipitazioni, pertanto i valori minori si registrano in prossimità della costa o nelle zone prevalentemente pianeggianti con 70-75 giorni/anno i quali diventano maggiori nelle aree collinari e montuose: 99 giorni/anno a Corridonia e 122 giorni/anno all'Avellana.

Solo raramente sono stati registrati periodi con assenza di precipitazioni più lunghi di sessanta giorni.

“Vista la notevole differenza che l'altitudine esercita sulle precipitazioni, le Marche possono essere suddivise, con buona approssimazione, in tre fasce subparallele: la zona montuosa risulta caratterizzata da un regime di tipo subappenninico (con precipitazione annue attorno ai 1000-1500mm) che, procedendo nella zona collinare, si sposta verso il tipo sublitoraneo appenninico (con precipitazioni annue intorno ai 750-1000mm) per poi tendere, lungo la fascia litorale, verso il tipo marittimo (con precipitazioni annue minori di 800 mm).”<sup>5</sup>

In tutte le Marche, dato il clima complessivamente mite, è possibile osservare una netta prevalenza delle precipitazioni acquee su quelle nevose (sempre più scarse

<sup>4</sup> Centro Ecologico e Climatologico di Macerata.

<sup>5</sup> C. Bisci, F. Dramis, 1991, pag. 92

avvicinandosi alla costa), che, pur essendo nelle zone montuose relativamente frequenti ed intense, neppure sulle vette più intense ed elevate riescono a formare una copertura continua.

I fenomeni temporaleschi a carattere grandinifero, tipici della primavera e dell'estate, risultano nella regione relativamente poco frequenti ed intensi, con importanza sempre crescente andando dal litorale verso la zona montana.

Per quel che riguarda l'analisi delle caratteristiche dei venti purtroppo la strumentazione risulta carente nell'attendibilità dei dati, con la conseguente difficoltà di reperire una mappa eolica regionale.

Malgrado ciò, grazie ai dati strumentali relativi ad alcune stazioni prese in considerazione, sono state formate alcune osservazioni; in tutte le stagioni, la zona litoranea è interessata da un maggior numero di giornate di calma rispetto l'entroterra. In generale, in primavera la prevalenza dei venti è da NE, mentre in estate si assiste ad un incremento d'importanza di venti orientali. In autunno e in inverno invece, le correnti atlantiche provocano una dominanza di venti nord-occidentali (fig. 11).

Anche la velocità del vento risulta essere fortemente influenzata dalle condizioni orografiche locali e regionali; in media si può riscontrare nel territorio regionale una frequenza del 15-20% di venti con velocità superiore ai 5m/sec.

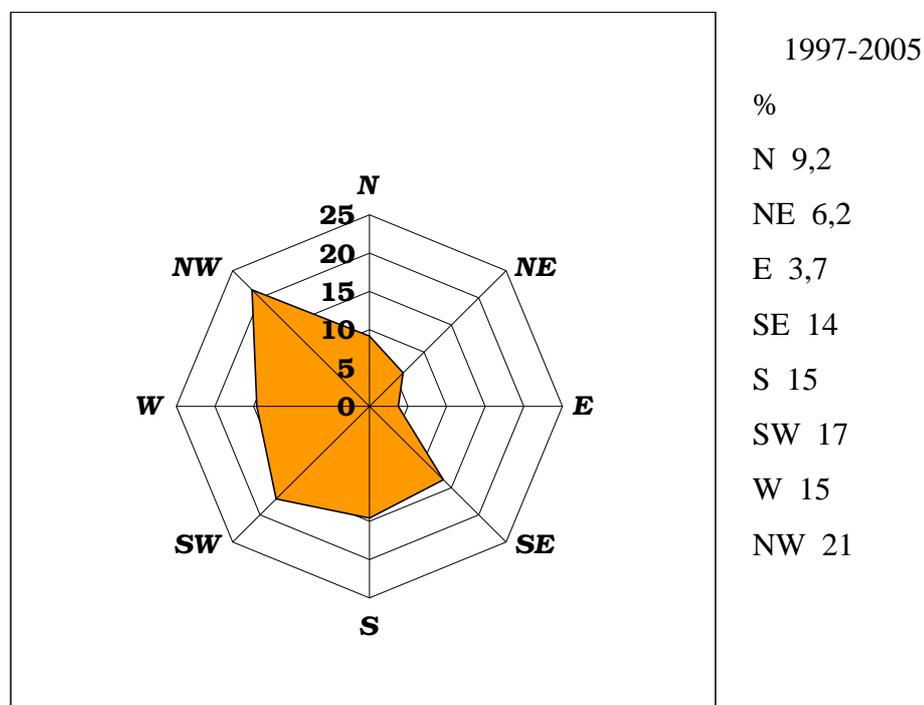
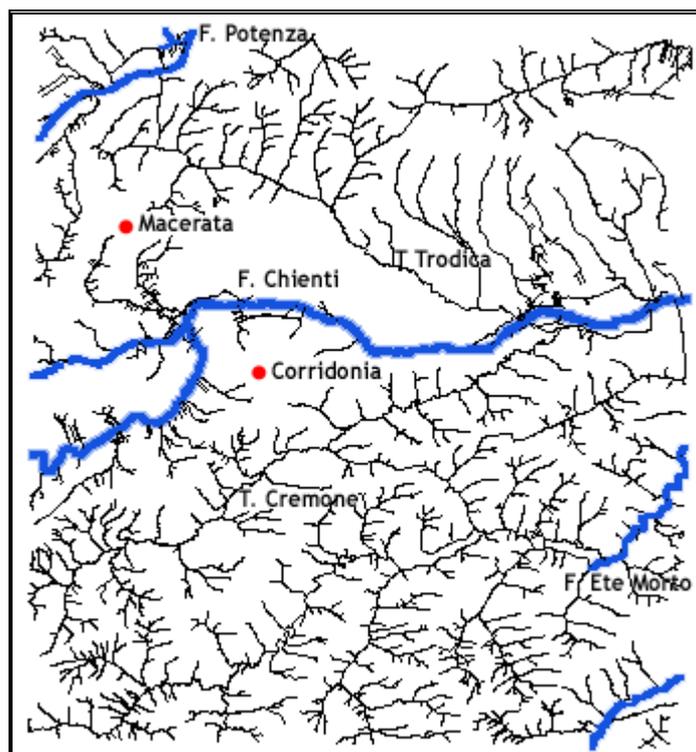


Figura 11: direzione dei venti in percentuale dal 1997 al 2005 della località di Corridonia.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Centro Ecologico e Climatologico di Macerata.

## **1.2 Inquadramento geologico e geomorfologico del bacino del fiume Chienti**

Come già accennato, l'area in esame ricade interamente nel bacino del fiume Chienti, e più precisamente nella sua parte mediana. Questo fiume è il maggior corso d'acqua della provincia di Macerata; il suo bacino è di 1.299 Km<sup>2</sup> e si sviluppa per una lunghezza di 100 Km. Nasce nell'altopiano di Colfiorito, dove, a quota 800m, si osservano i primi deflussi perenni (Genio Civile Provincia di Macerata-rapporto). Il bacino montano, profondamente inciso nei calcari cretacei, si allarga poi in corrispondenza della confluenza di destra del Chienti di Pieve Torina, primo importante affluente che raccoglie le acque di un vasto bacino esteso a Sud fino allo spartiacque col fiume Nera. I due rami di questo corso d'acqua, Colfiorito e Pieve Torina, si uniscono a quota 400m formando il fiume Chienti propriamente detto, il quale più a valle riceve le acque del torrente Fornace e del rio San Luca. Questo fiume raggiunge le più recenti formazioni mioceniche a Belforte, dove confluisce il torrente Fiastrone. Tale corso d'acqua è il più importante affluente del Chienti, nasce alle pendici del monte Tre Vescovi, percorre una valle caratterizzata da una serie di gole fino all'uscita del Pian di Pieca e si snoda internamente su affioramenti calcarei. A valle di Tolentino, degni di nota, sono gli affluenti di destra, Piastra, Cremone e, nei pressi della foce, Ete Morto.

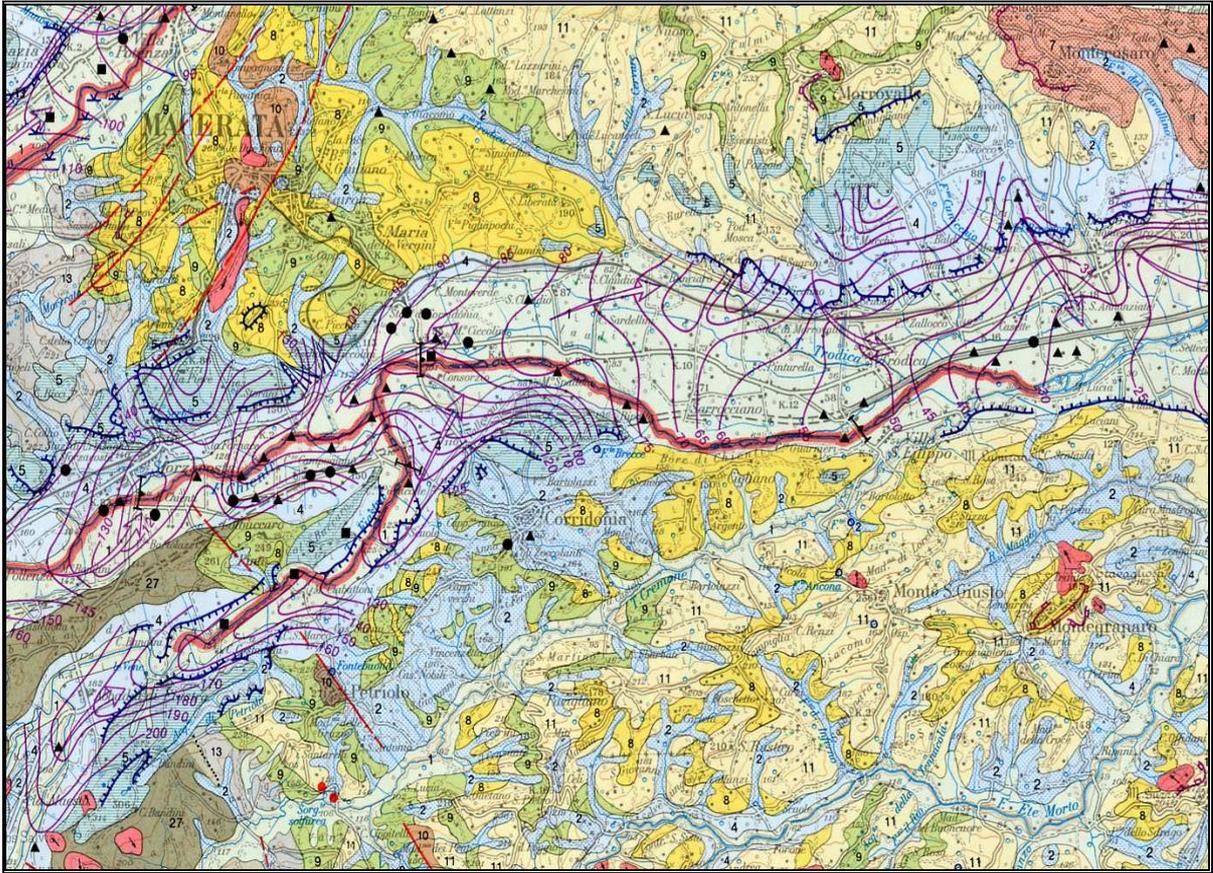


**Figura 12: reticolo idrografico dell'area in esame.**

Il bacino del fiume Chienti comprende tutte le formazioni della successione Umbro-Marchigiana.

La morfologia del territorio marchigiano, nel suo complesso, presenta un forte contrasto tra la parte occidentale prevalentemente montuosa e quella orientale, essenzialmente collinare, che si estende fino al litorale Adriatico. La prima, è segnata dalla presenza di due dorsali montuose, con quote sopra ai 1000m s.l.m., separate tra loro da depressioni collinari; la fascia orientale è invece caratterizzata da un paesaggio più dolce, modellato su una vasta struttura monoclinale, che mantiene la medesima pendenza dalla sommità a scendere fino alla costa. Da ciò si evince che le Marche hanno, come peculiarità, la quasi totale assenza di aree pianeggianti di una certa estensione: di conseguenza sono collocate tra le regioni italiane più montuose.

L'elemento dominante questo aspetto orografico è l'Appennino Umbro-Marchigiano che ha una morfologia piuttosto aspra, in cui si differenziano due dorsali montuose, quasi parallele, separate da una depressione collinare. Da qui, la divisione della regione in due netti settori orografici: quello appenninico, prevalentemente montuoso, e quello sub-appenninico, prevalentemente collinare.



1	Olocene. Alluvioni attuali e recenti.
2	Olocene. Depositi eluvio-colluviali.
5	Pleistocene medio. Alluvioni terrazzate.
8	Pleistocene inferiore. Corpi prevalentemente pelitico-limosi in strati sottili.
9	Pleistocene inferiore. Corpi prevalentemente arenaceo-pelitici in strati da sottili a spessi.
11	Pleistocene inferiore. Peliti con intercalazioni pelitico-arenacee in strati sottili.

**Figura 13: carta geologica dell'area in esame.**

Il territorio in studio ricade nel Bacino Marchigiano Esterno ed è caratterizzato dalla presenza di terreni di ambiente marino, di transizione e continentale; mostra un assetto strutturale monoclinale, con strati immergenti prevalentemente verso est-nord-est con debole inclinazione. Il termine più antico, situato alla base della locale serie stratigrafica, è costituito da

depositi argillosi di ambiente marino neritico (depositi pelitici), riferibili al Pleistocene inferiore, a cui seguono, verso l'alto, depositi pelitico-arenacei, arenaceo-pelitici (ambiente litorale e di transizione). La formazione marina più recente è costituita da corpi prevalentemente pelitico-limosi. Oltre a tali unità, che appartengono al ciclo deposizionale plio-pleistocenico marchigiano, sono stati cartografati i depositi continentali di età pleistocenica-olocenica costituiti dalle alluvioni terrazzate del Fiume Chienti e del Torrente Cremona ed i depositi colluviali che ricoprono diffusamente le unità del substrato. Dal punto di vista geomorfologico generale il bacino del fiume Chienti si presenta fortemente asimmetrico (fig. 14).

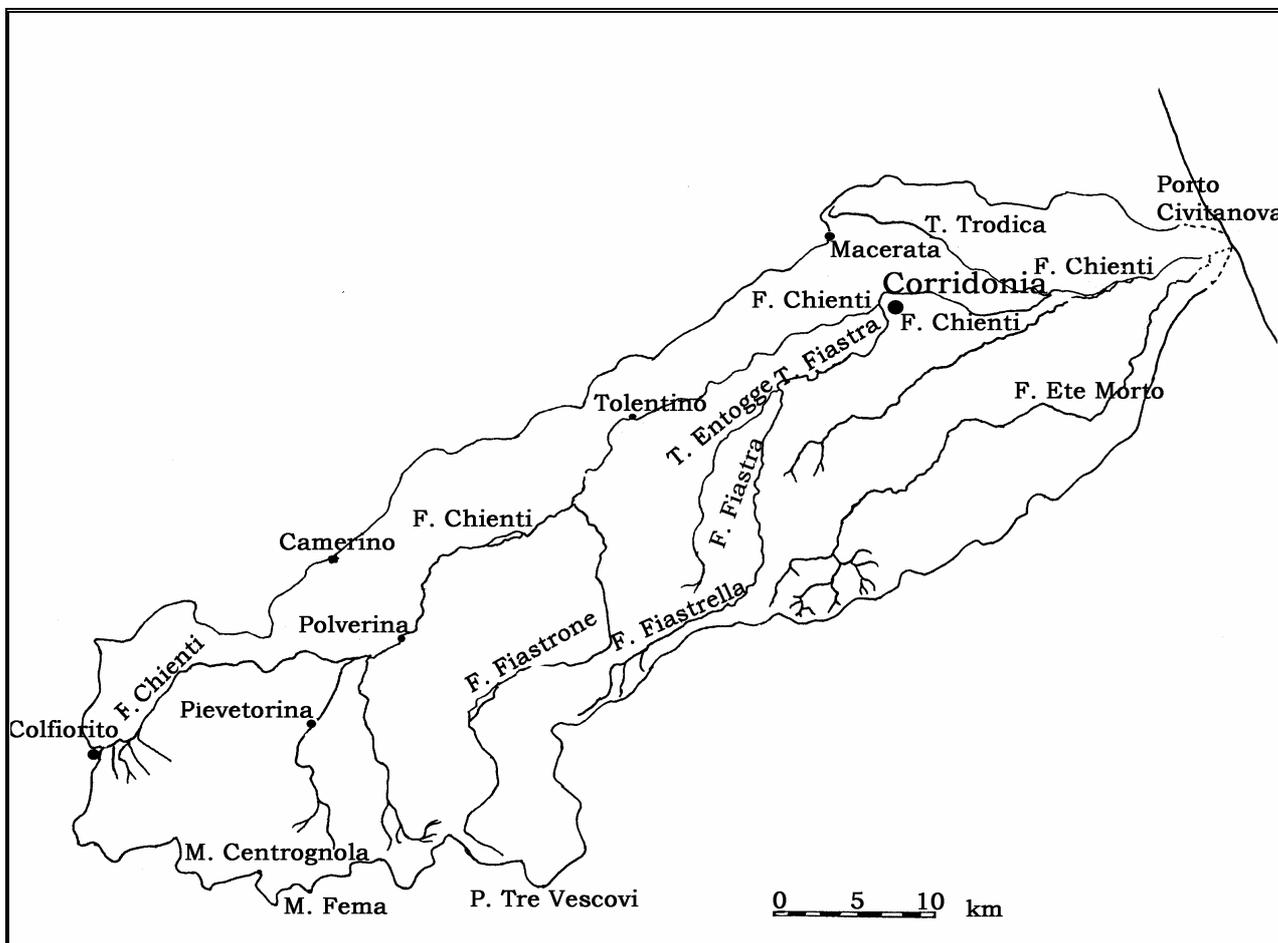


Figura 14: reticolo idrografico del Fiume Chienti.

Il canale principale infatti, risulta spostato completamente a Nord rispetto allo spartiacque. Questo fatto è dovuto al grande sviluppo degli affluenti di destra di questo fiume (Fiastrone, Fiastra ed Ete Morto). Tali immissari, tra l'altro, presentano un

andamento fortemente anomalo, tanto da far pensare ad una evoluzione molto recente di tutto il bacino. La piana alluvionale del fiume presenta estesi terrazzi generalmente situati alla sinistra idrografica. Questa caratteristica comune a tutti i fiumi marchigiani, viene giustificata dalla mobilità tettonica differenziale dell'intera regione.

Il territorio in esame è caratterizzato da una generale corrispondenza tra assetto strutturale ed elementi morfologici. Risulta evidente, infatti, come crinali caratterizzati da risalti morfologici corrispondano agli affioramenti dei litotipi a maggiore componente sabbioso-arenacea (depositi arenacei); viceversa, le aree collinari a morfologia più "dolce" si rinvengono in corrispondenza di litologie prevalentemente argillose e facilmente erodibili (depositi pelitici e pelitico-arenacei). L'analisi geomorfologica ha permesso di individuare le forme, i depositi e i processi morfogenetici legati all'azione della gravità, delle acque correnti superficiali, all'attività antropica.

La zona in studio si estende dalla piana alluvionale del Fiume Chienti a nord fino a quella dell'Ete Morto a sud e comprende parte del bacino idrografico del torrente Cremona.

Il reticolo idrografico appartiene al tipo sub-dendritico tendente al rettangolare, con forti anomalie idrografiche (torrenti contro-corrente, accentuati gomiti, ecc.). Dal punto di vista evolutivo l'area è fortemente influenzata dalla confluenza del Torrente Fiastra. Infatti il terrazzo alluvionale presente in destra idrografica costituisce probabilmente un terrazzo di conoide proveniente dal suddetto torrente. Ciò sarebbe confermato dalla forma della grande ansa fluviale presente sul Chienti. Le alluvioni recenti sono molto estese e per quanto riguarda il rischio da alluvione si evidenzia una zona di rischio elevato proprio nell'area industriale di Macerata. Dal punto di vista dei processi di versante il territorio presenta una franosità diffusa (fig. 15) caratterizzata da rischio medio e moderato. La tipologia delle frane è prevalentemente complessa con forte componente di colamento e scivolamento traslazionale.



Figura 15: Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (PAI).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> *Autorità di Bacino Regionale, Giugno 2001, Regione Marche.*

## 1.2 IL PAESAGGIO CULTURALE

### 1.2.1 Considerazioni generali sul paesaggio

Questo lavoro ha lo scopo di analizzare l'evoluzione del paesaggio dell'area in studio nel tempo, evidenziando quali sono gli aspetti che più hanno condizionato questa trasformazione.

---

La definizione di “paesaggio” risulta essere piuttosto complessa e questo è dovuto alla varietà dei suoi aspetti e delle rispettive funzioni.

Innanzitutto esso *“rappresenta per l'uomo la dimensione percettiva del proprio ambiente”*<sup>7</sup>, ossia ciò che un individuo avverte di un contesto ambientale, sia nelle componenti sceniche che nelle componenti strutturali e di relazione.

Altro modo in cui il paesaggio viene considerato è come *“il contenitore di oggetti assai diversi ed eterogenei”* dentro cui avvengono diverse dinamiche ambientali, biologiche ed antropiche; *“L'eterogeneità è la sua proprietà fondamentale, dunque esso è un insieme di oggetti che presentano caratteri diversi, mostrano varietà topologica spesso associata alla diversità. L'eterogeneità è comune a tutti i mosaici ambientali e come tale viene percepita dagli organismi e dai processi.*

*La natura eterogenea di un paesaggio è strettamente legata all'inequale distribuzione dei suoli, del clima, delle risorse e degli organismi. Questa assume un ruolo molto importante nella gran parte dei processi che sono influenzati dall'arrangiamento spaziale”.*<sup>7</sup>

Nell'ultimo secolo si sono sviluppate diverse teorie legate alla ricerca del paesaggio e dei suoi aspetti; la più importante è quella che viene definita come ecologia del paesaggio che individua, rappresenta, analizza e cartografa i caratteri fisici e biologici di un territorio; il paesaggio viene considerato come totalità dell'ambiente nella sua complessità visuale e spaziale nel quale si realizza l'integrazione tra geosfera, biosfera, litosfera ed opere antropiche. Sotto l'aspetto disciplinare *“il paesaggio è visto come una comune arena da differenti figure professionali come architetti, ecologi, antropologi, climatologi, ecologi della conservazione, ma anche da economisti ed esperti in modellistica ecologica”.*<sup>7</sup>

Grazie all'ecologia del paesaggio, si arrivano a distinguerne diversi tipi, dando ad ognuno una sua specifica spiegazione e collocazione; più in particolare viene definito il paesaggio fisico, il paesaggio culturale e il paesaggio storico ed altri tipi secondo l'aspetto che si vuole prendere in considerazione che sia meritevole d'interesse.

In altri termini ciascun paesaggio è analizzabile, culturalmente e scientificamente, in modi estremamente differenziati e, comunque non riconducibili alla sola fisicità e complessità delle componenti naturali in esso diffuse.

In questo lavoro viene considerato il paesaggio culturale come soggetto, nato da uno stretto legame tra natura e processi antropici, rimasti tali nel tempo.

---

*“I paesaggi possono essere considerati entità geografiche percepite dall’uomo, e di fatto il modello organizzativo dell’uomo nel proprio ambiente. Quando visitiamo aree dove l’agricoltura tradizionale, non quella tecnologica, si è mantenuta, spesso incontriamo dei paesaggi che la nostra cultura ci fa apparire considerevoli ed affascinanti.*

*Questa concezione dei paesaggi non deve stupirci, la storia che abbiamo immagazzinato e riordinato trasformandola in cultura ci consente una percezione particolare. Questi paesaggi nati da uno stretto legame tra natura e processi antropici vengono chiamati paesaggi culturali per distinguerli da paesaggi moderni costruiti moderni e costruiti con logiche produttivistiche e non con logiche di sostenibilità a lungo termine.*

*Nel passato anche recente, le risorse della terra erano considerate centrali per l’uomo e, come tali, venivano tutelate e comunque amministrare impiegando criteri ispirati sia alla cultura che alla religione. Il risultato era invariabilmente la costruzione di un sistema di relazioni che dava una connotazione precisa ad un paesaggio a seconda della comunità umana interessata.*

*Questi paesaggi erano in grado di “sposare” le risorse disponibili con le necessità delle popolazioni che indirizzavano in una sorta di auto-organizzazione,.*

*Questi paesaggi sono riconosciuti di importanza primaria per la conservazione e per la testimonianza della cultura dei popoli e sottoposti a forme diversificate di vincoli da parte dell’UNESCO. Ma ciò che ne deriva è in effetti un modello che potrebbe essere seguito per ristabilire i meccanismi di auto-organizzazione dei paesaggi attuali sottoposti a meccanismi di eccessiva dissipazione dell’energia e tali da essere prossimi a forte instabilità.*

*I paesaggi culturali sono stati organizzati utilizzando in maniera bilanciata l’energia dei vari comparti “produttivi” attraverso delle regole assai semplici che ponevano l’uomo al centro di un territorio con scarse, o quasi nulle, possibilità di spostamento. La sedentarietà delle popolazioni è diventata il cardine fondativo dei paesaggi culturali. Questa sedentarietà si è espressa quindi in meccanismi di auto-organizzazione tale da utilizzare al meglio le risorse in situ...”<sup>7</sup>*

*“In un paesaggio culturale , la maggior parte delle risorse disponibili vengono utilizzate dall’uomo”<sup>7</sup>.*

L’attenzione è stata focalizzata quindi, non su un paesaggio qualsiasi, ma piuttosto caratterizzato da **elementi significativi** che ne permettono una sua precisa

---

identificazione e definizione e attraverso questi, verrà sviluppata l'analisi evolutiva del paesaggio stesso.

Gli elementi ritenuti significativi sono quelli naturali come fiumi e torrenti, natura del terreno, mulini, vegetazione presente sul territorio, colture e seminativi, appezzamenti agricoli e quelli antropici come le costruzioni in terra realizzate in tempi passati e che hanno determinato la tipicità del luogo.

Gli aspetti del paesaggio fisico che riguardano la collocazione geografica della zona dell'entroterra marchigiano, i rilievi collinari preappenninici, i fiumi e la corografia, il clima e quelli del paesaggio storico con i diversi elementi socio-economici e rurali che lo caratterizzano, sono altri aspetti che verranno analizzati in grado di definire le peculiarità di questo paesaggio.

### **1.2.2 Le case di terra**

Scopo di questo saggio è analizzare e osservare l'evoluzione del paesaggio con il decorso del tempo.

Affinché ciò si possa effettuare, è necessario che l'ambiente circostante sia costituito da elementi che, come già spiegato, rendano possibile lo studio.

Tali fattori, si possono distinguere in propri ed essenziali dei due comuni considerati; Possono altresì essere ambientali, dunque mutevoli, come le colture, i boschi, i fiumi e quant'altro sia tipico della natura del luogo, e possono essere concrete opere antropiche, aventi logicamente significato storico-culturale, piuttosto che socio-economico, come dimostrato dalle **case di terra**.

La scelta di queste ultime è stata fondamentale e molto importante, perché rappresenta quanto di più caratteristico e peculiare ci sia in quel territorio. E' stato accennato precedentemente, che non si è scelto un paesaggio qualsiasi ma specifico della regione, la quale ha di suo già molti aspetti che la distinguono rispetto alle altre per quel che riguarda il paesaggio fisico.

Sono state selezionate proprio queste **case di terra** come **elementi significativi**, perché potessero dare particolare risalto e differenza al paesaggio da studiare sul piano naturale, visto che caratterizzano ambienti collinari e campestri, ma anche su quello storico, culturale, sociologico ed economico. Non è un caso, ad esempio, aver studiato

---

l'ambiente fisico e la natura del terreno su cui queste case sorgono, perché è anche da questo che si è potuto ricavare un altro fattore che contraddistingue il territorio da studiare, come, ad esempio, il tipo di coltura praticata.

E' questo il motivo che ha fatto la differenza rispetto ad altri, cioè il fatto che queste case di terra, non servano ad uno studio meramente tecnico e metodologico, ma anzi forniscano anche altri aspetti, permettendo comunque lo studio dell'obiettivo del lavoro e ampliandolo secondo le informazioni ricavate. E ciò non poteva farsi studiando solo campi e colture piuttosto che fiumi e strade, o meglio, questi sono tutti segni di un paesaggio prettamente antropico, i quali appariranno e verranno in ogni caso utilizzati, ma sicuramente emergeva la necessità di cercare ed affiancare elementi peculiari e particolari, solo i quali creano un paesaggio culturale.

### **1.2.3 Storia delle case di terra**

Oltre i caratteri prettamente geografici e fisici di questa regione, è essenziale configurare anche il contesto storico in cui il paesaggio culturale si è evoluto ed è arrivato ad essere quello favorevole alla costruzione delle case di terra.

Dal punto di vista della cultura rurale, le Marche sono un caso particolare rispetto ad altre situazioni territoriali, considerato che includono dei caratteri comuni a tutte le altre regioni.

Quello che oggi è un paesaggio agrario, caratterizzato da una continuità culturale e dalla presenza di innumerevoli case coloniche, è il frutto di un'organizzazione agricola nata e consolidatasi nei primi anni del XVI secolo, con l'istituzione dei poderi condotti a mezzadria.

Precedentemente, le case rurali erano collocate solo nei pressi di pievi e conventi, e avevano la funzione di protezione da continue invasioni e di dominio politico ed economico sulla popolazione rurale.

I fenomeni principali precursori delle costruzioni in terra, sono due e si verificano solo alla fine del XV secolo, quando i contadini abbandonano le case dei luoghi in cui prima vivevano, per abitare case da loro stessi costruite nei fondi. Nello stesso contesto spazio-temporale, avviene una crescita demografica, la quale favorisce l'insediamento in aree abbandonate nel secolo precedente e si sviluppa il fenomeno del contratto

---

mezzadrile per la coltivazione dei poderi assegnati alla nuova classe dell'aristocrazia terriera.

Questo prevedeva la lavorazione del fondo da parte del mezzadro, in cambio del proprio sostentamento e di quello della sua famiglia, a metà col signore.

In tal modo il contadino era stimolato alla massima produttività e proprio per questo, l'insediamento rurale, diventa il perno del processo produttivo, che, oltre al contratto che regola i rapporti tra padrone e contadino e una varietà di colture, presuppone anche un complesso edilizio in grado di assolvere una pluralità di funzioni quali: abitazione, ricovero animali, ricovero attrezzi e fienili.

L'aspetto economico, appare più chiaro ed immediato sia da comprendere che da spiegare; infatti, è documentato che fin dal XII secolo sorgevano vicino ai mulini, una o più dimore in terra cruda. Il mulino difatti, ha da sempre rappresentato non solo la struttura protoindustriale più importante del Medioevo, ma anche una rilevante fonte economica e un forte centro di aggregazione sociale nell'Europa preindustriale; un insediamento agricolo plurifunzionale, spesso fortificato, intorno al quale si insediavano *laboratores*, cioè mano d'opera bracciantile necessaria per l'attività di molitura, ma anche per la continua manutenzione delle strutture molitorie (macine, ingranaggi), per il controllo e la pulizia dei vallati.

Già da ciò si desume facilmente che queste case rappresentavano l'essenziale per le famiglie di allora, le quali si dovevano mantenere con quello che loro stesse producevano e, in funzione di questo, si basava anche il numero dei componenti della famiglia da poter mantenere.

Un altro aspetto che emerge è di carattere sociale, dal momento che questi tipi di costruzioni sono selettive di ceti popolari piuttosto disagiati, infatti già all'epoca vi era la netta distinzione tra classi benestanti, che abitavano case in muratura, e classi inferiori.

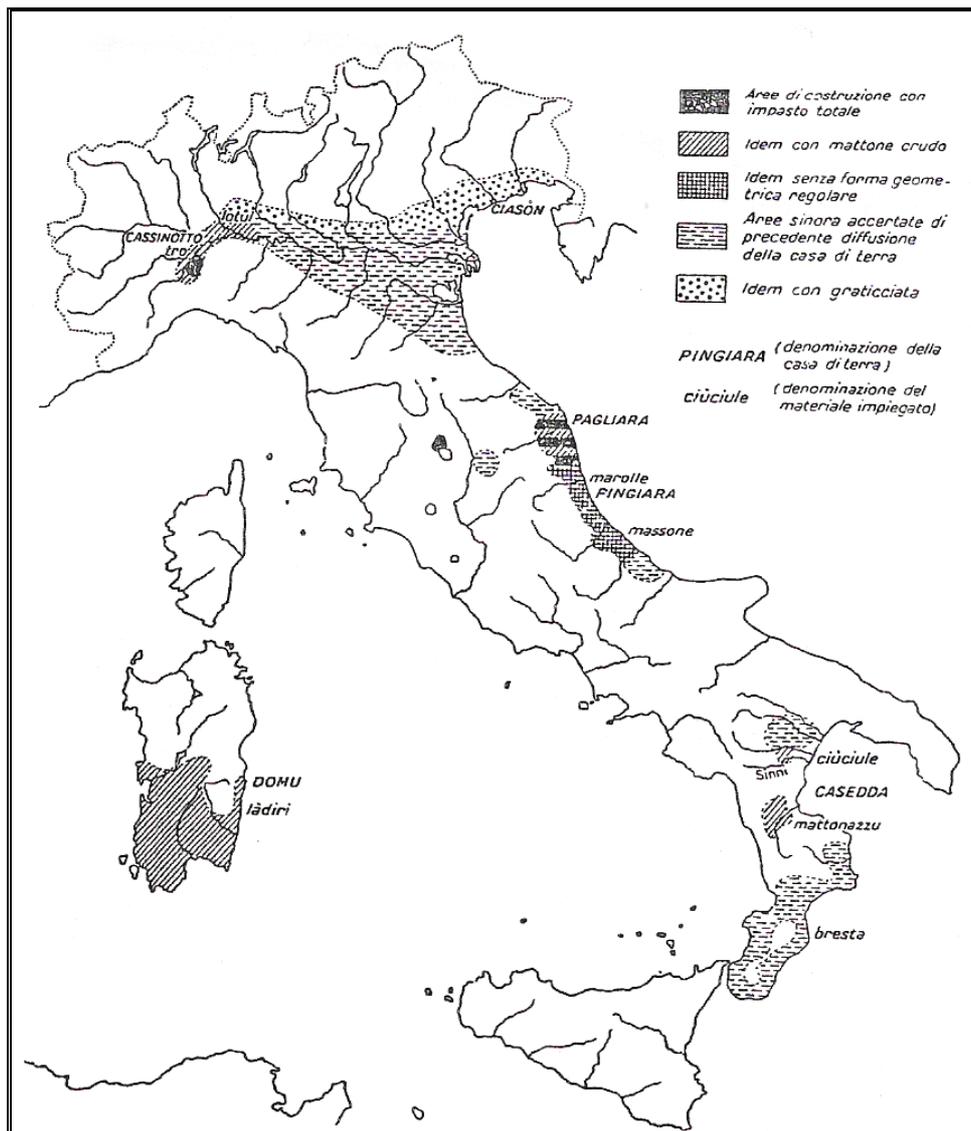
#### **1.2.4 Caratteri**

*“Di che materia poi si abbiano a fabbricare le mura non si può stabilire: perché non in ogni luogo si possono avere que' materiali che si desiderano, ma secondo ove sono bisogna adoperare o pietre lavorate, o selci, o tufo, o mattone cotto, o crudo:*

*imperciocche non tutti i luoghi possono avere il muro fatto di mattone cotto ma possono avere tanti simili materiali, che se ne possono fare mura perfette di durata, e senza difetto”*<sup>7</sup>.

Dette anche “pagliare”, “atterrati”, “pinciare” o più semplicemente “casette”, a seconda dei luoghi in cui sorgono, sono costruzioni i cui muri stessi sono creati da un impasto di terreno argilloso e paglia e poi fuori intonacate. La loro origine è assai remota: risale infatti al medioevo, epoca in cui nacque il contratto mezzadrile.

Le regioni in cui si diffusero maggiormente queste tipologie edilizie, sono: la Sardegna, la Val Padana, la parte alta dell’Abruzzo, la Calabria e le Marche.



---

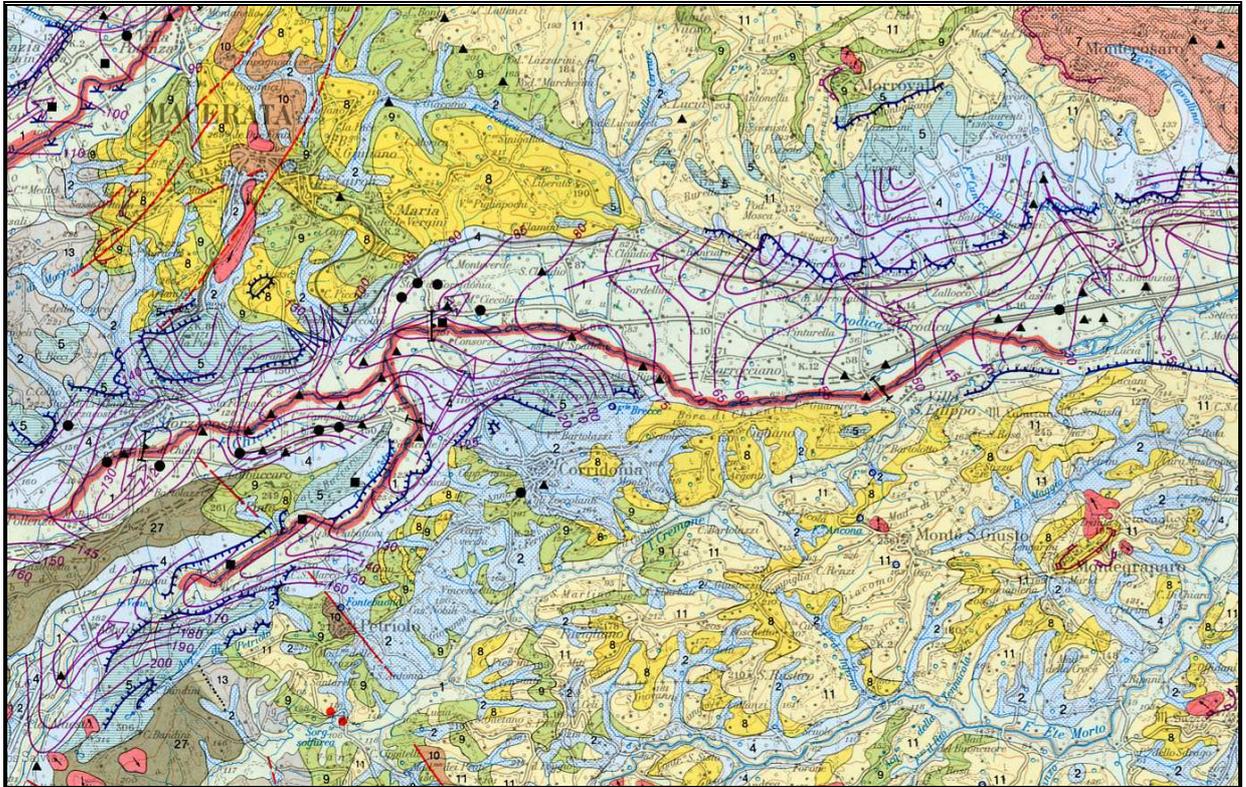
**Figura 16: zone di diffusione della costruzione in terra cruda in Italia con l'indicazione delle tecniche costruttive (da Baldacci, 1958).**

In riferimento a questa regione, gli atterrati, come già citato, sorgono non sulla costa o nelle vicinanze di centri urbani, ma in prossimità delle colline che subito si collocano nell'entroterra, ovvero in quel paesaggio le cui peculiarità sono state definite precedentemente e che meglio ospita questa tipologia edilizia, dal momento che sono tipiche di zone di campagna.

I Comuni da analizzare sorgono, per l'appunto, in collina e sono quindi differenziati dalla notevole presenza per esempio di lotti di terreno, culture, mulini e corsi d'acqua, ecc.. rispetto ad altri paesi, anche attigui, ma in cui non ci sono case in terra, dato che come si è visto, nascono da una cultura ben radicata e da esigenze dettate dal luogo.

Le ragioni per cui queste case sono disposte nelle alture, si riferiscono a motivi storici, geologico-altimetrici e climatici.

In primo luogo infatti, è proprio in queste zone lontano dalle coste, che si conserva la cultura rurale nata in tempi lontani, per cui sono state costruite da contadini o semplici braccianti che, col contratto mezzadria, coltivavano l'appezzamento di terreno, in cui vivevano, appartenente al signore; la seconda motivazione riguarda, invece, aspetti più tecnici, poiché nella tradizione costruttiva in crudo, in Italia la terra utilizzata si configura come materiale locale e adatto per eccellenza. Esiste quindi un legame naturale che consiste nella presenza sul posto della terra necessaria per costruire la casa; un rapido confronto con una carta geologica, mostra chiaramente come le pagliare sorgono, a preferenze, sulle alluvioni argilloso-terrose e terroso-sabbiose e sulle argille sabbiose quaternarie del Pleistocene.



1	Olocene. Alluvioni attuali e recenti.
2	Olocene. Depositi eluvio-colluviali.
5	Pleistocene medio. Alluvioni terrazzate.
8	Pleistocene inferiore. Corpi prevalentemente pelitico-limosi in strati sottili.
9	Pleistocene inferiore. Corpi prevalentemente arenaceo-pelitici in strati da sottili a spessi.
11	Pleistocene inferiore. Peliti con intercalazioni pelitico-arenacee in strati sottili.

**Figura Error! Main Document Only.7: carta geologica dell'area in esame.**

Anche la stabilità del suolo ha grande importanza; infatti, le case di terra, sia per la scarsa profondità delle fondazioni sia per la qualità del materiale con cui vengono edificate, devono sorgere su un terreno stabilissimo. E' per ciò che queste si riscontrano raramente sui pendii collinari spesso soggetti a frane. Esse sono, in preferenza, sui

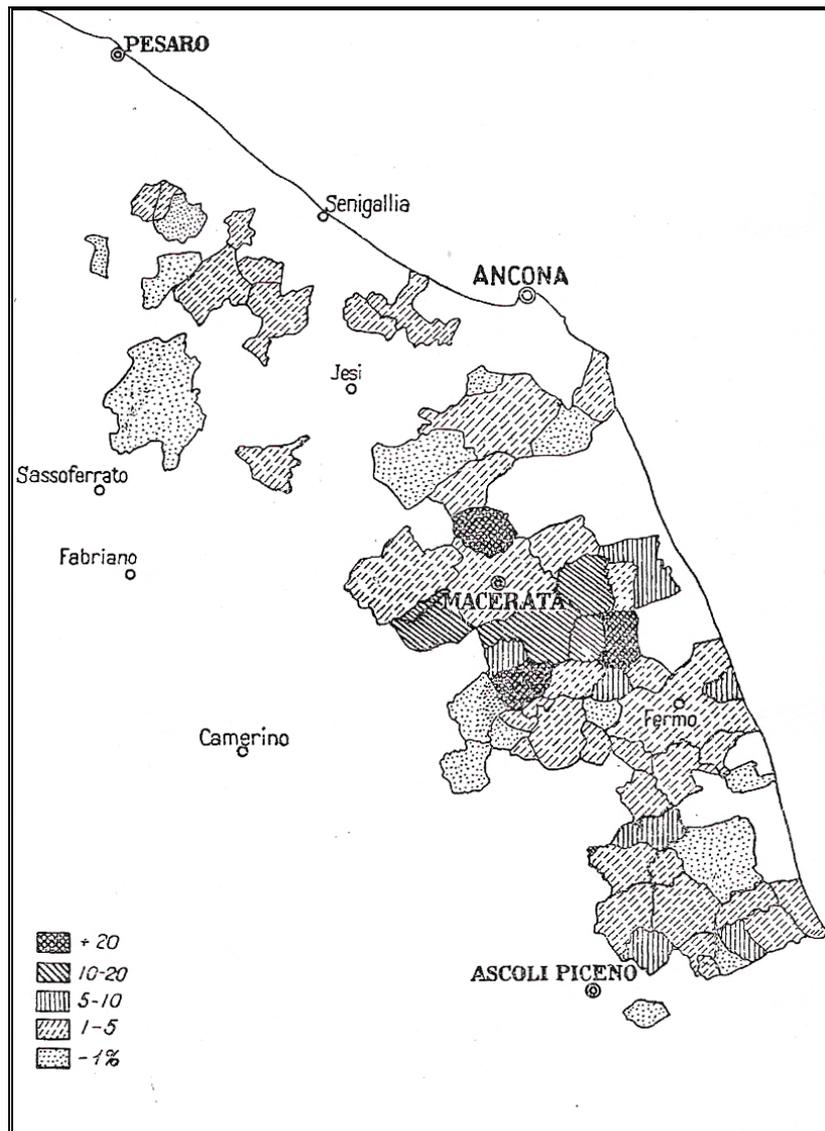
fondovalle terrazzati o sulle dorsali (separanti, per esempio, Cremona e Chienti, Potenza e Chienti).

Si è detto che anche l'altimetria influisce, infatti, in tutta la fascia costiera e nei luoghi meno elevati (al disotto dei 50m) le pagliare sono in numero scarsissimo, né, d'altra parte, si notano al di sopra dei 300-350m. Nel primo caso all'assenza contribuisce specialmente il fattore climatico, in quanto sulla costa, maggiore è la violenza dei venti; nel secondo caso invece, superati i 270-300m, il terreno scarsamente contiene argilla ma piuttosto sabbia arenaria, in oltre, a tale quota, diventerebbe troppo ripido per costruirvi. E' stata condotta una ricerca nel 1933 circa la presenza di pagliare nelle zone del Maceratese ed è stato riscontrato che, le province in cui queste dimore ricadono, sono quasi ed esclusivamente quelle di Macerata ed Ascoli Piceno. ( fig. 18).

<b>Percentuale degli atterrati nel patrimonio edilizio rurale del 1700</b>				
<b>Località</b>	<b>anno</b>	<b>% atterrati</b>	<b>anno</b>	<b>%</b>
S. Lucia	1703	23,2	1761	27,5
Fermo	1727	22,7	—	—
Grottazzolina	1679	1,3	1701	12,6
Servigliano	1648	0,5	1738	0,8
Sant'Elpidio	1720	30,1	—	—
Recanati	1761	11,8	—	—
Osimo	1736	2,6	1778	8,0
Montolmo*	1659	21,3	1778	35,2

**Figura 18: percentuale degli atterrati nel patrimonio edilizio rurale del 1700. \*La riga evidenziata è quella relativa all'indicazione della percentuale di atterrati nel paese di Montolmo (oggi Corridonia).**

In particolare, la ricerca è stata effettuata in base alla percentuale di case di terra rispetto la presenza di case rurali, ed è emerso che i comuni in cui compaiono le prime sono settanta e che, in tutta la regione Marche, sono presenti ancora 1.401 abitazioni con la prevalenza nei comuni di Corridonia, Monte San Giusto, Monte Granaro, Mogliano e Montecassiano. ( fig. 19).



**Figura 19: Percentuale delle pagliare rispetto alle case rurali.**

Andando ad analizzare meglio gli aspetti propri di queste case di terra, è opportuno ed essenziale descrivere in primo luogo l'aspetto funzionale di esse e poi di seguito l'aspetto tipologico.

Per quanto riguarda la casa rurale marchigiana, a differenza di altre regioni italiane, non è caratterizzata da costruzioni di grandi dimensioni (come per esempio le cascine della Val Padana o le case di campagna tipiche meridionali), ma a causa del sistema mezzadrile, con la conseguente frammentazione delle unità produttive, la casa rurale si presenta in piccole unità regolarmente sparse sul territorio.

Essa è modesta ed umile, come del resto chi la abita, caratterizzata da bassi costi di costruzione, ma adatta a svolgere una serie di funzioni che la pongono al centro fisico del fondo, per un migliore controllo ma anche per un adeguato processo produttivo.

---

Questa casa doveva accogliere la famiglia del mezzadro e soddisfare tutte le loro esigenze primarie, ma rappresenta anche il luogo per l'allevamento del bestiame, di ricovero attrezzi e sementi, e dove permettere la lavorazione dei propri prodotti quali la cantina, il fienile, ecc..

Questo aspetto si dimostra al quanto importante, visto che da ciò dipende il numero della famiglia, strettamente legato alla produzione del fondo.

L'aspetto tipologico di questi atterrati, si riscontra tra la casa del piccolo proprietario, la quale sorge isolata su un appezzamento di terra, e quella del bracciante, inserita in una schiera formata da due o più unità abitative, collegate in senso orizzontale; ( fig. 20 e 21).

Entrambe nascono comunque su un lotto di terreno sicuramente diverso rispetto ad uno odierno (piuttosto simile a un orto) le cui dimensioni non arrivano mai a superare l'ettaro e, nel caso in cui lo raggiungono, rientrano nel caso del piccolo proprietario; inoltre, mentre il piccolo possidente terriero è proprietario dell'abitazione, il bracciante era in affitto.

Tutto ciò determina la netta diversificazione nella tipologia delle abitazioni.

Per le ragioni sopra riportate, in funzione della famiglia e della posizione occupata dalla persona rispetto al signore, nascono due tipologie abitative.

Il piccolo proprietario necessita di un paio di stanze al piano inferiore per ricoverare attrezzi agricoli e bestiame, mentre le camere da letto si trovano esclusivamente al piano superiore assieme alla cucina.

La casa del bracciante invece, rimane ancor più essenziale rispetto all'altra, dato che al suo interno non viene svolta nessuna attività lavorativa ed è composta da due soli vani: la cucina al pian terreno e una camera da letto al piano superiore.

Strutturalmente dunque, l'unità abitativa del piccolo proprietario è isolata e presenta caratteri propri della casa colonica: allungata e rettangolare; mentre quella del bracciante è inserita in una schiera ed ha pianta quadrata.

Entrambe le strutture conservano diverse analogie tecniche e strutturali: terra cruda e paglia sono i componenti materici di queste costruzioni, mentre solai e coperture sono costituiti da orditura in legno e terracotta.

Eventuali tramezzature e, talvolta, anche i piani di copertura a falde inclinate, sono di calce su incannucciata. Gli sporti di gronda, contrariamente alla maggior parte delle case marchigiane, sono pronunciati per impedire il dilavamento delle superfici murarie

---

esterne; la copertura è costituita da un'orditura in legno sulla quale poggia un canniccio, che sostiene normali tegole; le aperture sui muri sono sempre di piccole dimensioni.

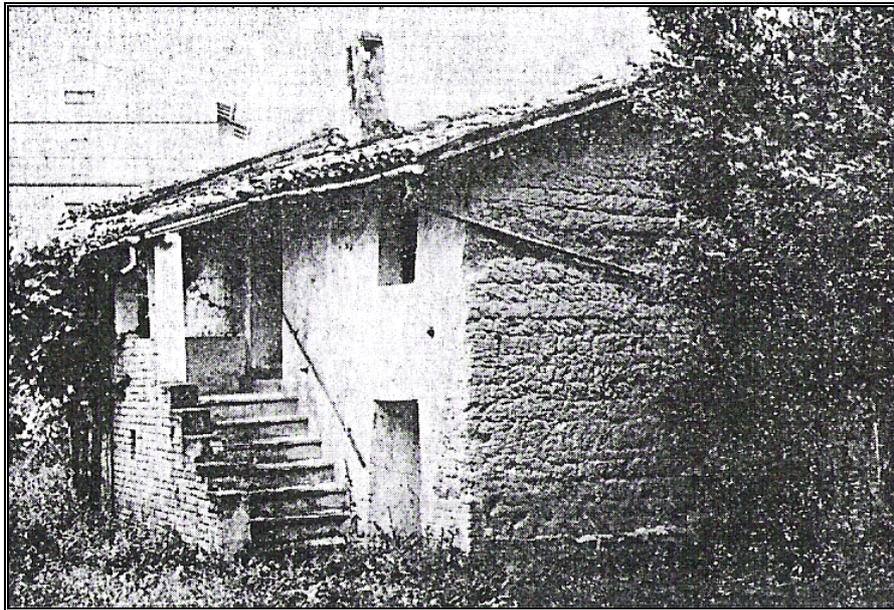
La tecnica costruttiva consisteva nel gettare e comprimere terra impastata a paglia entro sponde di legno, oppure, quando l'impasto offriva maggior coesione interna e consistenza plastica, nel sovrapporre progressivamente piccole masse di materiale affettato successivamente in opera.

Le dimensioni delle case risultano essere particolari, si hanno fondazioni che vanno dai 0.80m ad 1.00m così come l'abbondante spessore dei muri, che di regola non è mai inferiore agli 80cm e decresce procedendo dalle fondazioni proseguendo verso la copertura. L'altezza complessiva è modesta, arriva al massimo ai 2.80m inoltre, sia la casetta del bracciante che quella del piccolo proprietario, raggiungono i 5-6m di lunghezza dal lato corto e i 10-12m di lunghezza dal lato lungo.

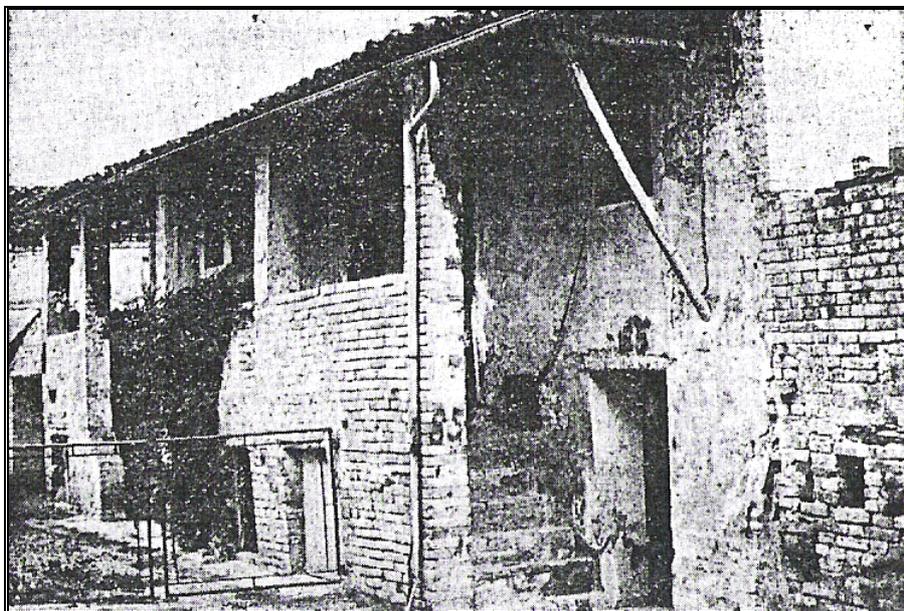
Se questi sono i punti in comune tra le due tipologie, gli aspetti variabili si trovano, come già detto, all'interno di ogni abitazione, la quale presenta varianti dettate da esigenze pratiche ed estetiche per cui ogni casa ha caratteristiche originali come ben fa notare la scala, che può essere: esterna, scoperta o coperta, sempre in muratura, e interna, anch'essa in muratura, ricavata al centro dell'abitazione che, solo di rado, può essere in legno.

Altro elemento di diversificazione, appartenente però solo alle case isolate, è la differenza notevole nelle dimensioni e, a volte, nella dislocazione dei locali.

Ultima cosa importante da render noto è che le case di terra risaltano in mezzo alla campagna, grazie all'intonaco bianco dato in esterno, questo per avere una miglior protezione agli agenti atmosferici, visto che il ruolo di coibenza termica è già assolto dalla commistione di materiale terra-paglia.



**Figura 20: Esempio di casa rurale di terra isolata.**



**Figura 21: Esempio di casa rurale di terra a schiera.**

---

### 1.2.5 Politiche d'intervento

La storia di queste case in terra inizia a declinare quando, nei primi anni del '900, anche per le Marche si apre la via dell'America, della grande migrazione transoceanica, e proprio i braccianti ed i piccoli proprietari, oppressi dalla crisi agraria degli anni ottanta, saranno i primi a partire per cercar lavoro.

Nel 1093-1905 emigrano ben 67.663 marchigiani, spopolando interi paesi e molte case di terra rimasero disabitate in attesa del ritorno dei proprietari, che in molti casi non avvenne. Così le case abbandonate caddero ben presto in rovina, avvolte dalla vegetazione e degradate dalle intemperie. In questo modo sono scomparsi centinaia di atterrati negli anni 1930-1940, considerate da demolire, ad eccezione di quelle ritenute in buono stato perché recenti. L'ultimo segno della loro esistenza, lo segna l'esodo del secondo dopoguerra.

*“Gli eredi di questo patrimonio abitativo, beneficiati dal miracolo economico del modello marchigiano, si impegneranno in un processo di rimozione fisica di quello che ormai rappresentava il simbolo di una miseria finalmente superata. Quasi tutti gli atterrati furono abbattuti, per costruire al loro posto ville che rinnegano il passato”<sup>7</sup>.*

La tradizione costruttiva del crudo ha scontato, in passato, un processo di oblio e di rimozione che interessa anche le tecniche costruttive oltre che vicende storiche.

Infatti, la pratica costruttiva del crudo, che in molte aree geografiche ha caratterizzato il panorama edilizio italiano sin oltre la metà del secolo, è andata mano a mano scomparendo di fronte al prevalere di altri materiali da costruzione.

La crisi del settore agricolo, ambito in cui era certamente più forte il legame con il *materiale terra*, e le maggiori disponibilità economiche conseguenti all'impiego della forza lavoro nella nascente industria, sono tra i fattori che più hanno contribuito alla rottura dell'antico legame tra il cantiere e le risorse disponibili in loco.

Altre motivazioni hanno poi contribuito al parziale o totale abbandono delle tecniche costruttive del crudo, come ad esempio, l'industrializzazione e la modernizzazione del cantiere, che ha condotto alla scomparsa della figura del *maestro muratore*, alla cui sapienza erano affidate la maggior parte delle scelte costruttive e tecnologiche di questo processo edilizio.

Tutto questo ha influito in maniera determinante anche sul degrado e sull'abbandono delle strutture esistenti; per meglio dire, la mancata trasmissione della conoscenza del

---

materiale e della relativa tecnica edilizia, ha di fatto condotto, in molti casi, ad interventi di restauro non compatibili con le strutture edificate in terra cruda. Interventi, questi ultimi, spesso favoriti dall'ineguaglianza di norme edilizie urbane nei confronti di un materiale, da molti legislatori, non contemplato tra i tradizionali materiali da costruzione. Il restauro con elementi e materiali non compatibili con la terra cruda e le sue tecniche ha dunque, in più casi, accelerato il degrado delle strutture ed alimentato la convinzione dell'inaffidabilità della terra cruda come materiale da costruzione.

Oggi tutto ciò che resta del passato è diventato patrimonio etnografico ed ambientale e, per questa ragione, merita di avere la debita considerazione da parte di Autorità preposte al fine di tutelarlo.

A riguardo ci sono state proposte di salvaguardia da parte di alcune persone del luogo, come ad esempio nipoti dei proprietari delle case o semplici abitanti motivati da interessi culturali, che si sono unite in comitati. La loro motivazione si fonda sul concetto che un tale tipo di costruzione merita di avere il dovuto riconoscimento, soprattutto per i peculiari elementi con i quali sono stati realizzati :acqua, terra e paglia, ma soprattutto l'elemento più importante: la mano d'opera. Questo fa sì che gli atterrati rappresentino un vero strumento dal quale si può estrarre della storia di vita contadina del passato che, in mancanza di questo, difficilmente si riuscirebbe a ricomporre in futuro.

Il problema principale per cui non si riesce ad arrivare ad una forma di tutela soddisfacente è la grave mancanza di una legislazione atta ad incentivare la difesa e la conservazione di un tale patrimonio. Attualmente l'unica legge in vigore è la Legge Regionale 33/90 che non è sufficiente a permettere la possibilità di recupero degli edifici in grado di esserlo e tutt'ora esistenti, specialmente per quanto riguarda l'aspetto economico e per il carattere vincolistico.

Nel Comune di Corridonia, ad esempio, il comitato che alcuni cittadini hanno formato, ha creato un piano comprendente più fasi, rivolto alla Soprintendenza dei Beni Architettonici ed Ambientali per le Marche, al fine di ottenere recupero, conservazione ed incentivi degli atterrati.

In primo luogo mira ad assicurare un controllo generale, quindi un accurato censimento, per evitare che le case subiscano manomissioni che possano alterare ancora le loro caratteristiche originali.

Successivamente il Comitato vuole che si crei una équipe di persone competenti in campo tecnico-scientifico per gestire e coordinare tutte le iniziative di studio, recupero e

---

sperimentazione attraverso cui si individuino le tecniche costruttive impiegate e di conseguenza gli interventi e le modalità di recupero senza però alterare la natura delle costruzioni. Così, dopo avere una conoscenza complessiva dei vari aspetti, si può arrivare ad affidare gli interventi previsti ad operatori, tecnici, studenti per ogni manufatto, secondo le sue caratteristiche originali, ovviamente non alterandole.

In fine si pone l'obiettivo di ottenere l'aspetto più delicato e da sempre inesistente, ovvero quello economico, che dovrebbe essere tutelato da una legge oppure modificando la L.R. 33/90, utile a coprire i costi necessari ad un recupero in maniera completa dell'edificio e per salvaguardare un patrimonio storico, culturale, architettonico e paesaggistico unico, esteso a quei Comuni che, in questo ambito, vantano di un ricco e consistente numero di case di questo tipo.

Nel contempo, anche se pochi, alcuni Comuni hanno pensato di istituire un parco specifico il quale, se ben pubblicizzato dal Comune stesso, potrebbe trasformare l'intera area dove attivare iniziative culturali e ricreative e divenire, allo stesso tempo, un veicolo di promozione turistica che possa concentrare l'attenzione e la curiosità di ospiti e visitatori, anche stranieri, avendo anche un incremento nell'economia della Regione.

La questione più urgente sta nel fatto che il pronto intervento rappresenta l'unica soluzione che consente, ancora per poco, di salvare ciò che a mano a mano sta scomparendo, e questo perché la terra cruda, per natura, non può attendere i lunghi tempi che solitamente occorrono alle politiche amministrative proprie di questi problemi.

Comunque, nell'aspetto pratico, rimane inutile seguitare ad ipotizzare interventi di semplice conservazione e musealizzazione o ancora idee comuni che non vengono poi messe in pratica, piuttosto bisogna porre le condizioni che rendano possibile una rivitalizzazione ed un'attualizzazione di questa millenaria tecnica costruttiva.

Sicuramente se la tecnica costruttiva del crudo ha avuto ed ha una diffusione spaziale, temporale e tipologica così vasta, è certo che essa deve possedere una sua validità intrinseca ed innegabile.

Ultimamente, l'interesse costante di Enti pubblici ed organismi scientifici nazionali ed internazionali, si sta dimostrando più frequente ed efficace; infatti, alcuni di loro, impiegano le proprie risorse in questo campo di lavoro, permettendo l'attuazione di notevoli iniziative qualificate.

---

Oltre a manifestazioni che di recente si stanno tenendo, per sensibilizzare l'interesse in questo settore, molti Comuni, come ad esempio Casalincontrada (CH), organizzano convegni dedicati al tema di costruzioni in terra cruda; significativo è anche il modulo UNIVERSI-TERRA, il quale si propone di raccogliere e diffondere il lavoro svolto dalle diverse facoltà italiane, sotto qualsiasi angolazione, sulla terra cruda, ne è un esempio l'odierno approccio al costruire ecologico, che ha riconosciuto e valorizzato nella terra cruda le caratteristiche di traspirabilità, di regolazione naturale dell'umidità dell'aria, di accumulo del calore dei raggi solari che la rendono adatta per la realizzazione di ambienti salubri e soprattutto privi di inquinamento "indoor".

Purtroppo, le Marche, a differenza di altre regioni italiane aventi il medesimo problema, non hanno ancora deciso quale sarà il futuro delle loro case di terra e, nel dubbio su come recuperarle e proteggerle, si organizzano mostre e congressi ma nessuno (assessori, commissioni edilizie, ministeri) si pronuncia per ottenere qualcosa di pratico. E' questo l'aspetto da temere di più.

L'unico passo che è stato fatto da autorità è una recente variante al P.R.G. di Macerata (1995), che prende atto delle peculiarità del borgo Ficana, il quale è pressoché interamente costruito in terra cruda e prescrive, per esso, : *"...sono in oltre da ritenersi particolarmente meritevoli di salvaguardia le case di terra presenti nel territorio comunale anche se non censite. Pertanto, eventuali progetti di recupero, dovranno essere muniti di preventivo nullaosta della Soprintendenza ai Beni Ambientali e Architettonici..."*.

Da segnalare è poi la nascita della ASSOCIAZIONE NAZIONALE CITTA' DELLA TERRA CRUDA, che ha la finalità di favorire la cultura e i principi dello sviluppo sostenibile e sensibilizzare l'opinione pubblica ai temi e ai problemi dell'ambiente, del patrimonio culturale e della conoscenza materiale tradizionale. Per il momento essa raccoglie i comuni interessati marchigiani e testimonia, finalmente, la presa d'interesse delle istituzioni.

Non meno importante, anche se pur sempre debole dal punto di vista istituzionale, è l'attività svolta in tutta Italia da scuole di ogni ordine, come per esempio, una scuola elementare di Macerata, che ha realizzato una pubblicazione su Villa Ficana (Dalla Terra alla Casa 2000).

Il Comune di Ostra Vetere ha restaurato un esemplare indicandolo con segnale turistico; alcune scuole hanno "adottato" case di terra al posto di un monumento e dal 2002 il FAI di Macerata ha dedicato iniziative culturali e visite guidate alle case di terra.

---

Se dal lato più imminente ed importante, ossia quello economico, tutte queste proposte non riescono a risolvere i problemi, dall'altro, servono senza dubbio a ridare dignità e importanza al folclore e alla storia della terra cruda e ad inserirla nuovamente nella moderna cultura, premessa necessaria per ogni eventuale tipo di intervento successivo; non è un caso che, l'acquisizione e la tutela, costituiscono i presupposti necessari ad ogni possibile programma di intervento.

Emerge la questione più delicata, la tutela, che come l'aspetto economico, inevitabilmente coinvolge organi amministrativi e legislativi regionali.

Essa dovrebbe configurarsi non in maniera puramente vincolistica, bensì sotto forma di possibili incentivi che, almeno in una prima fase, incoraggiano la conservazione ed il possibile recupero.

Solo in questo modo, probabilmente, "le case di terra" tornano a vivere in armonia con la natura e con il paesaggio, potrebbero rappresentare un nuovo modello culturale e ambientale che qualifica i Comuni interessati che sono comunque diversi, e le Regioni stesse.

## **1.3 IL PAESAGGIO STORICO**

### **1.3.1 Inquadramento storico**

Il paese di Corridonia ha sempre avuto, fin dalla nascita, una rilevante importanza storica. Un suo accenno è indispensabile per comprendere meglio i cambiamenti di questo paese sia dal punto di vista paesaggistico che culturale.

Sicuramente, la sua remota origine, è legata ad aspetti ambientali quali la fertilità del suolo delle vallate del fiume Chienti, del Fiastra e del torrente Cremone e la salubrità del clima delle sue colline che permettevano una vegetazione ricca utile a uomini ed animali.

Dopo esser stata insediata dai Romani i quali le diedero il nome di Pausula, nel III sec. a.c. acquista importanza soprattutto per la sua posizione strategica (sorge infatti in prossimità del guado del fiume Chienti) perché diventa un importante crocevia per le strade che collegano il nord col sud e l'est con l'ovest delle varie città romane del Piceno, percorse da soldati.

---

L'antica Montolmo (Mons Ulmi) nacque probabilmente, fra l'800 ed il 1000 dall'aggregazione di diversi "borghi" che esistevano sulla collina. Questa genesi è testimoniata dall'antico stemma che, nel nucleo centrale, rappresenta sette colli con sopra un olmo e al di fuori di questo, sono poste delle chiavi che testimoniano nel tempo l'appartenenza allo Stato della Chiesa. Quando, nel 1115, il vescovo di Fermo concesse le 'libertà Comunali' a questo paese, inizia la vera e propria espansione della città sottomettendo tutti i paesini limitrofi. Verranno costruiti nuovi quartieri ed edifici e, proprio per questo, verrà allargata la cinta muraria che si trova tutt'ora esistente con le medesime dimensioni. Nel XIII e XIV sec. la città era ricca e temuta; era infatti utilizzata dal clero per rifugiarsi in caso di attacchi nemici nei palazzi da loro fatti costruire. Nel 1357 Montolmo fu assegnata, dal cardinale Albornoz, alla marca di Ancona e si venne a creare così, un'organizzazione sociale stabile che garantiva, alla sua popolazione, ordine e un relativo benessere e nacquero le "corporazioni". La campagna, fattore molto importante al tempo, era disseminata di "atterrati" (case coloniche con modalità di costruzione caratteristiche delle Marche), abitate dai contadini che sorvegliavano il podere e lo lavoravano a mezzadria. Questo tipo di conduzione tipico del medioevo, assicurava alla famiglia del contadino il sostentamento.

Fino alla seconda metà del 1700 l'assetto politico ed economico della città era totalmente nelle mani della Stato Pontificio che governava Montolmo da Roma fino a quando, alla fine di questo secolo, gli avvenimenti Napoleonici sconvolsero tutto il sistema politico, economico e sociale. L'attuale Corridonia infatti, fu dominata dallo stato francese fino ai primi anni dell'800. Successivamente a questi avvenimenti, nel 1851, papa Pio IX restituendo a questa città l'antico nome di Pausula come a riconoscerle la sostanziale fedeltà allo Stato Pontificio.

Nel 1860, per conto del generale Lamarmora, l'esercito entrò nelle porte della città e ne presero possesso. Pochi mesi dopo, assieme con tutte le Marche, la città entrò a far parte del Regno d'Italia. Da quel momento in poi la città si modificò nuovamente, venne costruita la circonvallazione e nuove vie, mentre le case del centro storico subirono la sistemazione e l'aspetto che ancora oggi conservano. Cambiò anche la situazione economica. L'agricoltura a mezzadria rimaneva l'attività dominante ma i nuovi tipi di colture e di lavorazioni introdotti da un mercato più vasto misero in crisi il vecchio sistema causando disoccupazione; iniziò da qui il periodo delle emigrazioni nelle Americhe. Il rovinoso evento della prima guerra mondiale stravolse nuovamente la

---

città, modificandola dopo la conclusione delle ostilità. E' per il significativo contributo che i cittadini diedero in tale avvenimento che il 10 dicembre del 1931 Benito Mussolini le conferì il nome di Corridonia in memoria del sindacalista-interventista e primo cittadino Filippo Corridoni.

### **1.3.2 Analisi delle mappe storiche**

Prima di guardare come il paesaggio si è modificato negli anni attraverso lo studio cartografico, è sembrato utile e molto significativo mostrare delle cartografie storiche legate tra loro, in modo da capire che evoluzione abbia avuto il territorio in esame e come venisse rappresentato nei vari momenti storici, partendo da un periodo molto più remoto di quello studiato.

Grazie ad una ricerca effettuata su alcuni repertori cartografici regionali, è stato possibile scegliere alcune rappresentazioni del territorio ritenute significative per periodi. E' chiaro che l'inquadramento storico è stato fatto appunto per spiegare il significato delle mappe scelte e collocarle in un periodo proprio della storia di questo paese.

Di seguito verrà riportata una sequenza di carte significative con la relativa spiegazione delle caratteristiche e la collocazione storica.

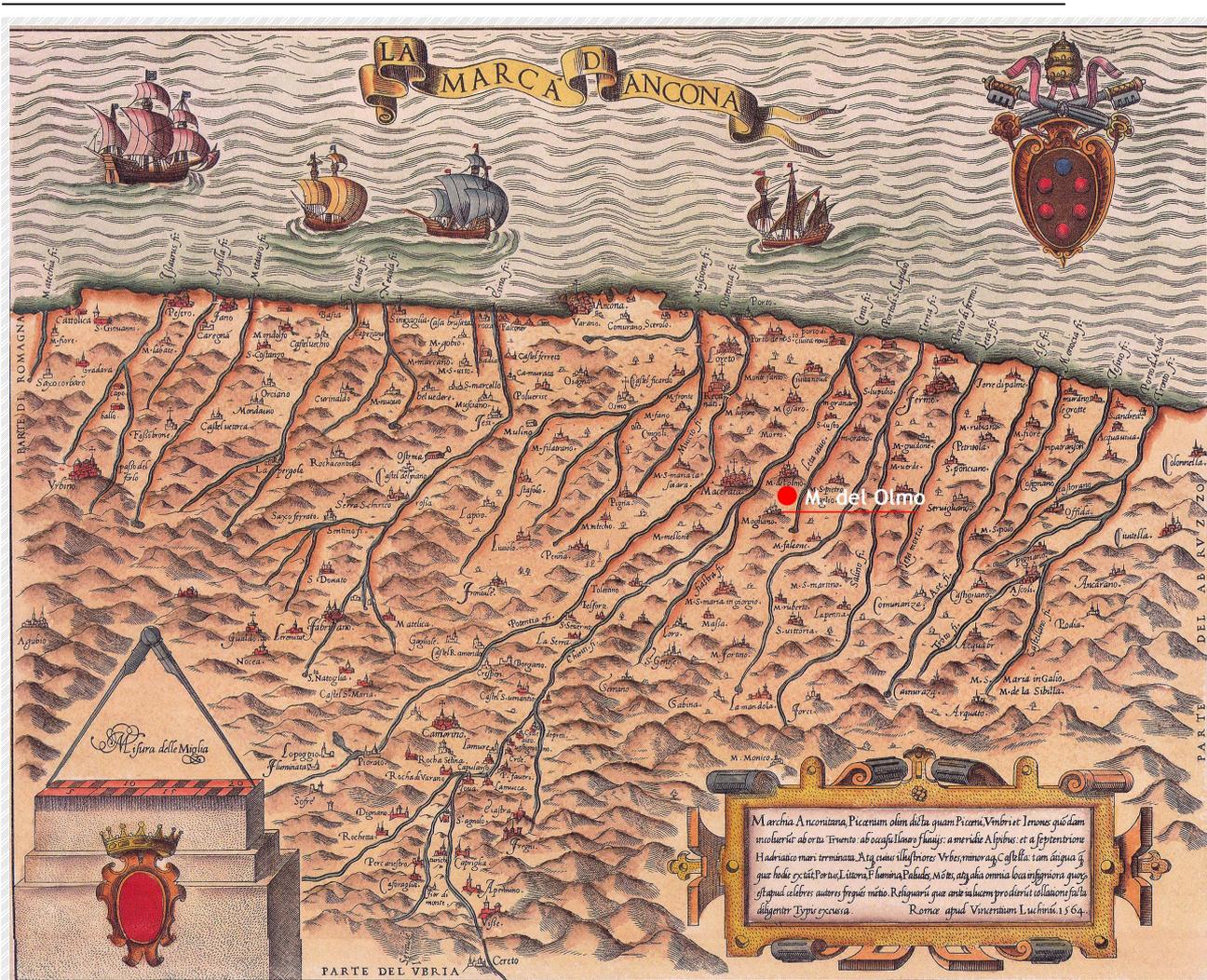


Figura 22: Vincenzo Luchini, *La Marca d'Ancona*, Roma 1564.<sup>7</sup>

Nel XVI sec. si è già visto che importanza avesse la città di Corridonia; Usciva da poco, infatti, dall'epoca medievale in cui vennero creati i Comuni e proprio in quel periodo nacque la sua indipendenza economica e politica anche se, da questo punto di vista, era sempre asservita allo Stato della Chiesa di Roma.

In questa carta del 1564 si notano queste caratteristiche. Vengono disegnati infatti, tutti quei comuni presenti sul territorio marchigiano aventi una propria autonomia politico-economica.

Montolmo, che già al tempo aveva le sue cinte murarie, è simboleggiata appunto da un castello, simbolo della città fortificata in epoca medievale. Anche l'importanza commerciale emerge dal momento in cui, anche se non è un paese avente direttamente uno scambio economico via mare con Venezia, viene comunque rappresentato per la sua collocazione nell'immediato entroterra a sud di Ancona. Da notare a proposito,

l'assenza totale dell'inclinazione costiera verso sud-est. Nelle carte del 1500 non appariva ancora la graduazione di meridiani perché le rappresentazioni grafiche del territorio avevano la sola funzione di abbellire le sale delle corti.

Rimane comunque l'importanza della città di Corridonia distinta ancora solo dal simbolo della città fortificata e dalla sua estrema vicinanza al fiume Chienti. Per il reticolo idrografico, come per l'orografia, si riscontrano degli apprezzabili errori di raffigurazione del territorio viste le uniformi dimensioni dei fiumi, e le lunghezze degli stessi, non distinte tra loro a causa della quasi inesistente strumentazione topografica di rilievo. I toponimi sono scritti in latino.

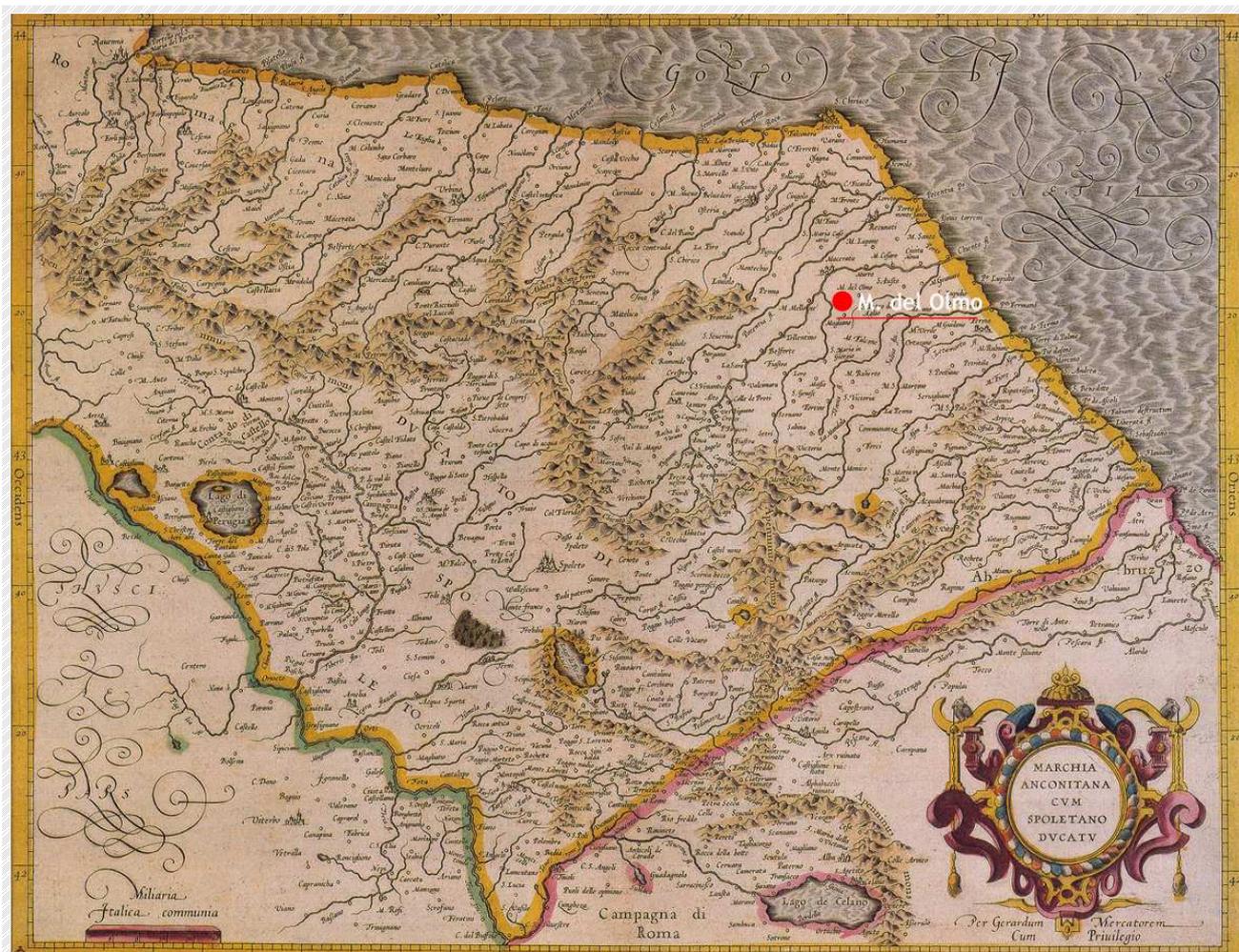


Figura 23: Gerard Kremer, *Marchia Anconetana cum Spuletano Ducatu*, Duisburg 1589.<sup>7</sup>

---

In questa seconda carta appaiono degli elementi molto importanti ed innovativi dal punto di vista rappresentativo. Gli elementi più significativi sono la comparsa della graduazione delle latitudini ai bordi della carta che in passato non esisteva, e, come conseguenza di questo, l'inclinazione dell'estensione della costa marchigiana che inizia ad assomigliare a quella della realtà; questo perché per la prima volta venne impiegata la nuova proiezione cilindrica a latitudini crescenti, attenta alla deformazione che il disegno delle terre subiva nel passaggio da una superficie sferica ad una piatta. Altro elemento dotato d'importanza è il disegno dei confini di appartenenza di dominio del territorio entro cui ricadevano le zone rappresentate.

La collocazione storica di questa carta ricade alla fine del XVI sec. e in questo periodo le rappresentazioni grafiche iniziavano a diventare comunque più minuziose rispetto a quelle dei secoli precedenti. La Marca d'Ancona infatti, è disegnata ad una scala minore, non solo per inquadrare una zona più ampia, ma anche per avere delle proporzioni più giuste. Per quel che riguarda l'orografia, i fiumi ora sono di dimensioni quasi reali, almeno per quanto riguarda la lunghezza, e l'altimetria è più precisa rispetto alle carte precedenti ed accentuata o diminuita in relazione alla zona. Quel che manca a differenza della precedente è l'indicazione dei centri con i propri castelli. Questi sono presenti solo per i centri di maggior importanza come Urbino, Ancona, Macerata, ecc.. Corridonia è ovviamente presente col suo nome ancora di "M. de Olmo", questo il suo nome in latino, dunque si distingue solo dal toponimo e dalla sua vicinanza al fiume Chienti ma, per vedere oltre alla città e al fiume altri elementi come la rete stradale, occorrerà aspettare il 1800.

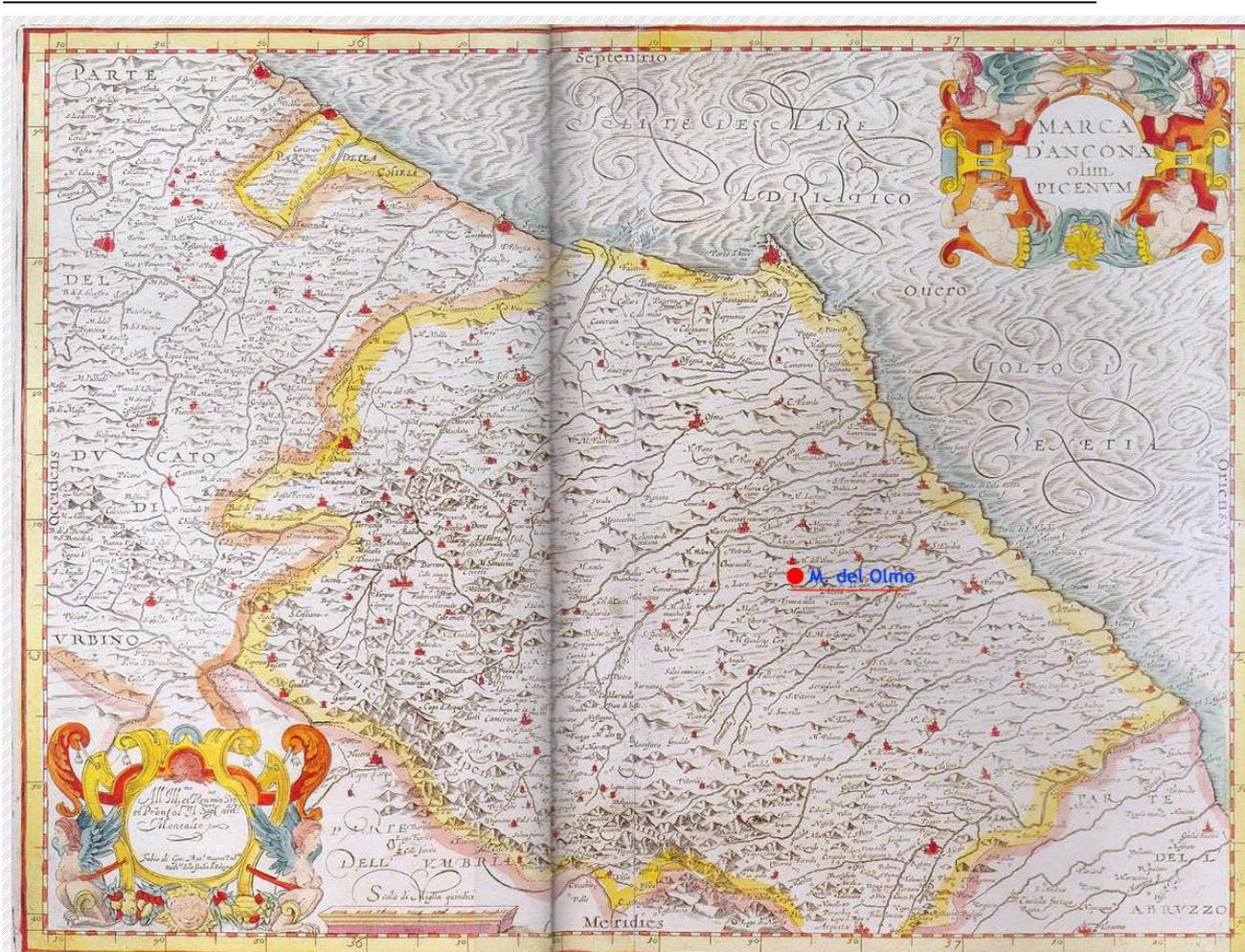


Figura 24: G.A. Magini, *Marca d'Ancona olim Picenum*, con dedica al Cardinale Montalto, Bologna 1620.<sup>7</sup>

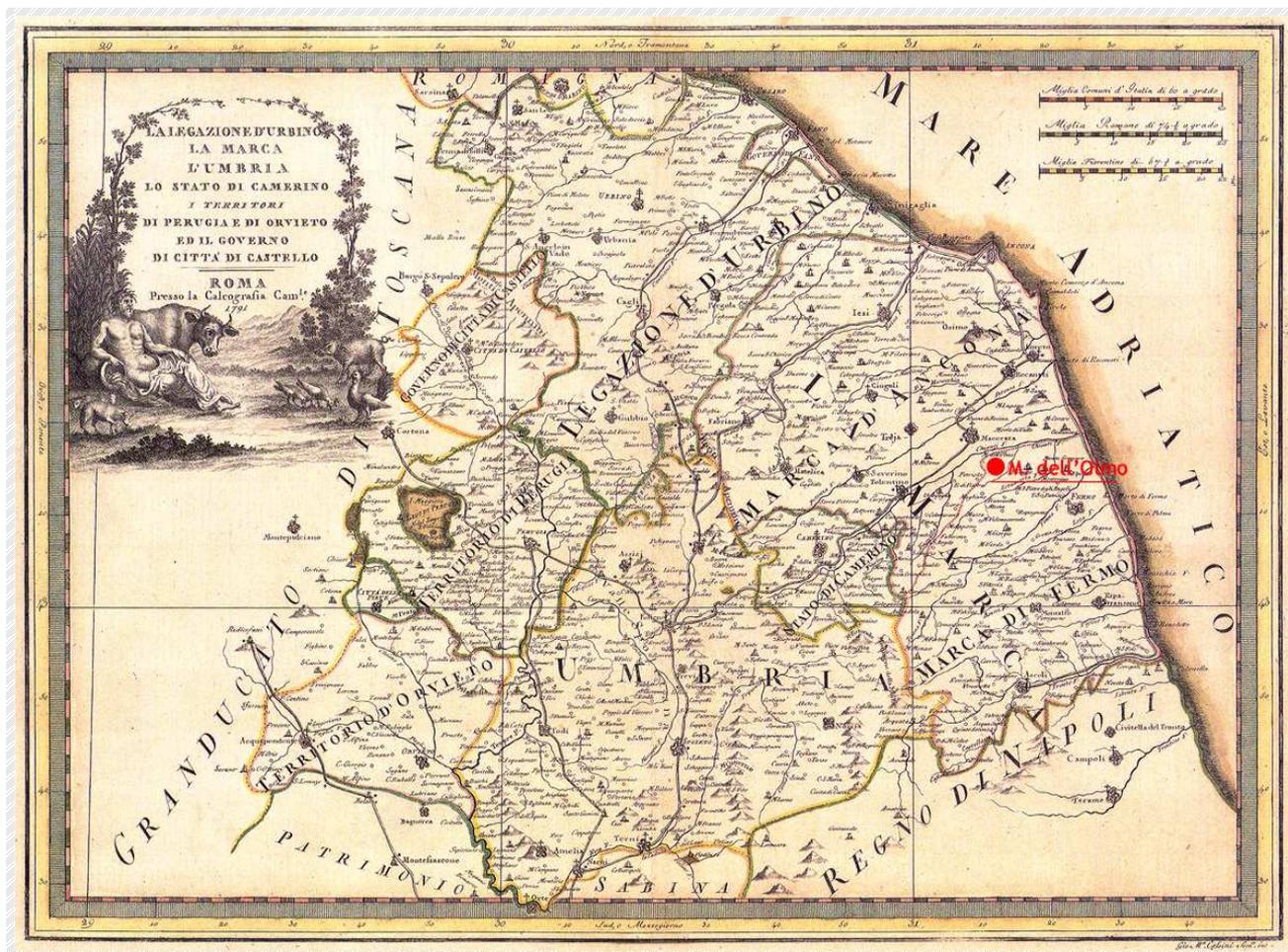
In questa immagine viene riproposta una rappresentazione cartografica del 1620 disegnata dal geografo e cartografo G. Antonio Magini. Anche se tra questa carta e quella analizzata precedentemente sono trascorsi soli trent'anni, ci sono comunque delle differenze circa la rappresentazione del territorio.

Questa ripropone, in modo più corretto, un disegno con di territorio con una versione geodetica migliore. La basa da cui parte questa riproduzione del Magini è quella del Mercatore ma con una inclinazione di costa più verosimile ed una gradazione ai bordi più precisa.

I paesi dotati di più forza e autonomia sono rappresentati da castelli colorati di rosso, come ad evidenziarne l'importanza su tutta la marca. Anche qui sono presenti i confini di territorio mentre, l'orografia, è forse più imprecisa; il corso dei fiumi è meno proporzionato rispetto a come riprodotto nella precedente carta e i rilievi non risaltano. Sono ancora assenti le vie di comunicazione. La lingua utilizzata per la toponomastica

è ancora il latino. Sulla sinistra, in basso, compare una dedica rivolta al Cardinale Montalto visto il periodo in cui governava lo Stato Pontificio.

La prossima mappa che verrà mostrata presenta degli elementi di rappresentazione cartografica di svolta rispetto a quelle del 1600.



**Figura 25:** G.M. Cassini, *La legazione di Urbino, La Marca, L'Umbria, Lo Stato di Camerini, I territori di Perugia e di Orvieto ed il governo di Città di Castello, Roma 1791.*<sup>7</sup>

Dalla data di redazione della mappa, che risale al 1791, subito si nota una differenza rispetto le altre degli scorsi secoli. La produzione infatti, non spetta più solo ai cartografi ed incisori del XV o XVI sec, bensì anche persone del mondo religioso che appartengono ai diversi ordini. Questa carta è stata creata da Giovanni Maria Cassini, padre somasco che risiedeva a Roma.

L'introduzione di questi nuovi personaggi nel mondo della cartografia sta a significare che importanza avesse e che estensione di dominio avesse il potere dello Stato Pontificio.

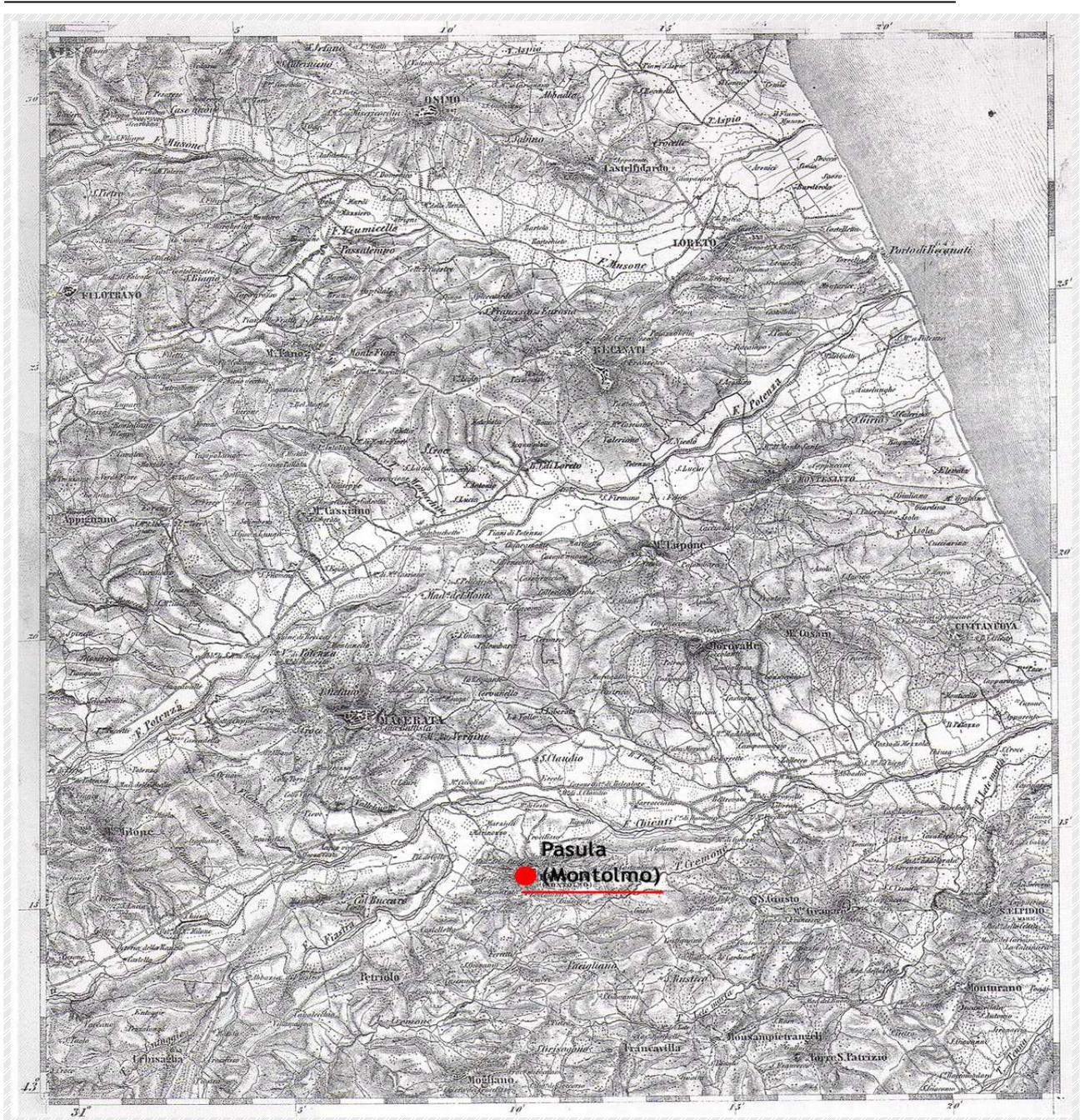
---

Sulla carta sono appunto presenti e ben noti i confini di territorio e le rispettive legazioni. Oramai, visto il periodo di produzione della carta, la strumentazione topografica era piuttosto conosciuta dunque i gradi ai bordi e l'inclinazione della costa sono sempre più precisi.

L'orografia è molto differente dalle altre, il reticolo idrografico è molto più sottile e proporzionato rispetto alle dimensioni reali mentre i rilievi sono presenti solo per le quote più elevate, per esempio gli Appennini. Le città più importanti sono simboleggiate da una fortezza, Corridonia appare ma senza il simbolo del castello. Sono cambiati i toponimi ora scritti in italiano e, la cosa più importante di tutte è la nascita della rappresentazione del reticolo stradale. Sono rappresentate le vie di comunicazione principali, ovvero quelle che permettevano di collegare le città di dominio dello Stato Pontificio a Roma.

Nei pressi di Corridonia non si distinguono ancora le vie minori ma solo la strada principale che collega la costa a Macerata.

L'ultima carta scelta è datata 1851.



**Figura 26: Imperial Regio Istituto Geografico Militare, *Carta topografica dello Stato Pontificio e del Gran Ducato di Toscana, Vienna 1851, foglio H11(valli delMusone, del Potenza e del Chienti).*<sup>7</sup>**

Subito si può notare che, nella rappresentazione del territorio, nulla ha a che vedere con le carte precedenti.

Questa infatti, costruita su misurazioni astronomico-trigonometriche ben precise, costituisce una vera pietra miliare per la conoscenza topografica del territorio delle Marche in età contemporanea, che verrà poi travasata nella cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare. La precisione delle rilevazioni si basò su delle mappe catastali fornite dagli stessi stati interessati aggiornate tra il 1841 e il 1843. La carta,

---

nell'insieme divisa in cinquantadue fogli, adottò la scala di 1:86.400, che divenne poi definitiva dopo l'unità d'Italia per la comodità di rappresentazione del territorio nazionale non solo per scopi amministrativi ma anche militari. La chiarezza delle informazioni contenute fece, di queste carte, uno strumento di successo fino alla fine del secolo.

Ogni elemento che compare, rispetto alle rappresentazioni precedenti, risulta innovativo. Anzi tutto i colori sono solo bianco e nero, questo per far risaltare maggiormente le altezze l'orografia e la posizione dei paesi sulla carta. Il territorio è rappresentato molto dettagliatamente, questo lo si vede dai rilievi i quali, anche se non sono segnate le quote, sono stati disegnati in modo proporzionato alla realtà. La scala di rappresentazione è più grande di quella utilizzata nei secoli precedenti e questo permette di ben notare il corso dei fiumi, l'andamento del reticolo stradale e ferroviario per la prima volta e la forma propria della città, mentre prima era solo identificata da un simbolo.

Corridonia appare ora con il nome di Pausula e la sua forma inizia ad assomigliare a quella della carta IGM che è stata utilizzata come riferimento per il lavoro da svolgere. Il corso del fiume Fiastra e del torrente Cremone sono i medesimi di quelli attuali mentre quello che minimamente cambia sono le vie di comunicazione. L'andamento della strada principale che da Macerata porta a Corridonia è leggermente cambiato rispetto a quello rappresentato sulla carta storica dell'IGM del 1894. Quest'ultima carta ancor più dettagliata, in cui compaiono addirittura i tipi di colture presenti sul terreno e le quote dei rilievi, rimarrà la stessa riprodotta in questi ultimi anni con la stessa modalità di rappresentazione del territorio e utilizzata per raccogliere le informazioni necessarie al lavoro di tesi.

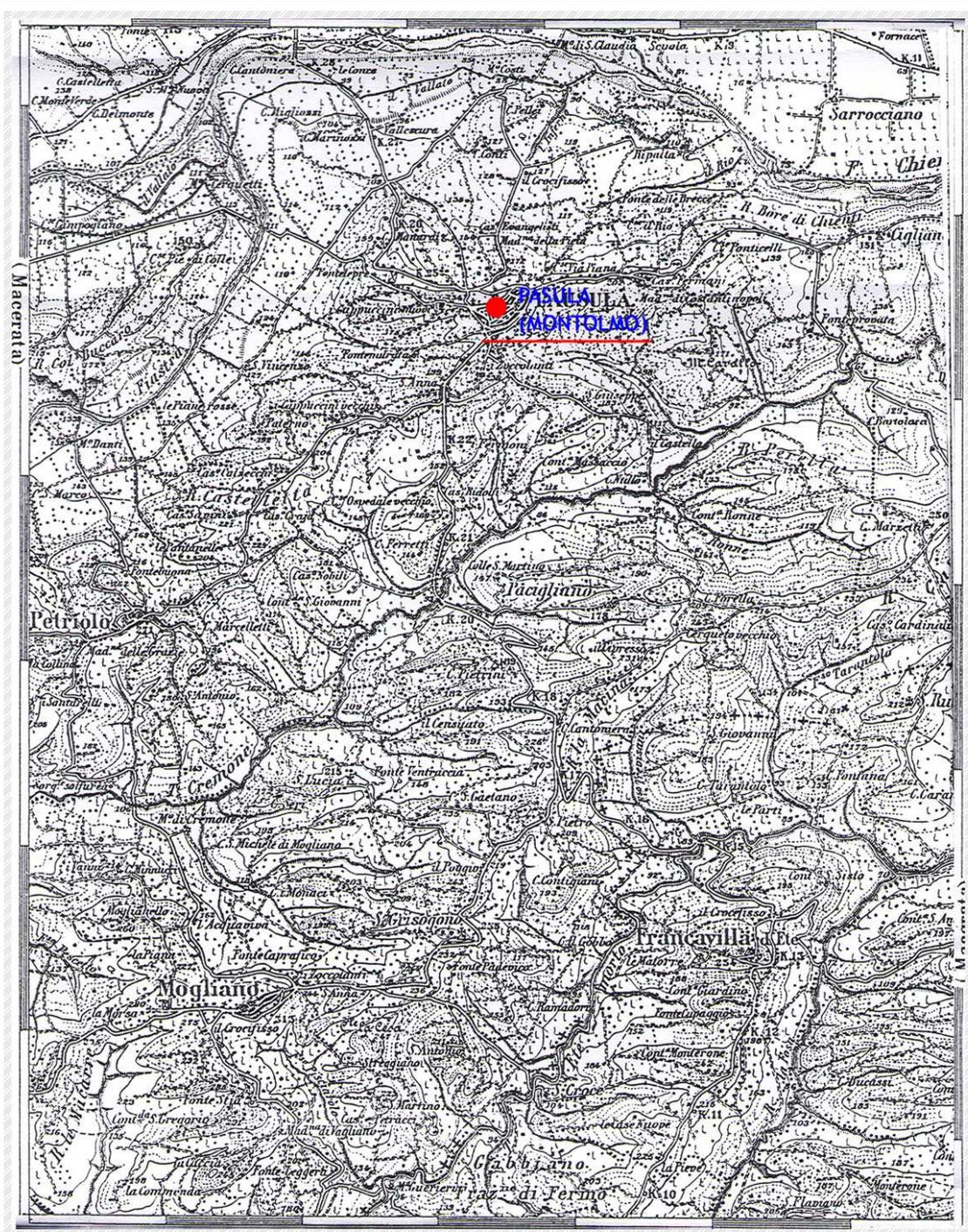


Figura Error! Main Document Only.7: Carta storica dell'Istituto Geografico Militare, 1984 Firenze. Foglio 104, Macerata.

## Capitolo 2

# LA FOTOGRAMMETRIA COME METODO DI ANALISI DEL PAESAGGIO

### 2.1 Aspetti generali

I lavori topografici consistono, di consueto, nel rilevare una serie di punti caratteristici del terreno che vengono poi restituiti per via analitica e disegnati nella scala prescelta.

Nonostante l'avvento dei teodoliti integrati per le operazioni di rilievo, e dei computers per le operazioni di restituzione, la rappresentazione dei punti presenta ancora degli inconvenienti, come l'insufficienza delle informazioni da riportare sul disegno, perdita di tempo, dunque costi elevati, per le operazioni di campagna in quanto i punti devono essere rilevati uno per uno specie se il territorio su cui si opera è particolarmente accidentato.

Così, dopo l'invenzione della macchina fotografica, dovuta al francese Daguerre, si pensò di sostituire il rilievo per punti con una foto che fornisse, in qualche modo, la prospettiva della zona da rilevare. Nasce, perciò, la *fotogrammetria*, ovvero *una tecnica in cui i dati vengono rilevati con una macchina fotografica invece che con un goniometro*.

In principio, mediante opportune formule, da una fotografia, venivano ricavati l'azimut e l'angolo di eventuale elevazione o depressione di tutti i punti del terreno che comparivano sul fotogramma, poi, su quest'ultimo, venivano misurate delle grandezze.

---

Successivamente il principio su cui si fonda la fotogrammetria va mano a mano affinandosi, compiendo progressi notevoli sia dal punto di vista teorico che tecnologico. Nel 1859 il colonnello Aimè Laussedat risolve il problema di calcolare la distanza del punto considerato da quello di stazione. Quindi costruisce una macchina fotografica con una focale di 50mm e un'apertura di 30° con cui venivano impressionate le pellicole dotate di marche, in modo tale da rendere eseguibili le misure sul fotogramma. Questo procedimento consisteva nel fotografare la zona da rilevare, o l'oggetto, da due punti posti agli estremi di una linea detta base; le misure angolari occorrenti venivano dedotte dalle misure prese sul fotogramma e dall'orientamento delle due macchine da presa. fig. 1.1. Questo metodo venne usato fino ai primi anni del secolo scorso.

Rimaneva comunque la grossa difficoltà di individuare, con assoluta precisione, le immagini di uno stesso punto su due fotogrammi diversi.

Il problema venne risolto con *l'introduzione della stereoscopia nella fotogrammetria*, dovuta a Pulfrich, e all'*introduzione del principio della marca mobile*, dovuta a F. Stolz. Da qui, si apre l'era della stereofotogrammetria e dei restitutori analogici, di cui ancor oggi si possono vedere alcuni esemplari funzionanti.

La prima guerra mondiale vede l'introduzione della *fotogrammetria aerea*: nata dapprima come mezzo d'identificazione di obiettivi militari, si sviluppa in seguito, come metodo di rilievo per il territorio molto più efficace della **fotogrammetria terrestre**. Questa, infatti, anche se nata prima della fotogrammetria aerea, viene oggi applicata in tutti quei campi in cui non è efficace o non è economico usare quella aerea e soprattutto per rilievi speciali, tanto che non si parla più di fotogrammetria terrestre ma di **fotogrammetria degli oggetti vicini** (*close range photogrammetry*).

I principi teorici rimangono i medesimi tanto per la fotogrammetria aerea quanto per quella terrestre; essenzialmente si può misurare qualsiasi tipo di oggetto (sia visto dal terreno che visto da migliaia di metri di distanza); per ottenere, dell'oggetto considerato, una rappresentazione grafica tridimensionale.

Nel campo della restituzione analogica, i progressi furono abbastanza rapidi, soprattutto ad opera di studiosi come *Gasser, Nistri, Wild* ed altri, per cui, oggi si può dire che la *stereofotogrammetria aerea* abbia sostituito tutti gli altri metodi nel rilievo di dettaglio del territorio di una certa estensione, mentre, la fotogrammetria terrestre viene impiegata solo per rilievi speciali, dove il suo impiego risulta più adeguato in termini di costi, di tempi e di qualità delle informazioni rispetto ad altri metodi di rilievo.

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo del terreno, e come tale ha per fine la rappresentazione, metricamente e qualitativamente valida, dello stesso.

Uno dei problemi risolti da questa disciplina è senza dubbio la produzione di carte topografiche di qualsivoglia scala a seconda degli usi per cui occorrono.

Oggi, la sempre crescente domanda di carte topografiche rende necessario che il lavoro venga svolto con rapidità, con modalità tecnicamente valide e corrette. Così, solo il metodo fotogrammetrico, con le sue avanzate realizzazioni, può risolvere, in modo soddisfacente, questo tipo di richiesta.

I tipi di carte maggiormente richieste sono:

- **carta nazionale**, alle scale 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, indispensabili per scopi civili, per poter impostare qualsiasi ricerca programmata su cui basare lo sviluppo della nazione;
- **carta tecnica nazionale**, alle scale 1:50.000 e 1:10.000, usata per l'impostazione e lo studio di massima di qualsiasi progetto dell'ingegneria civile;
- **carta tecnica**, alle scale 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000, per il progetto esecutivo di qualsiasi opera civile che va dalle costruzioni stradali, alle ferrovie, agli elettrodotti e canali di bonifica, ecc..
- **carte tematiche**, alle scale 1:25.000 e 1:10.000, per scopi geologici, podologici, forestali, ecc... Queste sono carte ottenute dai precedenti tipi con sovrastampate le indicazioni e i parametri che caratterizzano le carte stesse.

Tutte le carte del tipo 1, 2 e 4, sono ottenute con procedimento fotogrammetrico come anche quelle del tipo 3, se non riguardano zone molto limitate.

Le misure topografiche rimangono, comunque, presupposto indispensabile per l'applicazione dei metodi fotogrammetrici di rilievo.

La fotogrammetria ha un ampio campo di applicazione nel rilievo di monumenti, nell'ingegneria industriale e, ancora, nello studio del paesaggio, nel rilievo di beni storico-artistici.

I vantaggi offerti dalla Fotogrammetria si riducono ad un maggior risparmio di tempo, ad una maggiore economia e ad un'uniformità di precisione rispetto a ciò che si può ottenere con i metodi tradizionali di rilievo topografico.

Schematicamente, i vantaggi e le innovazioni dovute a questa tecnica, possono essere la **produttività**, secondo cui il rapporto fra i due metodi aumenta con progressione geometrica con l'aumento dell'estensione del terreno da rilevare e col

diminuire della scala della carta che deve essere costruita; l'**economia**, correlata all'altissima produttività del metodo fotogrammetrico che comporta un minor costo della carta prodotta oltre alle diverse possibilità di utilizzazione; l'**uniformità di precisione** entro delle tolleranze stabilite, sia planimetriche che altimetriche fissate in funzione della scala della carta e verificabili su tutto il territorio rilevato visto che queste sono di norma fissate in funzione della scala della carta; l'**obiettività dei particolari rappresentati**, perché viene assicurata una maggiore oggettività nell'analisi del territorio rilevato rispetto a quello celerimetrico o ad altri ai metodi topografici; il **rapido** aggiornamento nel tempo non solo su tutte quelle carte aventi interesse nazionale, ma soprattutto nelle carte a scala maggiore come 1:2.000 e 1:1.000, che subiscono un processo d'invecchiamento più rapido dato l'elevato dettaglio rappresentato.

### 2.1.2 Acquisizione dei dati

La foto del terreno ha il vantaggio, rispetto ai metodi diretti di rilevamento, di fornire infinite informazioni sulla realtà fotografata.

Tutte queste informazioni possono essere riportate su un foglio da disegno per formare una carta, solo se è possibile eseguire, sulle foto, delle *misure*. A tal fine, le macchine fotografiche usate in fotogrammetria, il cui nome tecnico è *camere*, sono provviste all'interno, di un telaietto il quale impressiona, sulla lastra o sulla pellicola, dei segni speciali detti *marche*: congiungendo, poi, sulla foto le immagini delle marche, si ottengono due assi cartesiani rispetto a cui vengono riferite le misure eseguite sulla fotografia e, l'incrocio dei due assi, rappresenta anche il centro geometrico della foto.

In questo modo si ottiene un **fotogramma**, ovvero, una **foto su cui è possibile eseguire misure**. In sostanza, un **fotogramma**, è una **prospettiva centrale dell'oggetto fotografato**.

Oltre le *marche* ed il *punto principale* già visti, l'altro elemento caratterizzante una foto aerea è il *data strip*, vale a dire una striscia sul bordo della foto, dove vengono riportate le immagini degli strumenti di bordo. Questi comprendono una livella a bolla centrale, che verifica l'orizzontalità del volo, un orologio, che indica ora e data della ripresa, un altimetro, che fornisce la quota di volo ed una targa, che mostra il numero della camera, il numero del fotogramma e la distanza focale dell'obiettivo.

Le foto aeree possono essere fotografate in base al tipo di pellicola utilizzata: in bianco e nero normali, in bianco e nero all'infrarosso, a colori normali e a colori all'infrarosso. Le dimensioni del formato, comunque, non variano. Rimangono, per tutte, 230x230 mm.

Le foto in bianco e in nero normali riproducono, in tonalità di grigio, ciò che in realtà è variamente colorato. Il loro maggiore limite, è la scarsa capacità di distinguere la tonalità di verde e, di conseguenza, i diversi tipi di vegetazione.

Ovviamente a tal problema, invece, le foto in bianco e nero all'infrarosso, in quanto, le tonalità di grigio dipendono più dalla capacità di riflettere la luce infrarossa che dal colore reale dell'oggetto.

Le foto a colori normali, permettono di ottenere foto che riproducono fedelmente la realtà. Queste ultime sono le foto migliori per scopi di studio, ma sono anche quelle meno economiche.

Le foto a colori all'infrarosso (o a "falsi colori"), vengono usate solo in situazioni particolari e solo per particolari scopi. Infatti, esse hanno il pregio di riuscire ad evidenziare nettamente la caratteristica che si vuole mettere in risalto, ma confondono tutto il resto.

Una particolarità delle foto aeree, è quella di avere una deformazione progressiva, dal centro ai bordi, chiamata "relief displacement". Questo consiste nello spostamento di un punto dell'immagine dovuto alla presenza di rilievi più o meno importanti. Ovviamente, più il rilievo è elevato, più l'immagine è deformata in quel punto. Ciò è dovuto al fatto che l'obiettivo della macchina viene assunto come fisso all'infinito, cioè perpendicolare a tutti i punti fotografati, ma, in realtà, questo ha sempre una visione conica.

Questo comporta, per il relief displacement, una proporzionalità diretta rispetto alla distanza dal punto principale ed alla differenza di altezza sul piano di riferimento, ed una proporzionalità inversa rispetto alla quota di volo.

Lo studio delle foto aeree può essere fatto in diversi modi. In passato, la metodologia più comune prevedeva l'utilizzo di stereoscopi, vale a dire uno strumento che consente di osservare due fotogrammi, poco differenti tra loro, in modo che ciascun occhio possa vedere una sola foto.

Questo strumento riproduce semplicemente il principio che sta alla base della vista dell'occhio umano. Il cervello dell'uomo, elaborando i dati che gli arrivano dagli occhi, fa percepire la terza dimensione, ovvero la profondità. E' sottinteso che le foto devono essere scattate in modo tale da avere le caratteristiche che consentano una visione

tridimensionale. Tra queste, il fatto che esse debbano ricoprire, almeno in parte, la stessa area sia in senso longitudinale (60%) che trasversale (20%), che l'asse ottico della macchina fotografica sia sempre sullo stesso piano, che abbiano la stessa scala. Queste sono tutte caratteristiche dei fotogrammi che permettono di essere interpretate sia con questo strumento, sia con altri molto più evoluti che la tecnologia degli ultimi anni ha prodotto con successo. Le operazioni di interpretazione sono indispensabili per poter poi passare alla fase di restituzione.

### 2.1.3 Orientamento interno

Una fotografia metrica può essere definita come una proiezione centrale (prospettica), geometricamente rigorosa, in cui il centro di proiezione è situato ad una distanza  $c$  dal punto principale della fotografia.

I **parametri fondamentali** di questo modello matematico-geometrico semplificato, chiamati **elementi dell'orientamento interno**, sono la *distanza principale*  $c$  e le *coordinate immagine* del punto principale della fotografia ( $X_{i0}$ ,  $\eta_{a0}$ ). Il modello ideale non corrisponde esattamente alla realtà: gli inevitabili errori delle lenti, della camera e della fotografia devono essere considerati se si vuole raggiungere la massima precisione.

Le camere metriche sono calibrate in laboratorio con l'ausilio di un goniometro ottico.

Le coordinate di tutti i punti misurati sul fotogramma fanno riferimento ad un sistema cartesiano ortogonale avente origine nel punto di presa. Il *punto principale* PP, costituito dal piede della perpendicolare abbassata dal centro di proiezione (o punto di presa  $O$ ) al piano del fotogramma o piano focale della camera, ha quindi coordinate PP  $(0,0,-c)$ . La distanza intercorrente tra il centro di proiezione ed il punto principale ( $c=O-PP$ ) è detta *distanza principale* e coincide, per messa a fuoco all'infinito, con la focale dell'obiettivo. Questa risulta misurata sull'asse ottico di quest'ultimo che, coincidendo con l'asse di proiezione del sistema, risulta normale al quadro di rappresentazione, o piano focale dell'immagine.

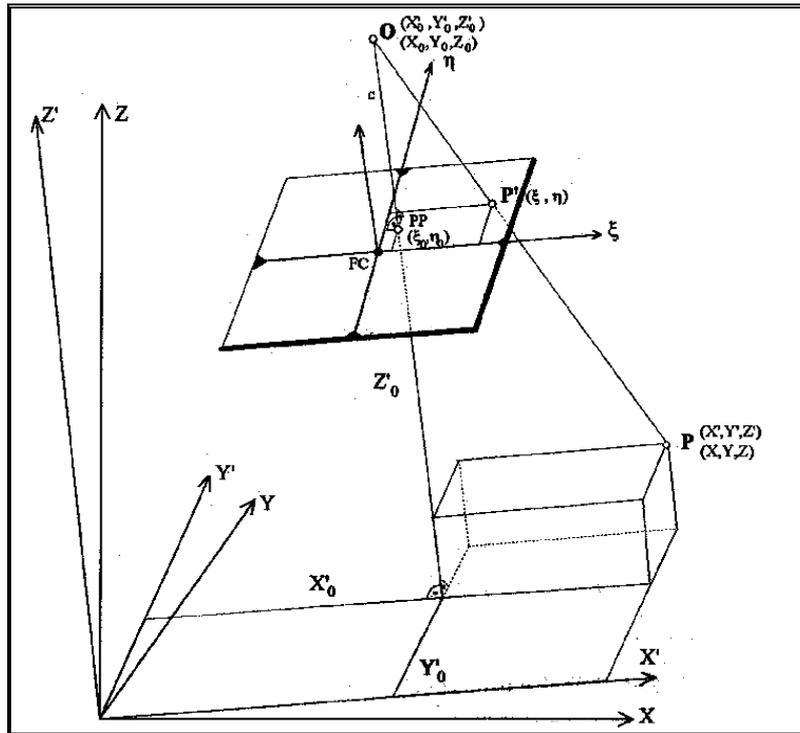


Figura 28: schema geometrico di presa.

Per la definizione fisica del sistema di coordinate dell'immagine ed il corrispondente centro di proiezione, si fa uso delle marche fiduciali in ogni fotografia. L'intersezione delle linee congiungenti le marche fiduciali opposte determina il *centro fiduciale FC*. La materializzazione di questi indici non è standardizzata ma varia a seconda dei criteri costruttivi seguiti per la realizzazione delle diverse camere da presa, così come varia l'indicazione marginale della distanza principale e di tutte le altre indicazioni complementari.

La definizione del punto principale risulta diversificata: esso viene alternativamente individuato sia dal *punto principale di auto collimazione (PPA)*, sia dal *punto principale di simmetria (PPS)*, dato che la determinazione della sua posizione viene effettuata per via sperimentale. Il *PPA* viene definito dall'immagine di un fascio di raggi paralleli all'asse ottico dell'obiettivo, provenienti dallo spazio oggetto e passanti attraverso l'obiettivo stesso in direzione normale al piano focale della camera. Il *PPS* viene invece definito dal punto attorno al quale la distorsione residua dell'obiettivo presenta la perfezione della simmetria nelle diverse direzioni diametrali.

Molte camere fotogrammetriche sono realizzate in modo che *PPA* (punto principale di auto collimazione) e *PPS* (punto principale di simmetria) giacciono all'interno di un cerchio che ha come centro *FC* con un raggio di +/- 20 micron. E' necessario conoscere il centro di proiezione, detto anche punto di vista, il quadro di rappresentazione e la

distanza principale, per realizzare la rappresentazione prospettica dell'oggetto e per attribuire valore metrico alle immagini fotografiche. La definizione teorica di questi elementi si riferisce ad una macchina fotografica perfetta dal punto di vista strettamente geometrico, ove cioè l'obiettivo identifica il centro di proiezione e l'asse ottico di presa risulta perfettamente normale al quadro di proiezione rappresentato dal piano focale che raccoglie l'immagine.



**Figura 29: orientamento interno sul fotogramma.**

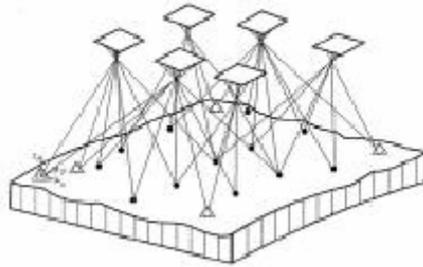
Il *certificato di calibrazione di una camera fotogrammetrica* fornisce le seguenti informazioni riguardo l'orientamento interno:

- **le coordinate immagine delle marche fiduciali;**
- **le coordinate PPA, PPS e FC;**
- **la distanza principale  $c$ ;**
- **la curva fondamentale della distorsione radiale;**
- **la data di calibrazione.**

### ***Fase di triangolazione:***

Scopo della triangolazione aerea è la determinazione dei parametri di orientamento dei fotogrammi e, al tempo stesso, delle coordinate terreno dei punti di passaggio individuati sui fotogrammi, sulla base della conoscenza di alcuni punti noti e delle caratteristiche metriche della camera fotografica. Per poter passare dal sistema immagini costituito da coppie di fotogrammi, al sistema di rappresentazione della carta, è necessario disporre delle coordinate  $x, y, z$  dei punti di controllo nelle coordinate terreno e di riconoscerli sul fotogramma. L'abbinamento tra queste coordinate e le corrispondenti nel sistema immagine, permette, attraverso l'operazione dell'orientamento assoluto, di calcolare i parametri di trasformazione tra i due sistemi.

Una delle metodologie usate è quella del principio della compensazione in blocco a stelle proiettive (Bundle Block Adjustment).



**Figura 30: Bundle Block Adjustment.**

Tre sono le fasi principali per eseguire questa operazione:

- 1) preparazione dei fotogrammi da trattare;
- 2) acquisizione delle misure dall'apparato di stereorestituzione;
- 3) elaborazione e compensazione dei dati.

#### *1) Preparazione dei fotogrammi.*

La preparazione delle strisciate è di fondamentale importanza per conseguire risultati affidabili.

La precisione del metodo dipende dalla scelta dei punti di passaggio (o punti di riattacco) scelti dall'operatore per rendere ridondante il lavoro, nonché dei punti di controllo (ovvero punti noti in coordinate  $x$ ,  $y$  e  $z$ ), uniti all'identificazione degli errori. E' indispensabile la univoca interpretazione dei punti di passaggio tra le strisciate del blocco e la loro collimazione.

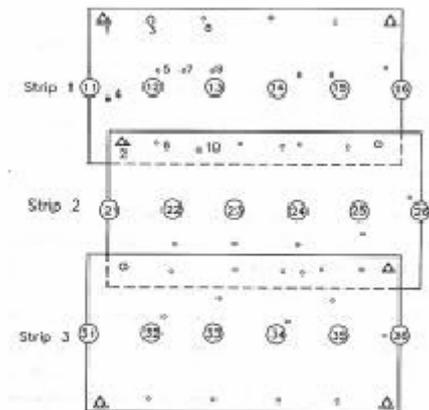


**Figura 31: collimazione stereoscopica.**

Il metodo di triangolazione aerea richiede come minimo tre punti di controllo noti (di cui almeno due completi ed uno planimetrico) per ogni blocco di stereo modelli. I punti fotogrammetrici misurabili possono essere punti segnalati prima di effettuare il volo e punti “naturali” scelti sul territorio.

## 2) Esecuzione delle misure

In un blocco costituito da strisciate di fotogrammi con una sovrapposizione longitudinale circa del 60% ed un ricoprimento trasversale del 20%, si calcolano direttamente le relazioni tra coordinate immagine e coordinate oggetto, senza introdurre la fase intermedia delle coordinate modello. Per questo il fotogramma è l’unità elementare del concatenamento in blocco. Le coordinate dell’immagine definiscono un fascio di rette passante per il centro di proiezione. Gli elementi dell’orientamento assoluto di tutti i componenti del blocco vengono calcolati simultaneamente su tutti i fotogrammi. I dati iniziali sono costituiti dalle coordinate immagine dei punti di passaggio (punti che giacciono su più di un fotogramma), dalle coordinate immagine e dalle coordinate oggetto dei punti di controllo.



**Figura 32: concatenamento in blocco.**

Il principio del concatenamento si definisce in base alla disposizione (nelle 3 dimensioni:  $X_0, Y_0, Z_0$ ) del fascio di raggi, e la rotazione (nei tre angoli  $\theta, \varphi, \kappa$ ) in modo che il fascio intersechi gli uni e gli altri nei punti di passaggio e passi più vicino possibile ai punti di controllo.

### 3) Elaborazione e Compensazione dei Dati.

La conclusione delle misure deve portare al riferimento per ciascun punto, osservato nei diversi modelli, ad un unico sistema di riferimento. Effettuato il riporto al sistema del primo modello è possibile effettuare poi la trasformazione delle coordinate strumentali in coordinate del sistema di riferimento terrestre, sulla base dei punti di controllo utilizzati. In genere, si effettua il calcolo di compensazione utilizzando la possibilità di escludere punti, fotogrammi e strisciate per individuare con attenzione i punti da affinare nella collimazione.

#### 2.1.4 Orientamento esterno

L'operazione di orientamento esterno si compone di due fasi: **orientamento relativo** ed **orientamento assoluto**.

L'orientamento relativo ha lo scopo di determinare la *posizione reciproca* che i due fotogrammi avevano al momento della presa, senza prendersi cura di determinare quale fosse la posizione dei fotogrammi rispetto al sistema di riferimento assoluto N,E,Q.

In via analitica, poiché al momento della presa le due immagini P' e P'' di un punto P si originano da uno stesso punto P del terreno, se si rimettono i due fotogrammi nella stessa posizione reciproca che essi avevano al momento della presa, anche se essi hanno nell'insieme una posizione qualsiasi nello spazio, i due raggi omologhi che proiettano P' e P'' dai punti di presa O<sub>1</sub> e da O<sub>2</sub> rispettivamente, si incontreranno nuovamente in un punto che corrisponde a P. Praticamente questa operazione di calcolo, nella fotogrammetria digitale, viene fatta in automatico dal software, al quale servono solamente dei punti di legame appartenenti alla coppia di foto al momento di presa, che, seppur approssimativi, gli permettono di "legare" relativamente le due foto senza però che queste siano posizionate in un sistema di riferimento assoluto. Una volta che l'operatore abbia fornito questi punti al programma, questo procede creando una rete di punti di legame in automatico per confronto d'immagine o per autocorrelazione per poi seguire al calcolo automatizzato dell'orientamento relativo.

L'orientamento assoluto, invece, è l'operazione mediante la quale il modello stereoscopico, già correttamente posizionato, viene portato ad una scala fissa ed orientato in un sistema di riferimento assoluto N, E, Q, in modo tale che ogni suo punto sia georiferito. Anche in questa fase, analiticamente eseguire *l'orientamento assoluto*, significa dare un fattore di scala al modello stereoscopico, dargli tre rotazioni  $\Phi$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$  e

tre traslazioni  $N_0$ ,  $E_0$  e  $Q_0$ , in modo che i punti che appartengono ad esso e corrispondono a quelli dell'orientamento assoluto, vadano a coincidere con i corrispondenti punti di coordinate note nel sistema assoluto. Tutto ciò viene fatto in maniera automatica dal programma che si usa per risolvere problemi di fotogrammetria digitale come per l'orientamento relativo, a differenza del quale i punti che questo richiede per eseguire il calcoli, detti *punti di controllo*, devono essere presi correttamente e con coordinate note. Normalmente il software ne richiede tre ma, per ottenere un buon orientamento con residui minimi ed una buona restituzione, è conveniente lavorare con almeno quattro punti per foto. Dopo averli inseriti correttamente si lancia il calcolo il quale, se i punti scelti sono stati presi in maniera esatta, produrrà

bassi residui in X, Y e Z dunque un buon orientamento assoluto.

Terminata questa fase si può così procedere alla restituzione.

### 2.1.5 Restituzione

Terminate le fasi di orientamento, è possibile gestire la restituzione direttamente sul modello stereoscopico orientato, con la conseguente produzione di un modello numerico vettoriale.

La precisione con la quale vengono determinate le posizioni dei punti di appoggio, in fase di orientamento esterno, influisce in maniera determinante sulla precisione di calcolo e quindi di restituzione.

Con **restituzione fotogrammetrica**, si intende il **procedimento operativo che consente di intervenire dai fotogrammi alla rappresentazione grafica, o numerica dei diversi oggetti ritratti.**

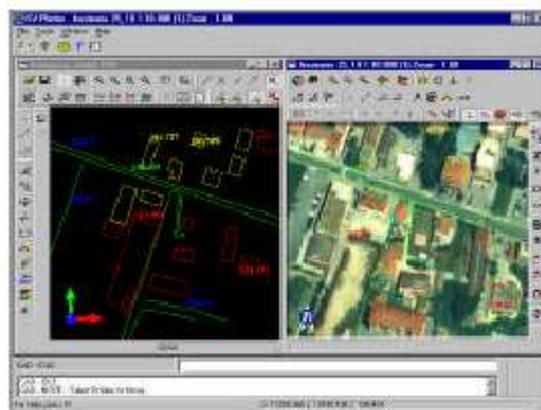


Figura 33: restituzione stereoscopica tridimensionale.

In generale, la restituzione di un solo fotogramma, quando non ricorrano le condizioni per un suo raddrizzamento fotografico, viene sempre sviluppata mediante operazioni grafiche e di calcolo, facendo ricorso alle proprietà delle prospettive centrali. In presenza di coppie di fotogrammi stereoscopici si aggiungono precisioni maggiori, potendo definire univocamente ciascun punto nella sua tridimensionalità.

I prodotti ottenuti dalla restituzione possono essere espressi sia mediante rappresentazioni grafiche degli oggetti interessati, sia in forma esclusivamente numerica attraverso una terna di numeri indicanti le coordinate spaziali X,Y,Z dei punti discreti restituiti.

Alcune tra le caratteristiche principali dello stereorestitutore digitale sono: l'esplorazione dinamica del modello mono/stereoscopico, la visione contemporanea di più modelli mono/stereoscopici, la misura tridimensionale, la scelta e caricamento automatico delle coppie mono/stereoscopiche, il confronto stereoscopico contemporaneo di più modelli realizzati in epoche, scale e tecniche diverse. Inoltre, la visualizzazione stereoscopica grazie ad un apposito apparato hardware mediante occhiali LCD o schermo LCD e occhiali passivi agevole e consentita su finestre multiple. La memoria del PC viene ottimizzata per la gestione contemporanea di numerosi fotogrammi di notevoli dimensioni.

## 2.2 La fotogrammetria digitale

Inquadrando in termini generali il problema fotogrammetrico, storicamente risolto prima in forma analogica e poi in forma analitica, con l'avvento dell'informatica si vede ora come questa disciplina si è sviluppata in termini digitali.

A partire dai primi anni '90 è nata la **fotogrammetria digitale**, sviluppatasi in tempi brevi e divenuta ben presto più diffusa ed efficace data la maggiore versatilità.

Si caratterizza fondamentalmente secondo due aspetti:

- l'uso delle immagini digitali, da cui prende nome: ovvero, anziché usare come immagini della parte rilevata le foto aeree tradizionali, usa delle immagini digitali ottenute sottoponendo a scansione le pellicole; queste, vengono poi trasformate in matrici numeriche, oppure acquisite direttamente da camere digitali.

La fotografia viene virtualmente suddivisa in piccoli quadrati (chiamati pixel) ognuno dei quali viene messo in corrispondenza di un elemento della matrice, per cui, un valore numerico di un generico elemento della matrice corrisponde all'intensità del colore presente nel quadratino corrispondente.

- l'eliminazione degli apparecchi di restituzione, sostituiti da PC o da **workstation** (stazioni di lavoro) più o meno sofisticate.

Queste sono costituite da una **parte software**, che permette la risoluzione dei problemi di fotogrammetria digitale, che comprende:

- **programmi** per l'acquisizione e la gestione dei dati;
- **programmi** specifici di fotogrammetria per la trasformazione proiettiva, per la triangolazione per fasci, per la generazione di DTM, per l'ortofotointerpretazione e per la correlazione di immagini;
- un'adatta **interfaccia-utente**;
- un'**interfaccia per input** (come camere CCD, scanner) **ed output** (CAD, GIS...);
- un **sistema di image-processing**;

e da una **parte hardware** indispensabile alla utilizzazione del programma.

Questa non è altro che l'insieme di periferiche specifiche per la risoluzione dei problemi di fotogrammetria digitale. Le esigenze minimali richiedono:

- unità di acquisizione dei dati: **frame grabber** ( o catturatore d'immagini), per inserire nel computer i dati provenienti da camere CCD, **scanner** per convertire in forma digitale le immagini fotografiche convenzionali, ecc...
- **schermo grafico** con risoluzione di almeno 640x480 pixel, meglio 1024x768. **Colori 8 bit** (= 256 colori o toni di grigio), meglio 24 bit (= milioni di colori, ottenuti assegnando 8 bit a ciascuno dei tre colori fondamentali: rosso, verde e blu);
- **velocità del processore 12.5 MIPS** (milioni di istruzioni per secondo), meglio 25 MIPS;
- **4 MByte di memoria centrale** (meglio 8) per permettere di gestire notevoli quantità di dati;
- **650 MByte di memoria di massa**, meglio se suddivisa in due unità (dischi fissi o dischi magneto-ottici CD).

Attualmente esistono, nelle stazioni, diversi metodi per la separazione delle due immagini digitali ed avere l'effetto stereoscopico:

- visualizzazione, sullo schermo, delle due **immagini affiancate** e osservazione con **stereoscopio a specchi** (questo è il metodo meno usato);
- visualizzazione di un'**immagine composta, a due colori**, sull'intero schermo, e osservazione mediante **occhiali con filtri dei colori complementari (anaglife)**;
- visualizzazione alternata delle due immagini sull'intero schermo, ad una frequenza di circa 50 Hz, e **osservazione mediante occhiali che, alternativamente, lasciano passare o bloccano la luce**; per garantire la sincronizzazione, è necessario che vi sia un cavo di collegamento fra schermo e occhiali (o un telecomando a raggi infrarossi). Le prime versioni degli "otturatori" sugli occhiali erano realizzate meccanicamente, ma oggi sono state sostituite da dispositivi a cristalli liquidi. Se la frequenza è superiore a 25 Hz, ciascun occhio vede un'immagine apparentemente "continua";
- **generazione alternata** delle due immagini e osservazione attraverso un **filtro polarizzato alternativamente in modo sincro**. L'operatore guarda il video (attraverso il filtro) con **occhiali** anch'essi opportunamente **polarizzati**, percependo in tal modo l'effetto stereoscopico. La visione alternata degli occhi viene ottenuta, anche in questo caso, variando la polarizzazione del filtro, a cristalli liquidi.

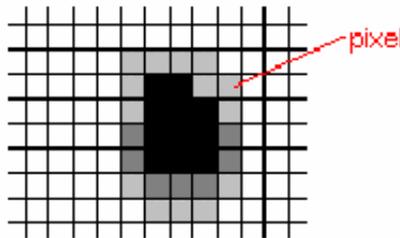
Dal punto di vista concettuale, tenendo a parte queste due caratteristiche innovative, la fotogrammetria digitale è simile alla fotogrammetria analitica, poiché utilizza il principio di effettuare l'operazione di misura sulle immagini e di ricavare per via analitica le coordinate dei punti d'oggetto.

Per meglio comprendere il funzionamento della fotogrammetria digitale, è indispensabile spiegare cosa sono le immagini digitali e come vengono manipolate in ambiente fotogrammetrico.

Le caratteristiche fisiche delle immagini digitali costituiscono il vincolo più forte al quale lo stereorestitutore digitale deve sottostare. La risoluzione geometrica e la calibrazione delle immagini sono fattori determinanti per la definizione della precisione del sistema.

*Risoluzione geometrica delle immagini:*

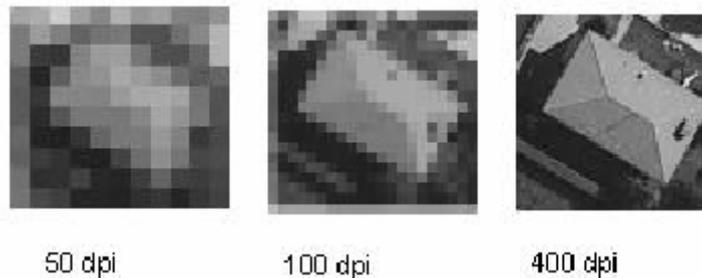
Un'immagine digitale è un numero finito di elementi monocromatici denominati **pixel** ed ordinati secondo un reticolo regolare rettangolare di cui il pixel costituisce l'unità elementare.



Ciascun pixel viene registrato all'interno del file di immagine secondo il proprio valore cromatico; la sua posizione è univocamente determinata dalla collocazione all'interno del file. All'interno del file di immagine esiste una sezione dove vengono descritte le caratteristiche del file stesso, in particolare tra queste rivestono notevole importanza le seguenti:

- dimensioni in x;
- dimensioni in y (il file di immagine è sempre rettangolare);
- numero di colori;
- nome del file;
- eventuale palette.

Al termine di questa inizia la sezione dei dati dove si succedono i valori cromatici di tutti i pixel dell'immagine. Per visualizzare l'immagine letta da file, sarà pertanto necessario riorganizzare i valori dei pixel in funzione della specifica posizione. Il numero di pixel in cui ciascuna immagine viene discretizzata determina la qualità geometrica dell'acquisizione e quindi le dimensioni del più piccolo dettaglio leggibile sull'immagine.



La risoluzione di acquisizione si misura in dpi (dpi = dots per inch) o punti per pollice, e indica il numero di pixel contenuti nella misura lineare di 1 pollice. Un pollice corrisponde a 25,4 mm. Nell'esempio della figura di cui sopra, viene evidenziata la variazione della qualità delle immagini al variare della risoluzione di acquisizione.

Raddoppiando il numero in dpi, raddoppia il numero di pixel, dunque le dimensioni del file d'immagine sono chiaramente funzione del numero di pixel.

Questa deve essere preventivamente valutata in funzione dei seguenti fattori:

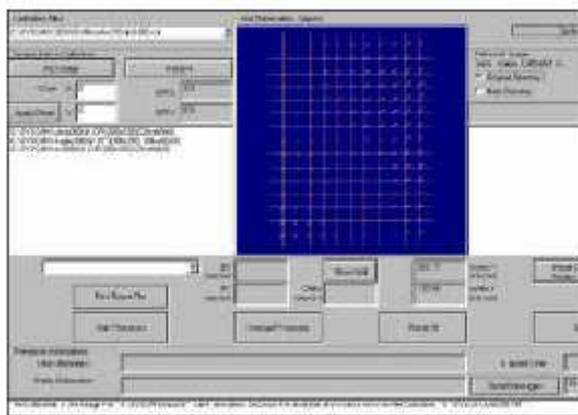
- Precisione di restituzione. E' bene che la dimensione modello del pixel, cioè la dimensione del pixel a terra, sia circa la metà della precisione che intendiamo ottenere;
- Risorse hardware disponibili. Per quanto il software consenta di ottimizzare le condizioni di lavoro in funzione del computer su cui viene svolto, è sempre preferibile valutare preventivamente l'hardware di cui si dispone. Le condizioni ottimali di lavoro sono quelle per cui si disponga di una quantità di memoria RAM tale da contenere completamente dati e programmi che si stanno utilizzando. La gestione di file eccessivamente ingombranti, costituisce un'aggiunta dei costi di archivio, nonché un inevitabile aumento dei tempi e quindi dei costi di restituzione.

In particolare, la procedura di digitalizzazione dei fotogrammi richiede particolare attenzione in quanto da essa dipende sia la qualità visiva del modello che la sua precisione metrica. Di regola si utilizza uno scanner fotogrammetrico; quando questo non sia possibile è comunque pressoché indispensabile operare la correzione geometrica della distorsione d'acquisizione. La risoluzione di acquisizione dipende dall'uso che s'intende fare dei dati: a scopo documentario, tematico, archivistico o metrico. La risoluzione dipende anche dalla dimensione delle immagini originali. In ogni caso non vi sono limiti all'uso di immagini comunque grandi. Di norma si lavora con risoluzioni

dai 600 ai 4000 dpi. Le immagini vengono archiviate in formato raster o in TIFF standard.

#### *Calibrazione della distorsione:*

L'utilizzo di immagini digitali in luogo delle lastre fotografiche, se da un lato evita di dover affidare puntamento e movimentazione a sistemi ottico-meccanici la cui precisione dipende dalle tolleranze costruttive, dall'altro aggiunge un **passaggio che consiste nel processo di acquisizione digitale**. Il passaggio a scanner, specialmente per immagini di grandi dimensioni, può costituire una fase particolarmente delicata. Le ragioni, ancora una volta, risiedono nella componentistica meccanica di movimento dello strumento di acquisizione.



**Figura 34: correzioni delle distorsioni dello scanner.**

Alcune cause di imperfezione di acquisizione, possono essere le seguenti:

- gioco trasversale sulle slitte di movimentazione;
- avanzamento non parallelo della barra sensibile;
- avanzamento a velocità non costante.

L'entità di tali errori può essere talvolta, specialmente utilizzando scanner di basso livello qualitativo, anche piuttosto importante. L'acquisizione delle immagini dovrebbe preferibilmente essere effettuata attraverso scanner piani di certificata qualità. Per questo sono state messe a punto **procedure di calibrazione dello scanner** in grado di correggere eventuali anomalie ottenute sull'immagine in fase di acquisizione. Attraverso tali strumenti è possibile scansare immagini per riflessione o per trasparenza. Nel primo caso, lo scanner proietta un fascio di luce sulla stampa fotografica ed elabora

le onde luminose respinte dall'immagine, mentre nel secondo caso la luce viene proiettata sul retro del fotogramma trasparente (che può essere negativo o positivo) e vengono elaborate le onde luminose che attraversano il supporto fotografico.

La grande flessibilità ed economicità delle camere fotografiche non metriche o semimetriche ha prodotto l'esigenza di studiare algoritmi di calcolo in grado di consentirne un utilizzo rigoroso anche nel campo della stereofotogrammetria. In generale, le camere semimetriche sono considerate ad orientamento interno noto e definite da un **certificato di calibrazione** che riporta le caratteristiche geometriche dell'insieme ottico-meccanico al momento della calibrazione. Anche in questo caso, come in quello dei restitutori, la precisione del sistema è determinata dalle condizioni di progettazione, dalle tolleranze di accoppiamento, ma anche dalle condizioni di assemblaggio. Risulta evidente, pertanto, la necessità di riferire i certificati di calibrazione a insiemi costituiti da corpo macchina, obiettivo e reticolo che, una volta disassemblati, perdono le loro caratteristiche metriche. Le camere amatoriali, sia per costruzione che per utilizzo, devono essere considerate come sistemi ad orientamento interno, incognito e variabile. In tal caso ciascuna immagine deve essere calibrata separatamente mediante opportuni strumenti di calcolo. La calibrazione di un'immagine non metrica consiste nel determinare l'orientamento interno a priori incognito (lunghezza focale e punto principale) e, una volta ipotizzato un determinato modello matematico per le aberrazioni ottiche, individuare i parametri che caratterizzano tali aberrazioni. I metodi di calibrazione più utilizzati sono le equazioni di collinearità e la trasformazione lineare diretta (DLT). Tralasciando la spiegazione di tali criteri perché piuttosto complessa, si può riassumere che, in caso di utilizzo di camera non metrica (metodo di calcolo Autocalibrazione), il programma di calcolo effettua l'autocalibrazione su ciascuna immagine che porta alla conoscenza dei parametri di orientamento di calibrazione; in caso di utilizzo di camera metrica invece, la possibilità di inserire gli elementi che determinano la geometria dell'immagine (distanza principale, punto principale e parametri di calibrazione), permette di sfruttarne pienamente i vantaggi offerti dall'uso di queste camere.

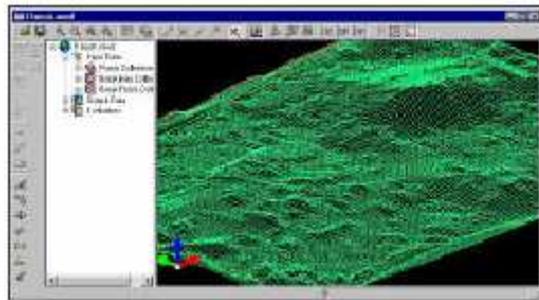
#### ***Operatività del restitutore digitale:***

In maniera automatica è possibile l'interpolazione di punti dati per la creazione di modelli digitali del terreno (DEM), la generazione di curve di livello, di superfici a

maglia triangolare o rettangolare di un'area. Sono funzioni che servono dunque alla produzione di files che descrivano, mediante informazione altimetrica, la morfologia del territorio.

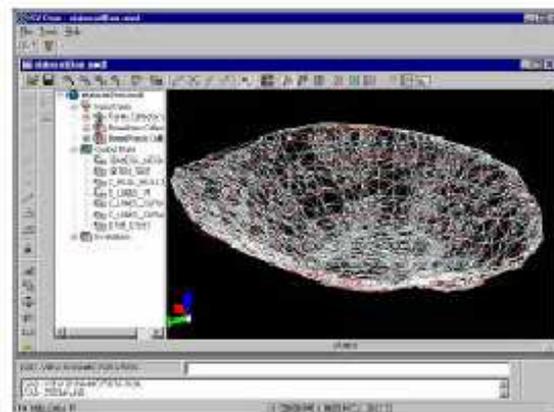
**DTM (Digital Terrain Model):** Consente di creare un modello digitale del terreno, ovvero una semina di punti a passo regolare impostato.

**3DMesh surface:** Consente di creare una superficie a maglia rettangolare che definisca l'oggetto. La costruzione della griglia si basa sul calcolo degli elementi finiti dell'insieme di punti selezionati. Tale rappresentazione fornisce un grande aiuto per comprendere la configurazione tridimensionale dell'oggetto restituito.



**Figura 35: mesh rettangolare.**

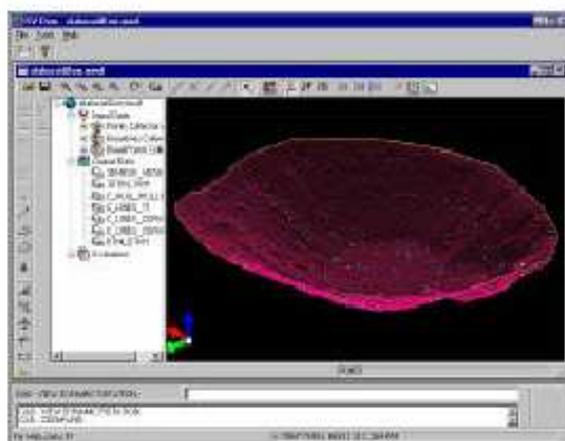
**3DTin surface:** Consente di generare una superficie a maglia triangolare 3D. A differenza della mesh rettangolare, la mesh triangolare di Delaunay passa per tutti i punti selezionati e definisce quindi una maglia irregolare.



**Figura 36: tin e curve di livello.**

**Curve di livello:** Il calcolo delle curve di livello permette la costruzione di polilinee 3D definite dall'intersezione tra piani orizzontali (paralleli al piano Y del sistema di

riferimento globale) e il modello tridimensionale del terreno. Si tratta quindi di polilinee 3D in quota.



**Figura 37: generazione automatica DTM.**

In maniera automatica è possibile ottenere l'acquisizione di modelli digitali (DEM) facendo un'autocorrelazione di punti disposti su stereocoppie orientate.

Il generatore di modelli tridimensionali è in grado di generare automaticamente il modello tridimensionale sulla base di algoritmi di autocorrelazione mediante "image matching" a partire da una coppia di immagini digitali stereoscopiche e da punti di coordinate note. L'utente ha la possibilità di selezionare le aree su cui effettuare la correlazione e di impostare i parametri relativi a dimensioni della griglia e soglie di confronto.

L'utilizzo dell'algoritmo di matching presenta il vantaggio di non richiedere l'intervento diretto dell'utente durante la fase di restituzione.

Il matching delle immagini (ovvero il riconoscimento dei pixel omologhi sull'immagine sinistra e destra) viene effettuato secondo una griglia regolare sul modello, le cui dimensioni sono definite dall'utente. I punti che la costituiscono appartengono al sistema di riferimento globale e il passo della griglia è quindi registrabile in tale sistema di coordinate. Vengono catturati punti con un coefficiente di correlazione compreso tra -1 e 1, corrispondenti rispettivamente ai valori minimo e massimo di correlazione.

I punti correlati vengono disegnati del colore scelto nell'apposita interfaccia ed i rispettivi punti 3D derivanti dalla correlazione vengono aggiunti nello specifico layer creato, definendo il nome ed il colore. Il range di quote all'interno del quale ricercare i punti omologhi può essere comunque allargato o ristretto a discrezione dell'utente.

### **2.2.1 Applicazione della fotogrammetria digitale per lo studio sull'evoluzione del paesaggio**

In questo lavoro, gli aspetti del paesaggio più importanti da considerare e da analizzare sono stati quello storico, quello fisico e quello culturale; in particolare, grazie all'utilizzo della fotogrammetria digitale, l'aspetto fisico è quello che per primo è stato studiato e attraverso cui sono stati letti principalmente i cambiamenti evolutivi dei caratteri del territorio. Dall'esame di questo sono poi emersi gli altri due elementi ad esso strettamente legati, ovvero quello storico e quello culturale, che spiegano e chiariscono i cambiamenti fisici.

Il panorama dei programmi destinati alla fotogrammetria digitale (che permettono la gestione di foto aeree, foto da satellite ecc...) sta subendo oggi una rapida evoluzione, dunque presenta molte alternative valide nell'ambito dei software commerciali.

La scelta fatta si è basata su un programma a basso costo, di facile uso ma in grado di dare dei risultati attendibili e rigorosi.

Si è impiegato il programma chiamato Z-Map che definisce un'applicazione di software di produzione di dati cartografici integrando le informazioni raster e vettoriali in maniera efficiente e produttiva.

Z-MAP è una stazione fotogrammetrica multisensore che consente una gestione rapida di foto aeree di grandi dimensioni, di foto da satellite, di DTM acquisiti con le più diverse tecnologie, delle ortofoto rettificate e dei modelli stereoscopici del terreno.

La stazione è in grado di lavorare sia in modalità monoscopica che stereoscopica, consentendo il roaming continuo su modelli tridimensionali aventi dimensioni teoricamente limitate.

La scelta della coppia d'immagini per la formazione di un modello è automatica in modalità stereoscopica ed ottimizzata mediante processo d'isteresi, ma può anche essere manuale e forzata da parte dell'utente. In tal modo si può lavorare in una gestione multimodello oppure singolo modello scelto dall'operatore.

Questo software è completamente integrato nelle sue fasi di orientamento, restituzione, ortofoto, mosaicatura, ma può essere facilmente suddiviso in moduli autonomi per agevolare l'operatività di più soggetti sulla stessa stazione.

L' "architettura" del sistema si basa su database di tipo CAD, strutturato per la gestione combinata di dati vettoriali e raster di grandi dimensioni e progettato per l'uso specifico in ambito cartografico.

Le funzioni di editing sono abbondanti sia per quel che riguarda quelle di natura generica operanti sia sul vettoriale che sul raster, sia per quelle specializzate alla restituzione ed alla vestizione cartografica; inoltre, i tipi di linea come punto, multilinea, campitura, sono personalizzabili per il lavoro da farsi.

Le elaborazioni fatte e tutti i risultati che il programma ha consentito di raggiungere si vedranno successivamente.

### **2.2.2 Acquisizione dei dati**

In questo lavoro, come primo passo si è proceduto alla digitalizzazione di tutte le foto aeree relative all'area di studio, tramite uno scanner il cui nome commerciale è ULTRASCANN 5000, alla risoluzione di 1200 dpi.

Si è deciso poi di utilizzare un formato di tipo JPG ottenendo un file complessivo di tutte le foto delle dimensioni di 1.4 Gb, pesando ogni foto 350 Mb.

I fotogrammi che inquadravano tutti la medesima area di studio erano complessivamente otto, precisamente sono state scelte quattro foto per l'anno 1956 e quattro per il volo più recente del 1991, anche se per il lavoro di restituzione ne sono state usate solo due per entrambe le annate dal momento che la zona era limitata e ricadeva solo in due foto. Avevano ovviamente il formato standard di tutti i fotogrammi, ovvero di mm230x230 ed erano tutte in bianco e in nero normali.

In entrambi i periodi l'aereo volava ad una quota di 5000 m di altezza in un volo commissionato per conto dell'Istituto Geografico Militare finalizzato alla produzione cartografica del territorio nazionale.

Nella zona di Macerata i blocchi di strisciate erano numerate in ordine progressivo procedendo da nord verso sud; Per l'anno 1956 la strisciata presa in considerazione era la numero 19, entro cui ricadeva il comune di Corridonia, mentre, per l'anno 1991 la strisciata era la numero 22 sempre della medesima zona.

Purtroppo le foto aeree del 1956 sono state fonte di problemi d'interpretazione vista l'epoca lontana in cui sono state scattate e viste le tecnologie di allora.

Non si è voluto infatti rinunciare all'utilizzo dello stereoscopio, in un primo momento, il quale è servito per cogliere i primi aspetti di tridimensionalità delle foto, della zona piuttosto accidentata.

Già da questa visione apparivano dei limiti alla fotografia tradizionale, sotto forma di aberrazioni, sfocature e deformazioni in aree lontane dal punto principale, nonché centro geometrico della foto ottenuto unendo le fiducial marks.

Da questo è emerso un aspetto che, anche se problematico per le successive e delicate procedure di orientamento, è risultato piuttosto interessante: si è notato, infatti, solo in un secondo momento nella fase di orientamento interno, che unendo geometricamente le marche fiduciali a coppie come geometricamente è corretto fare, non risultano assolutamente ortogonali tra loro, cosicché da provocare valori residui in orientamento assoluto, anche se non considerevoli comunque apprezzabili.

Dopo aver scansionato tutti i fotogrammi utili si è proseguito alla fase di caricamento delle immagini nel pc, dunque nel software. Una caratteristica del programma Z-map è che, per poter operare su delle foto aeree in stereoscopia, richiede un formato delle immagini diverso dal JPG.

L'operazione preliminare, infatti, consta nella conversione delle foto, ora mai caricate, in un formato tale che il programma le possa leggere più comodamente anche se già sono state riconosciute; questo formato è chiamato TIFF TAILED. JPG; Per questa operazione i tempi di trasformazione sono stati piuttosto prolungati.

In questa fase di preparazione indispensabile per conseguire risultati affidabili, oltre che organizzare le coppie di fotogrammi compatibili tra loro verificando che siano sovrapponibili grazie alle ricoperture longitudinali (60%) e trasversali (20%), è necessario stabilire i punti di passaggio (o punti di riattacco) fondamentali per legare in un primo momento le coppie di foto tra loro nonché dei punti di controllo, ossia punti noti nelle coordinate x, y e z che sono richiesti per eseguire nella fase di orientamento esterno, l'orientamento assoluto, i quali serviranno al programma per calcolare automaticamente l'orientamento dei fotogrammi e gli eventuali errori residui da cui dipenderà la precisione del lavoro.

Per questo studio, non avendo la possibilità di ricorrere allo strumento GPS e recarsi in campagna per prendere le coordinate precise dei punti, è stata utilizzata la rete di punti topografici nazionale riportati sulla carta tecnica regionale e da questa sono state lette i tre tipi di coordinate per dodici punti diversi tra loro ma univoci per quanto riguarda la

loro collocazione sui fotogrammi del volo 1956 e del volo 1991, dei quali nella tabella qui di seguito si riportano le coordinate utilizzate:

<b>Punto</b>	<b>Foto n.</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Z (m s.l.m.)</b>
1	11959	2405758,58	470234,58	59,10
2	11959	2404742,88	4788505,94	160,70
3	11959	2405509,18	4785536,46	94,76
4	11960	2401719,07	470191,77	152,5
5	11960	2402831,50	4786839,07	210,32
6	11960	2409481,10	4784402,74	84,30
7	11961	2400792,01	4787546,48	83,63
8	11961	2399489,23	4785359,02	214,26
9	11961	2399540,05	4784911,80	203,73
10	11962	2396431,60	4790531,40	113,00
11	11962	2397375,83	4790249,60	117,00
12	11962	2396458,78	4786997,41	212,00

**Figura 38: coordinate dei punti di controllo del volo 1956 impiegate per l'esecuzione dell'orientamento assoluto.**

<b>Punto</b>	<b>Foto n.</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Z (m s.l.m.)</b>
1	552	2405758,58	4790234,58	59,10
2	552	2406379,44	4787564,82	195,00
3	552	2405509,18	4785536,46	94,76
4	553	2402664,34	4788677,71	92,00
5	553	2402831,50	4786839,07	210,32
6	553	2403481,10	4784402,74	84,30
7	554	2400792,01	4787546,48	83,63
8	554	2400564,82	4787455,75	91,00
9	554	2400545,93	4786999,22	179,30
10	555	2397375,83	4790249,60	117,00
11	555	2397621,51	4786836,11	131,90
12	555	2398345,30	4786792,94	91,70

**Figura 39: coordinate dei punti di controllo del volo 1991 impiegate per l'esecuzione dell'orientamento assoluto.**

Tutti i punti sopra riportati sono stati scelti verificandone la corrispondenza tra le coppie di fotogrammi confrontati tra loro per poi procedere alla fase vera e propria del lavoro, vale a dire quella dell'elaborazione dei dati acquisiti in tutte le sue fasi.

### 2.2.3 Elaborazione dei dati

L'idea di effettuare la fase di aereofotointerpretazione con strumenti informatici è nata dalla consapevolezza che questi ultimi garantiscono una precisione ed una standardizzazione dei dati che innalzano di molto il livello qualitativo e la confrontabilità di ogni studio di carattere scientifico.

Inoltre, il costo sempre più basso della strumentazione informatica sia hardware che software, nonché l'enorme potenziale dato dalla rete Internet, rendono di fatto univoca la scelta.

E' tuttavia impossibile non ascrivere la maggior parte del merito della riuscita di un'analisi di questo tipo al "fattore umano", vero e proprio elemento chiave dalla cui competenza e preparazione dipende comunque la discriminazione dei dati e l'interpretazione degli stessi.

Normalmente, fino a poco tempo fa, l'analisi delle aerofotografie veniva, e in alcuni casi viene ancora, effettuata esclusivamente su supporto fotografico in stereoscopia.

Avendo deciso di saltare la parte "tradizionale" di utilizzo cartaceo e stereoscopico per il lavoro vero e proprio, pur utilizzandola solamente come passaggio preliminare al fine di dare un mero inquadramento generale alla zona da analizzare, si è proceduto ad utilizzare il supporto informatico sin dalla prima fase di studio delle fotografie.

Questa pratica, forse un po' dispendiosa nelle fasi iniziali, ha però permesso di ottenere una precisione irraggiungibile con la metodologia tradizionale, ed inoltre di eliminare quasi totalmente gli errori di tipo sperimentale e quelli di approssimazione.

Dopo aver eseguito le fasi preparatorie già viste, si è entrati nel processo operativo vero e proprio del lavoro, il quale si compone di:

1. **orientamento interno**
2. **orientamento esterno** a sua volta composto da **orientamento relativo** ed **orientamento assoluto**.

L'orientamento interno è un processo piuttosto importante poiché permette di portare, ogni foto, allo stesso sistema di riferimento a cui verranno riferite le altre, cosicché saranno tutte orientate tra loro rispetto il sistema chiamato **fiduciale**, che è

il sistema proprio della macchina fotografica metrica con cui esse sono state scattate.

Per “legare” ogni fotogramma all’altro è necessario fornire al programma i parametri della macchina fotografica. Questi sono descritti nel **certificato di calibrazione** che ogni camera da presa ha e sono:

- lunghezza focale
- punto principale
- distorsioni
- posizioni delle marche fiduciali.

Avendo disponibili questi dati forniti dall’ Istituto Geografico Militare si è proseguito dunque ad inserirli nella finestra del programma, aperta dall’apposita voce “gestione certificati”.

Una volta introdotti si è passato alla fase vera e propria di “**collimazione**” delle quattro marche poste su ogni fotografia cosicché, per ognuna, sono stati attribuiti i parametri della macchina.

Ciò è stato fatto dalla voce “orientamento interno”, la cui finestra propone, per ciascun punto, la voce collima e, una volta posizionatisi sopra, automaticamente il cursore si pone in un punto approssimativo intorno al quale si trova la marca da collimare.

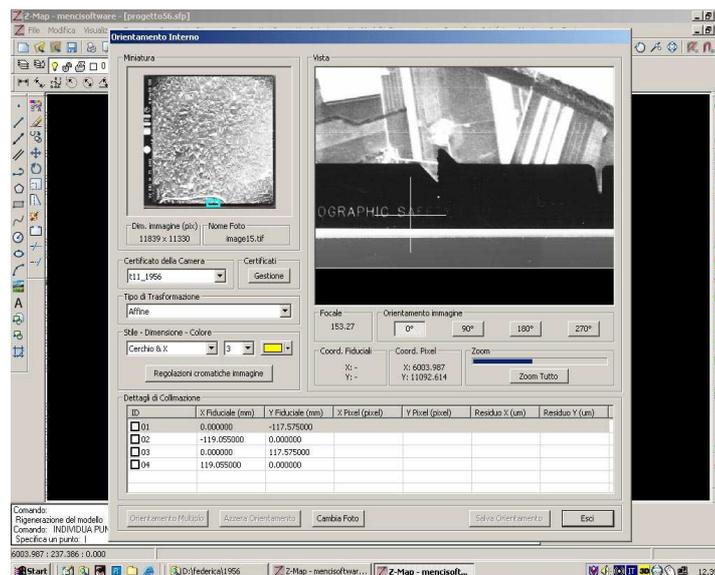
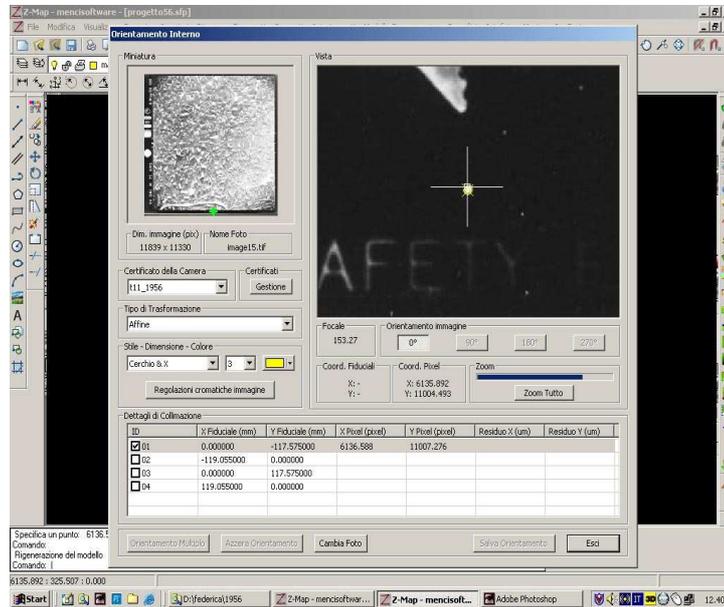


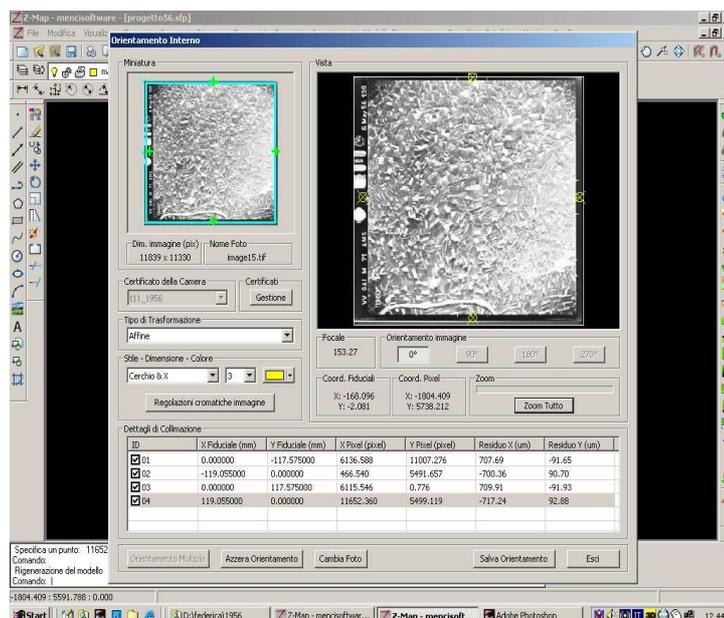
Figura 40: posizionamento del cursore attorno alla marca da collimare.

Trovata la marca ed ingrandendo ad una dimensione adeguata all'operazione, è stato pigiato il pulsante del mouse il quale ha bloccato il cursore perfettamente al centro della marca. (fig. orientam. interno 2).



**Figura 41: collimazione della marca fiduciale.**

Tale operazione è stata ripetuta per tutte le marche di ogni foto e per tutte le foto. (fig. 3 orientam. interno)



**Figura 42: visione d'insieme del fotogramma interamente collimato nelle sue marche.**

Ora che i fotogrammi sono stati orientati secondo il sistema di riferimento proprio della macchina fotografica non sono comunque pronti per essere utilizzati ai fini della restituzione.

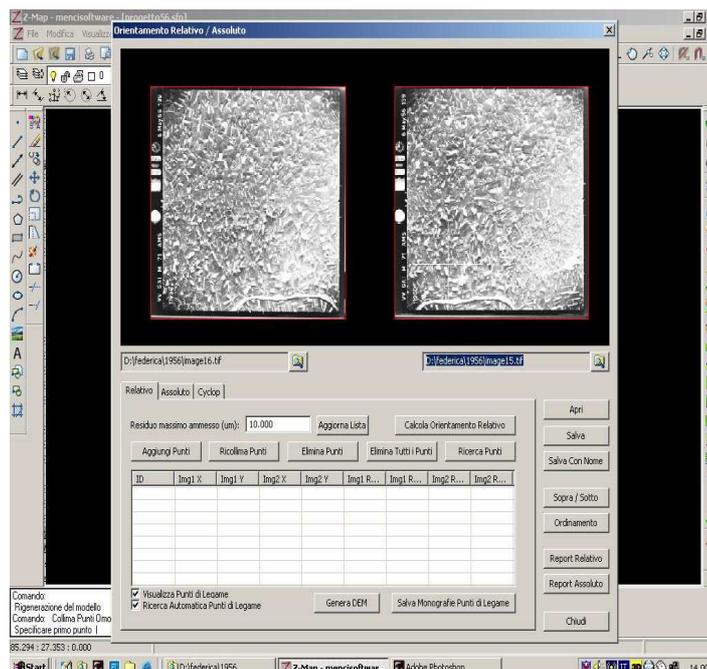
Ancora infatti, ogni oggetto contenuto nella foto non ha dimensioni reali, non ha cioè delle caratteristiche proprie dimensionali georiferite. E' per questo che si è passati ad eseguire l'orientamento esterno.

Il primo passaggio che è stato fatto è stato quello riguardante l'**orientamento relativo**.

Questa fase è richiesta per legare i fotogrammi a coppie, servendosi di punti di legame i quali, seppur approssimativi, comunque appartenenti ad entrambe le foto in modo tale che ogni foto sia legata relativamente all'altra in preparazione del modello stereoscopico.

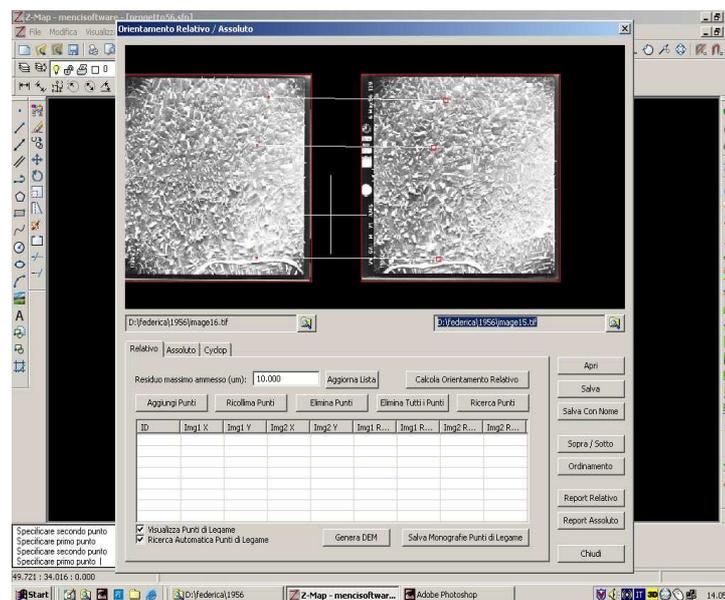
Con il programma Z-map, questi punti sono stati scelti liberamente dal software e non dall'operatore basandosi su quelli che, a discrezioni del programma, sembravano più attendibili come posizione e come coordinate.

Così dalla voce "orientamenti" esterni relativo/assoluto si è aperta la finestra la quale ha permesso di cercare e scegliere le due immagini da legare che, per l'anno 1956, sono state scelte la numero 11961 e la numero 11962 e per l'anno 1991 la numero 554 e 555.



**Figura 43: scelta dei fotogrammi da legare per l'orientamento esterno relativo.**

Avendo in tal modo visualizzato entrambe le immagini da legare, per ognuna è stato attribuito un punto che fosse palesemente visibile sull'altra, facendo attenzione che ricadesse nella zona di ricoprimento longitudinale che permette la sovrapposizione. Pigiando quindi su un punto in un'immagine e nell'altra, automaticamente si è creato un legame visibile da quattro linee bianche tra le due foto. Tutto questo è stato ripetuto per quattro punti su ogni coppia di foto e per entrambi i voli.



**Figura 44: collegamento grafico tra la coppia di fotogrammi.**

Una volta pronti tutti i fotogrammi legati tra loro grazie ai punti scelti, il programma crea una rete di punti di legame in automatico per autocorrelazione o per confronto d'immagine, di cui questo è il caso, per poi procedere a lanciare il calcolo automatico dell'orientamento relativo; il programma, dopo pochi secondi, ha prodotto gli errori residui, i quali sono sempre presenti e sono espressi nell'ordine di metri. Se sono irrilevanti, come in questo caso, il software li evidenzia con un colore verde altrimenti, se gli errori sono significativi, li evidenzia di rosso.

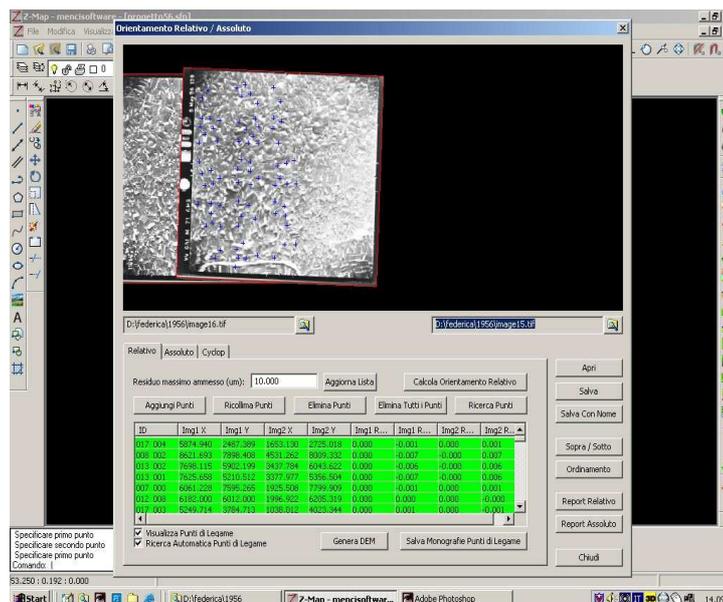


Figura 45: errori residui calcolati nell'orientamento relativo.

Ultimato l'orientamento relativo, si è passati all'ultima fase di preparazione che permette di arrivare a creare il modello stereoscopico, vale a dire quella dell'**orientamento assoluto** che è la più importante. Questa permette di passare, per ogni coppia di foto creata in precedenza dall'orientamento relativo, da un sistema di riferimento "immagine" ad un sistema di riferimento "mondo", ossia georiferito, ottenendo una corrispondenza univoca di punti (di controllo di cui sono note le coordinate).

Per svolgere questa operazione, il programma necessita di almeno tre punti di coordinate note per eseguire i calcoli ma, in questo caso ne sono stati presi quattro per ogni foto cosicché i calcoli potessero essere ridondanti ed influire sulla precisione dei risultati finali, cioè di bassi residui.

I punti sono stati scelti seguendo il criterio di ritenere punti più attendibili di altri che avessero le caratteristiche di essere **fissi**, cioè fermi, **visibili**, vale a dire segnati da qualsiasi cosa potesse essere ben visibile dall'occhio umano e **attendibili**, sia per valori di coordinate da leggere sulla carta che per la loro presenza riscontrata nel tempo. Operando con questo metodo, i punti scelti sono stati spigoli di marciapiedi che segnassero incroci di strade, segnaletica stradale orizzontale e spigoli di tetti di costruzioni. Per ogni punto si sono lette le coordinate in x, in y e in z riportandole su due tabelle diverse, una per l'anno 1956 e l'altra per il 1991 (fig. 9 e 10) le quali sono state copiate e inserite nelle righe della finestra dell'orientamento assoluto per essere verificate una per una prima di eseguire il calcolo.

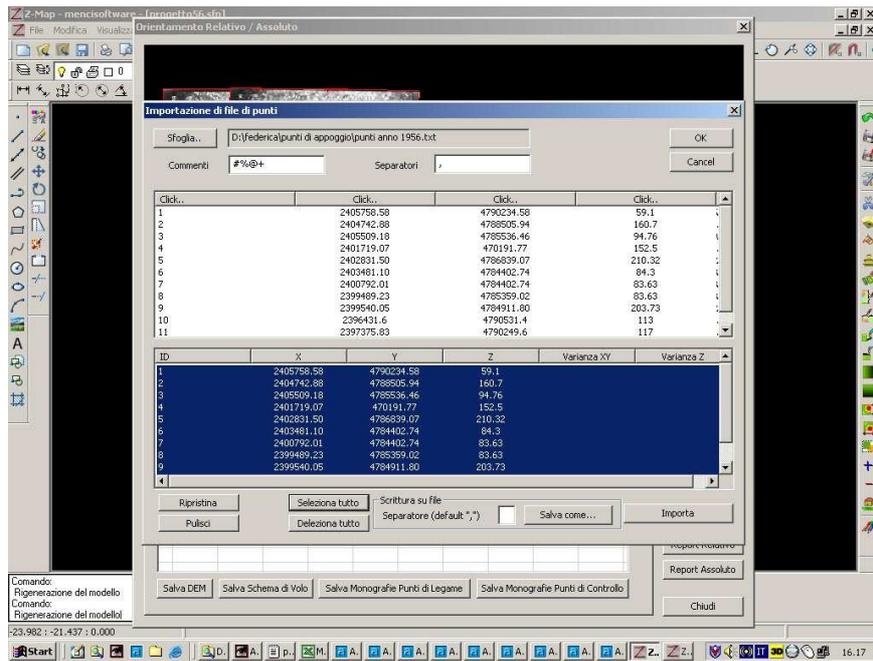


Figura 46: coordinate dei punti di controllo degli anni 1956 (in blu) e 1991 (in bianco) utilizzate per l'orientamento assoluto.

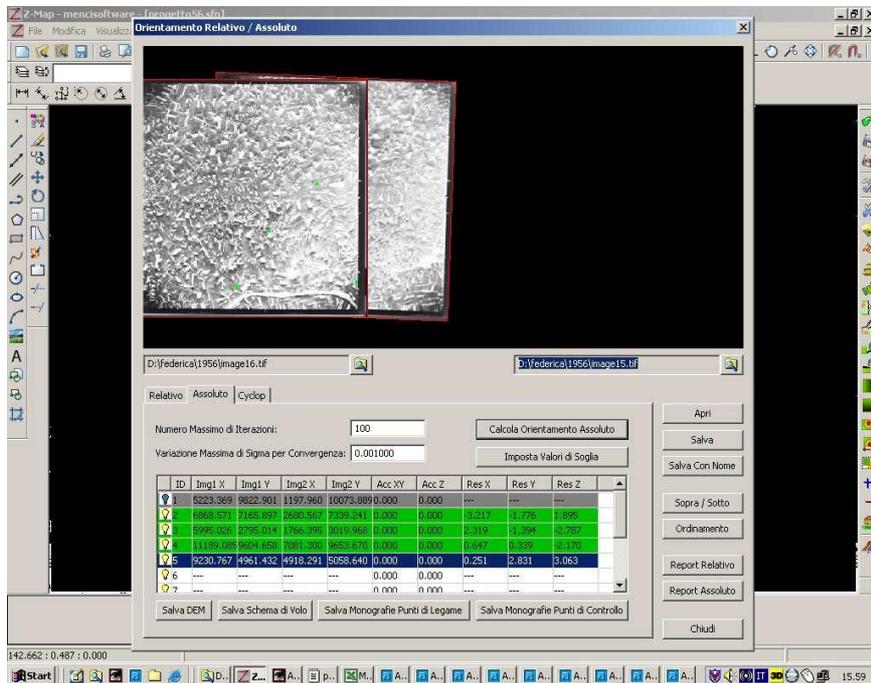


Figura 47: fase di orientamento assoluto, le coordinate che si considerano meno attendibili per precisione, si tolgono dalla lista spegnendone le lampadine prima di lanciare il calcolo.

Per questo tipo di orientamento, poiché è la fase più importante ed influente ai fini della creazione del modello stereoscopico su cui lavorare, per ovviare agli errori residui grossolani in x, y e z ci sono diversi metodi tra cui per esempio prendere le coordinate dei punti di controllo in numero maggiore a quello che normalmente il programma richiede per effettuare il calcolo, oppure escludendone qualcuna dallo schema se le altre sono sufficienti a lanciare il calcolo, o anche riverificando i valori di tutte le coordinate, oppure semplicemente ricollimando meglio il punto che si ritiene essere impreciso.

In questo caso, avendo un numero di coordinate superiore a quello richiesto dal programma, alcune si sono spente mentre altre sono state riverificate perché imprecise, tanto che al primo lancio del calcolo di compensazione causavano errori residui rilevanti.

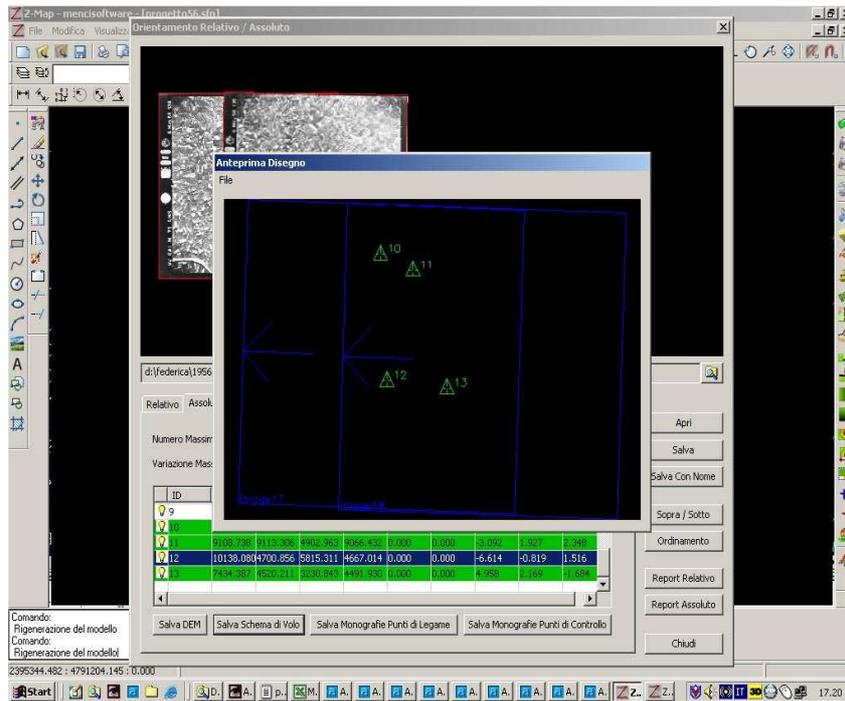
Dopo un paio di correzioni si è lanciato il calcolo di compensazione definitivo, il quale ha prodotto risultati ritenuti soddisfacenti per il tipo di lavoro da effettuare che sono di seguito riportati:

<b>Foto n.</b>	<b>Punto</b>	<b>Residuo X (m)</b>	<b>Residuo Y (m)</b>	<b>Residuo Z (m)</b>
11959	2	- 3,217	- 1,776	1,895
11959	3	2,319	- 1,394	- 2,787
11959	4	0,647	0,339	- 2,170
11959	5	0,251	2,831	3,063
11960	10	- 3,092	1,927	2,348
11960	11	- 3,614	- 0, 819	1,516
11960	12	2,958	2,169	- 1,684
11960	13	1,437	- 0,765	0,152

**Figura 48: valori dei residui dell'orientamento assoluto per l'anno 1956.**

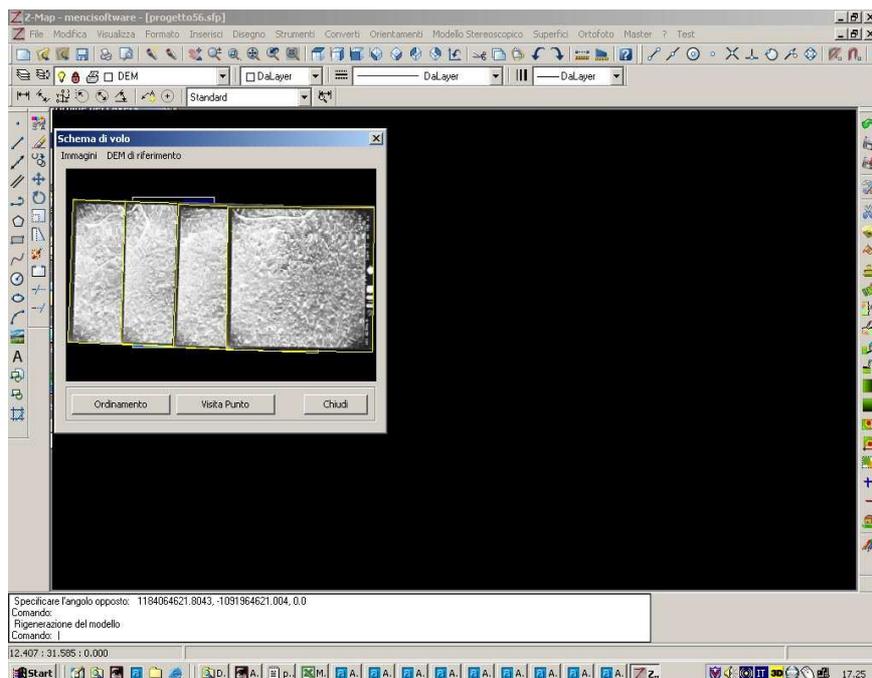
<b>Foto n.</b>	<b>Punto</b>	<b>Residuo X (m)</b>	<b>Residuo Y (m)</b>	<b>Residuo Z (m)</b>
554	9	- 2,154	- 0,762	1,034
554	10	0,123	2,471	- 1,305
554	11	0,349	0,895	3,056
554	12	- 1,263	0,155	2,006
555	13	2,012	- 1,378	- 0,978
555	14	1,381	3,00	2,026
555	15	- 1,041	0,936	3,504
555	16	3,068	- 1,470	0,179

**Figura 49: valori dei residui dell'orientamento assoluto per l'anno 1991.**



**Figura 50: calcolo dell'orientamento assoluto: schema dei punti di controllo utilizzati e residui di calcolo.**

Avendo ripetuto queste operazioni di software per tutti i fotogrammi necessari di entrambe le annate è stato finalmente creato il modello stereoscopico su cui effettuare la restituzione. Questo si dice "continuo" perché il programma di navigazione stereoscopica lega automaticamente tutti i fotogrammi di cui trova un orientamento esterno compatibile.



**Figura 51: creazione del modello stereoscopico.**

La buona riuscita degli orientamenti nella parte iniziale si è riscontrata in fase stereoscopica, dove il modello creato non presentava problemi di sovrapposizione delle foto, in modo tale da permettere una buona restituzione. L'unico problema emerso in questa fase è stato la difficoltà, in un primo momento, di mettersi in quota sul modello dato dalla scarsa risoluzione delle immagini dell'anno 1956; difatti questo ha reso in particolar modo difficoltosa l'identificazione dei contorni di alcuni edifici da restituire e delle coltivazioni di cui non si riusciva a distinguere il genere; tutto ciò perché le foto risultavano essere in alcuni punti molto chiare e di bassa definizione.

Una volta preparato il modello stereoscopico si è potuta iniziare la vera e propria fase di restituzione, la quale consiste in un procedimento operativo che permette di intervenire dai fotogrammi alla rappresentazione grafica, o numerica dei diversi oggetti ritratti. Generalmente la restituzione può produrre risultati grafici, per i quali utilizza le proprietà della prospettiva centrale in modo tale che ogni punto è definito univocamente nella sua tridimensionalità, che risultati numerici tramite un sistema di valori numerici che indicano le coordinate spaziali  $x$ ,  $y$  e  $z$  dei punti restituiti.

Per le finalità di questo studio è stata utilizzata la restituzione grafica per la quale è stata impiegata una stazione fotogrammetrica digitale con schermo attivo LCD e occhiali passivi, che consentiva la possibilità di gestire agevolmente più modelli stereoscopici di notevoli dimensioni.

Come primo passo, ancor prima di iniziare il lavoro, è stata creata una legenda per ogni anno che elencava ogni elemento presente nel disegno e proprio del territorio che si andava a restituire, attribuendone ciascuno ad un colore diverso dall'altro in modo da differenziarlo per tipologia e significato.

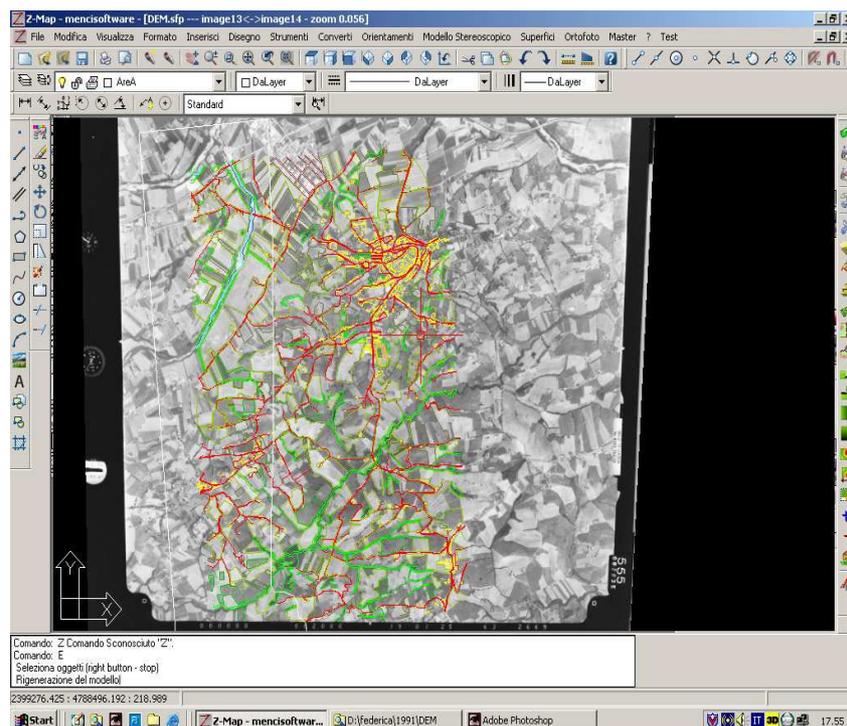
<b>ELEMENTO</b>	<b>LAYER</b>
Seminativo Semplice	Colore 62
Seminativo Arborato	Colore 67
Prato e pascolo	Colore 92
Fiumi e corsi d'acqua	Colore 141
Bosco	Colore 2
Bosco rado	Colore 85
Insedimenti residenziali	Colore 3
Strade	Colore 4
Confini di territorio	Colore 210

**Figura 52: legenda di restituzione dell'anno 1956.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>LAYER</b>
Seminativo Semplice	Colore 62
Seminativo Arborato	Colore 67
Prato e pascolo	Colore 92
Fiumi e corsi d'acqua	Colore 141
Argini	Colore 157
Bosco	Colore 2
Bosco rado	Colore 85
Insedimenti residenziali	Colore 3
Impianti sportivi	Colore 40
Area industriale e/o artigianale	Colore 15
Strade	Colore 4
Confini di territorio	Colore 210

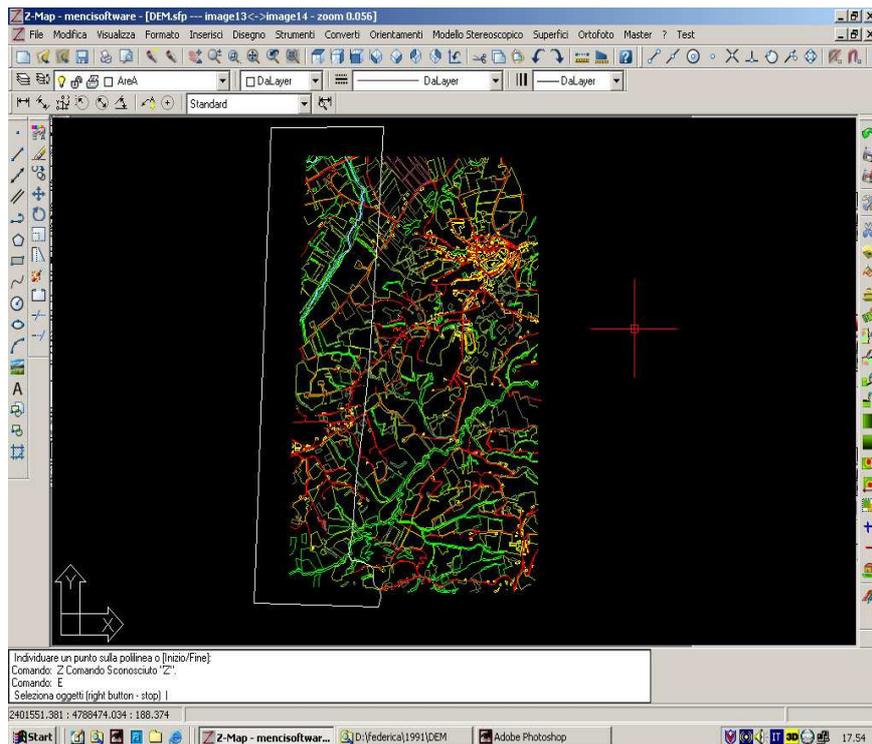
**Figura 53: legenda di restituzione dell'anno 1991.**

Dopo di che, avendo tutti gli strumenti a disposizione per poter iniziare, si è intrapresa la fase di restituzione grafica servendosi degli occhiali appositi per percepire la terza dimensione dallo schermo. Inizialmente, la difficoltà di avvertire i rilievi o i cambiamenti di quote del terreno si è manifestata, vista la novità per l'occhio umano di doversi abituare a focalizzare gli elementi da restituire assimilandone la loro posizione e soprattutto tenendo presente la bassa qualità d'immagine delle foto dell'anno 1956. Il movimento in quota è stato permesso da una periferica simile ad un mouse, chiamata "trackball", dotata di una sfera sensibile alle quote. Per ciascun elemento disegnato, scelto il layer adeguato, veniva tracciato il segno con il colore corrispondente.



**Figura 54: restituzione del modello dell'anno 1956.**

Ad intervalli di tempo è possibile verificare la corrispondenza della terza dimensione con l'andamento del terreno grazie al comando "visita vista 3D".



**Figura 55: restituzione grafica dell'anno 1956.**

Gli stati di avanzamento del lavoro venivano salvati continuamente numerandoli per lavorare in sicurezza senza perdere dati.

Una volta ultimata la restituzione dell'anno 1956 si sono ripetute le medesime operazioni per i modelli creati del 1991 sui quali la difficoltà riscontrata nel restituire è stata minore, sia per la dimestichezza assimilata del programma dalla precedente restituzione, sia per la qualità delle immagini del modello le quali erano nettamente superiori alle altre dato il recente periodo in cui erano state scattate.

Complessivamente il lavoro è stato piuttosto complesso ed esteso vista la molteplicità di elementi da dover restituire, i quali erano tutti fondamentali per dare senso all'intero lavoro e comprendere i diversi cambiamenti del paesaggio ma è stato sorprendentemente soddisfacente sia per gli appaganti risultati ottenuti che per la facilità di utilizzo dello straordinario programma.

## 2.2.4 Prodotti realizzati

Grazie alle potenzialità e alla capacità operativa del programma Z-map, si sono potuti produrre risultati diversi e interessanti i quali hanno arricchito e approfondito meglio lo studio.

Il primo risultato ottenuto è stato la **restituzione al tratto**, ovvero la **rappresentazione grafica di tutte le componenti della zona in esame** di entrambe le annate messe poi a confronto. Questo file, una volta ultimato, è stato prodotto in formato Autocad come Dxf o Dwg (più compatto e meno pesante) suddiviso in vari livelli chiamati layer ognuno corrispondente ad un colore e ad un elemento restituito. Al fine di un inquadramento generale e di facile comprensione del lavoro, la restituzione al tratto è un prodotto perfetto per visualizzare i cambiamenti avvenuti nel corso degli anni.

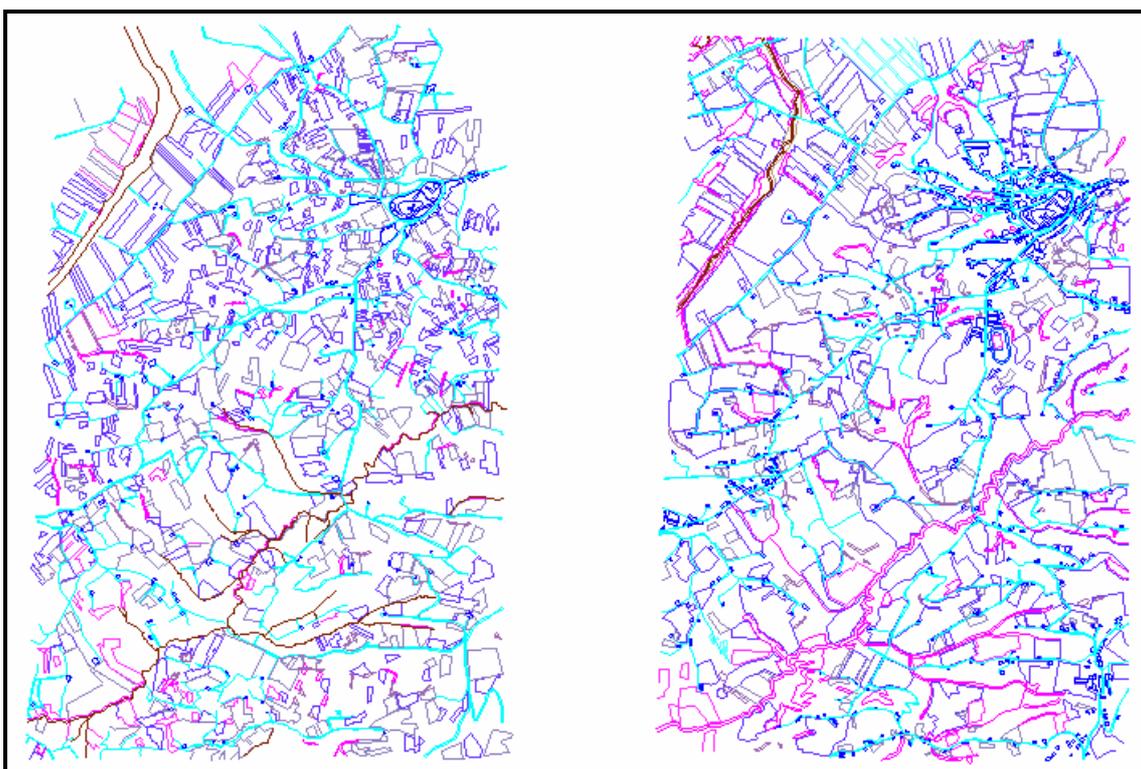


Figura 56: restituzione finale al tratto degli anni 1956 e 1991.

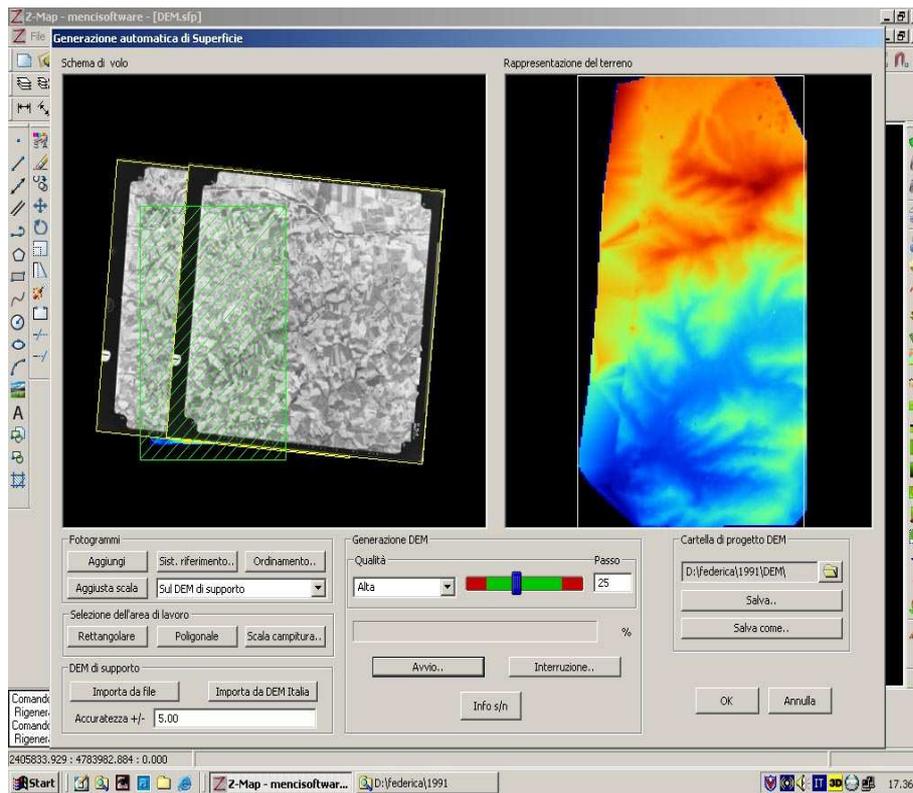
Da questo lavoro si possono infatti fare tutti i dovuti confronti tra gli aspetti importanti da considerare.

Un altro prodotto che si è potuto ottenere grazie alla capacità operativa del software è il **DEM (Digital Elevation Model)** delle quote. Questo è un **grigliato di punti a passo regolare, stabilito dall'operatore, che riproduce digitalmente**

**l'andamento del terreno della superficie che s'intende indagare.** Può esser fatto manualmente, tornando sul modello stereoscopico di cui si vuole creare, segnando una certa quantità di punti tali da formare una griglia sulla quale il programma determinerà il modello, ma questa è un'operazione assai lunga ed elaboriosa, oppure in maniera automatica, per la quale è necessario avere dei dati di partenza che serviranno al software per eseguire i calcoli e produrre il DEM.

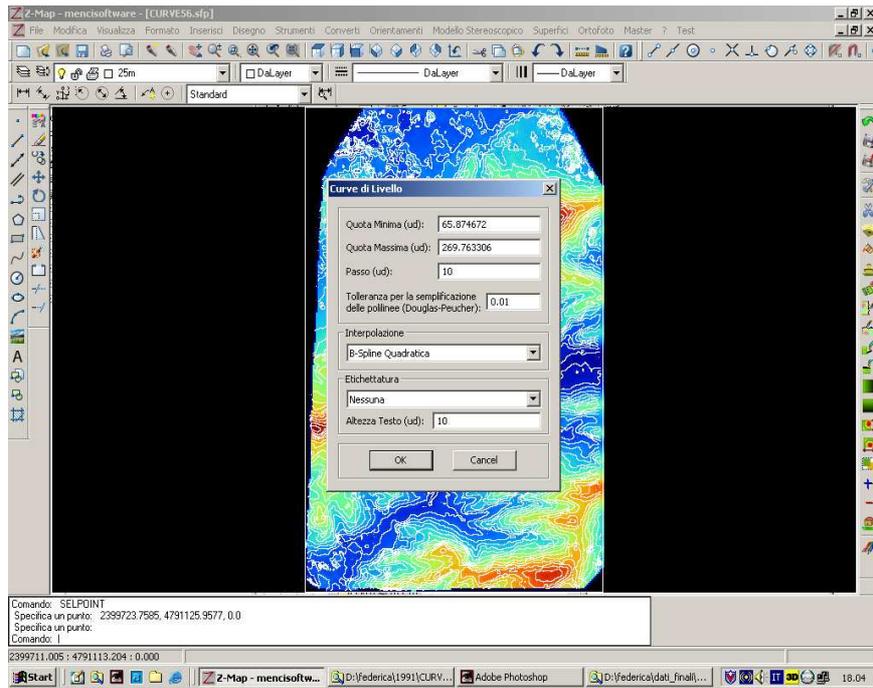
In questo caso il modello del terreno è stato fatto in automatico e i dati forniti al programma sono state le restituzioni eseguite per polilinee ed inserite come superfici che il programma ha preso come riferimento per creare il modello ed aumentare il calcolo; questo ha permesso di cercare i punti 3D delle restituzioni e l'area selezionata e, una volta impostato il passo deciso dall'operatore, si è potuto lanciare il calcolo. Il passo deciso per i DEM di entrambi gli anni è stato di 25m per evitare di appesantire troppo i file. Successivamente il programma scorre, in modalità automatica, l'area della coppia d'immagini su cui verrà eseguito il modello scegliendo quei punti 3D che ritiene migliori, per coefficiente di similitudine, per rappresentare il terreno e poi esegue il calcolo lanciato dall'operatore rispettando il passo impostato in questo caso pari a 25 metri.

Il DEM ottenuto è rappresentato in modalità cromo-altimetrica, ossia ad ogni pixel d'immagine corrisponde una quota di cui la più scura, generalmente riprodotta nel colore rosso, corrisponde a quella più alta del terreno disegnato e le altre inferiori vengono sfumate nelle altre tonalità di colori più chiari. Il formato prodotto è immagine però, se esploso, da la possibilità di mostrare la griglia di punti creati da cui ben si nota l'andamento del terreno in 3D.

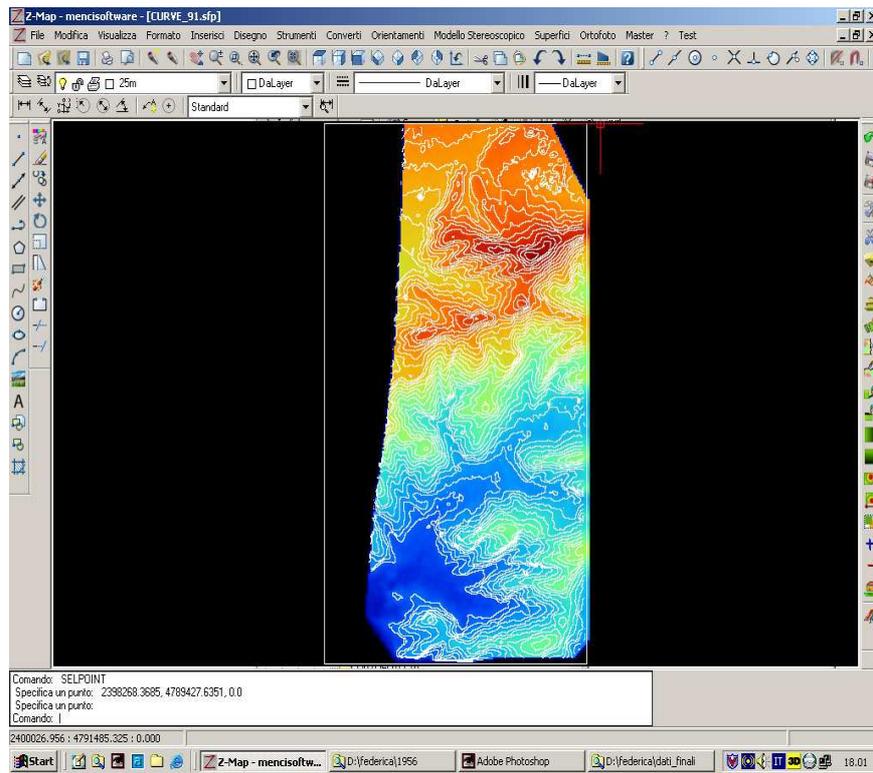


**Figura 57: generazione del DEM cromo-altimetrico dell'anno 1991.**

Sopra al DEM rappresentato, il programma ha consentito di creare l'andamento delle curve di livello proprie del terreno di cui ben si nota l'infittirsi all'aumentare delle quote. Queste sono state date con un passo regolare di 10 metri.



**Figura 58:** generazione delle curve di livello sul DEM cromo-altimetrico dell'anno 1956.



**Figura 59:** DEM cromo-altimetrico con curve di livello dell'anno 1991.

L'ultimo prodotto ottenuto da tutto il lavoro di restituzione dell'area è stata l'**ortofoto**. Questa viene definita come un **processo di rettifica dei fotogrammi** che si può eseguire utilizzando i punti di controllo serviti per l'orientamento assoluto, oppure utilizzando un DEM come in questo caso.

Per realizzare questo prodotto il programma, oltre ad aver bisogno di un DEM eseguito correttamente, necessita anche di un file d'immagine da associargli, che solitamente è quello contenente la coppia di fotogrammi su cui il DEM è stato creato.

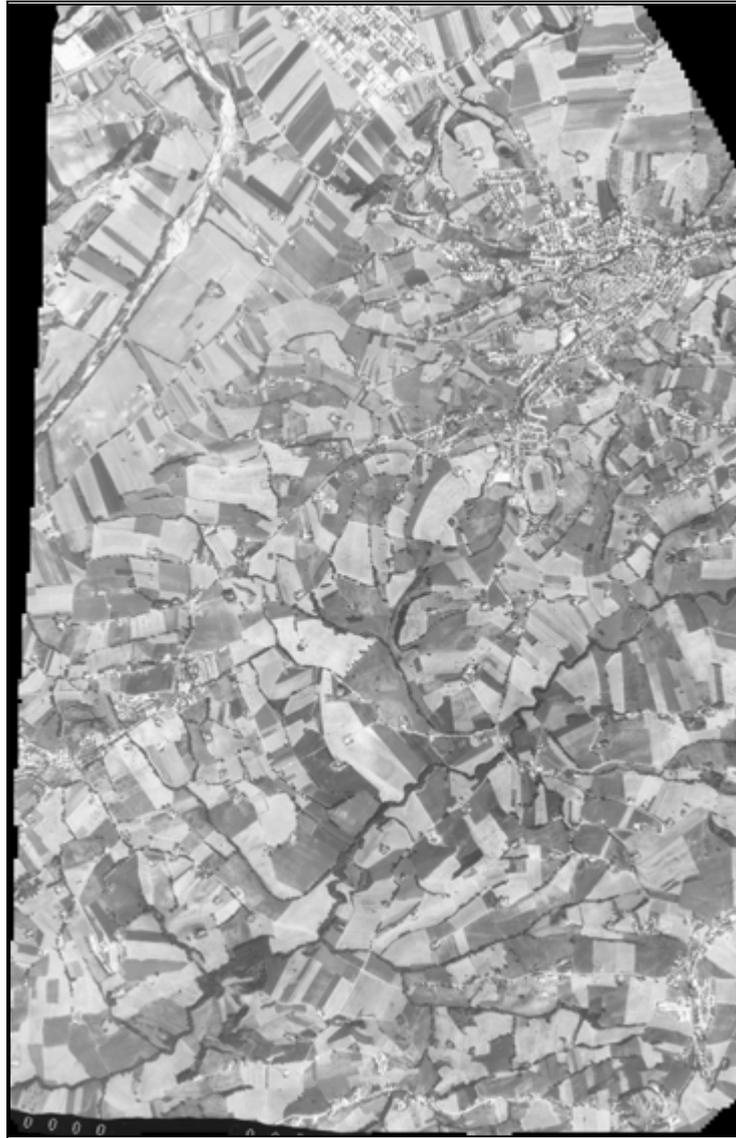
Dalla voce "ortofoto" che compare nella barra degli strumenti si digita "proietta fotogrammi" selezionando il DEM di cui si vuole l'ortofoto e poi si associa il file d'immagine corrispondente.

In questo modo il software esegue una retinatura in modo tale da vedere su quale parte di foto ricade il DEM.

L'ortofoto così generata, proietta i pixel d'immagine sul DEM, in modo tale da vedere le dimensioni di ciascun pixel a terra; Ovviamente, maggiore è la risoluzione e migliore è l'ortofoto. Per questo lavoro è stata usata una risoluzione di 1 metro di pixel per entrambe le ortofoto.



**Figura 60: ortofoto 1956**



**Figura 61: ortofoto 1991.**

## **Capitolo 3**

### **CONFRONTI**

#### **3.1 Preparazione dei dati**

Una volta terminata la fase di costruzione del lavoro ed aver ottenuto i prodotti finali, si è provveduto a estrapolare tutti i dati grafici ottenuti e a calcolarne in termini numerici, i rispettivi valori per poi associarli tra loro e vedere in termini statistici il contributo di ognuno nel corso degli anni, così da ottenere la variazione d'uso del suolo nonché la variazione del paesaggio, scopo del lavoro.

A partire dalle restituzioni finali ottenute, trasformate in un file bidimensionale, sono state calcolate le aree di ciascun elemento caratterizzante questo paesaggio per poter poi compararlo nei due anni esaminati.

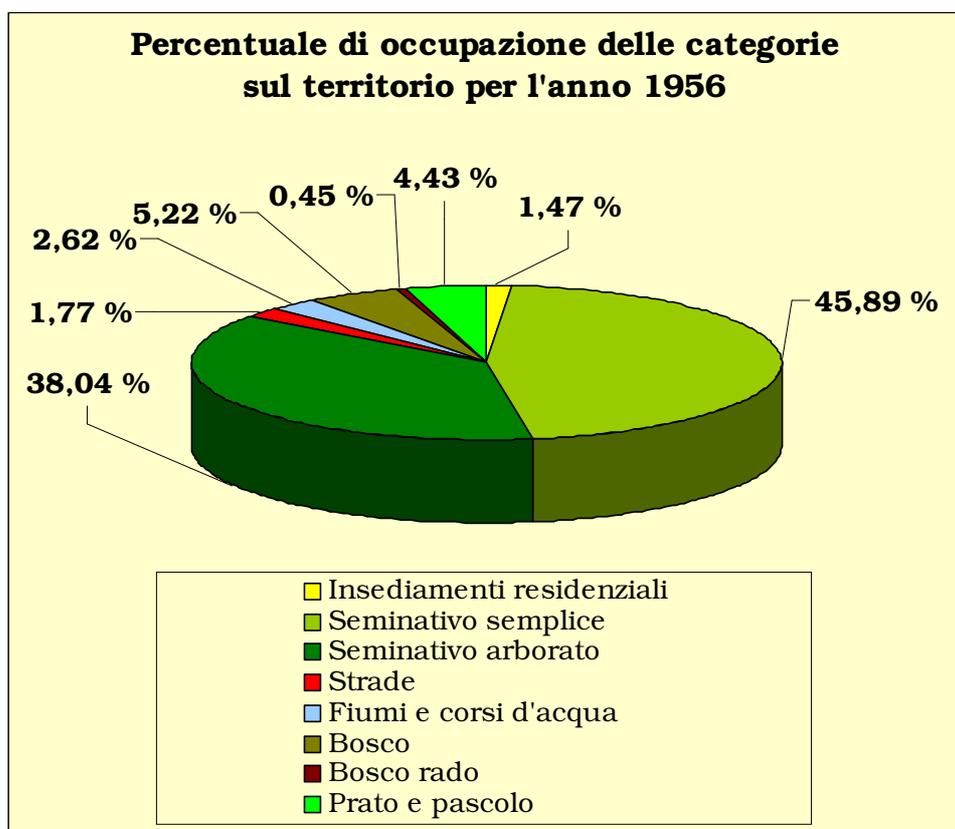
Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei dati dei due anni, suddivisi per classi, con le rispettive variazioni numeriche e percentuali, in una prima panoramica del territorio analizzato.

Aree industriali e/o artigianali	—	31,00	—	—
Impianti sportivi	—	6,39	—	—
Fiumi e corsi d'acqua	33,16	5,82	- 27,34	- 82,45
Strade	23,68	27,12	3,44	14,53
Argini	—	4,59	—	—
residenziali				
Boschi	66,11	120,22	54,11	81,85
Boschi radi	5,74	9,84	4,10	71,42
Prati e pascoli	56,14	52,07	- 4,07	- 7,25

**Figura 62: Tabella riassuntiva dei dati delle categorie analizzate con relativa variazione numerica e percentuale.**

*(In entrambe le variazioni si sono evidenziati in blu gli incrementi ed in rosso le diminuzioni).*

Per comprendere meglio i notevoli cambiamenti che si sono avuti nel corso di questo quarantennio, si riportano alcuni grafici di utilizzazione del suolo analizzato con le relative percentuali di occupazione e di comparazione tra le diverse categorie:



**Figura 63: Grafico della distribuzione percentuale delle diverse categorie sul territorio analizzate per l'anno 1956.**

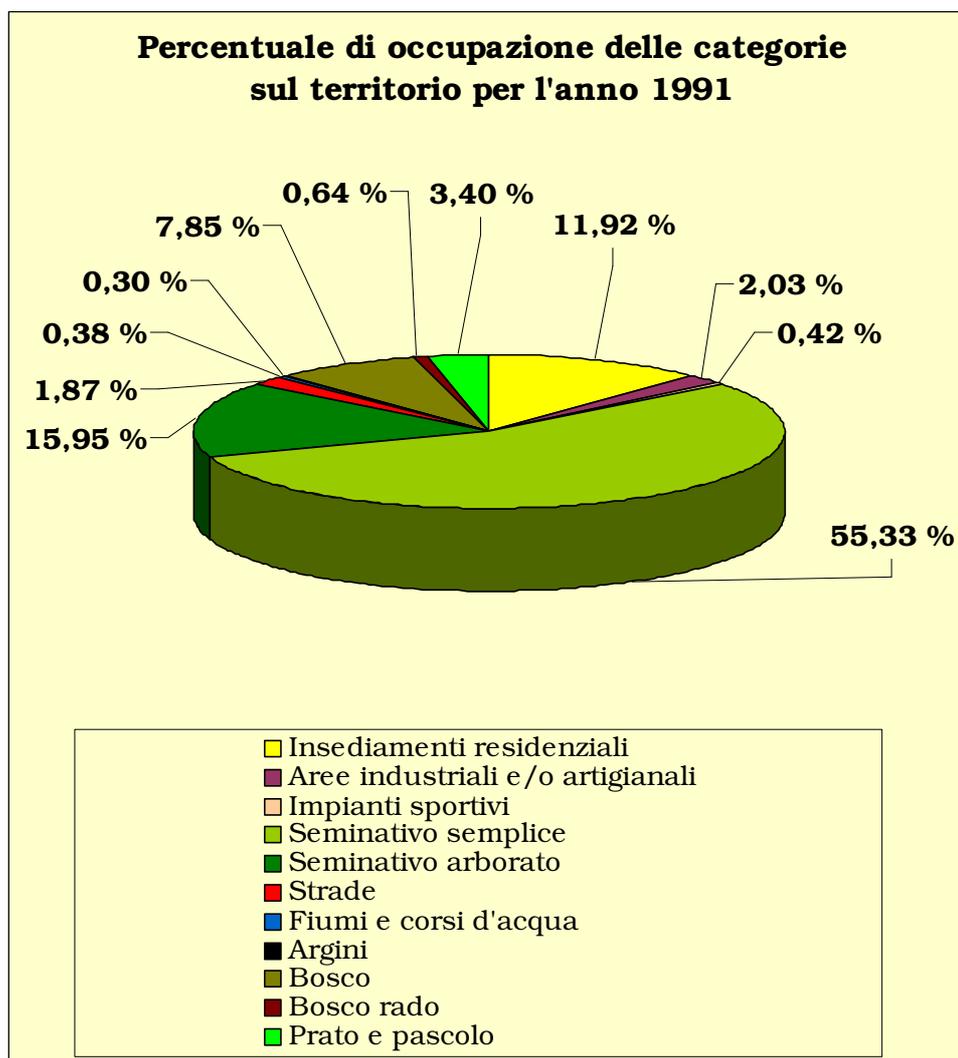


Figura 64: Grafico della distribuzione percentuale delle diverse categorie sul territorio analizzate per l'anno 1991.

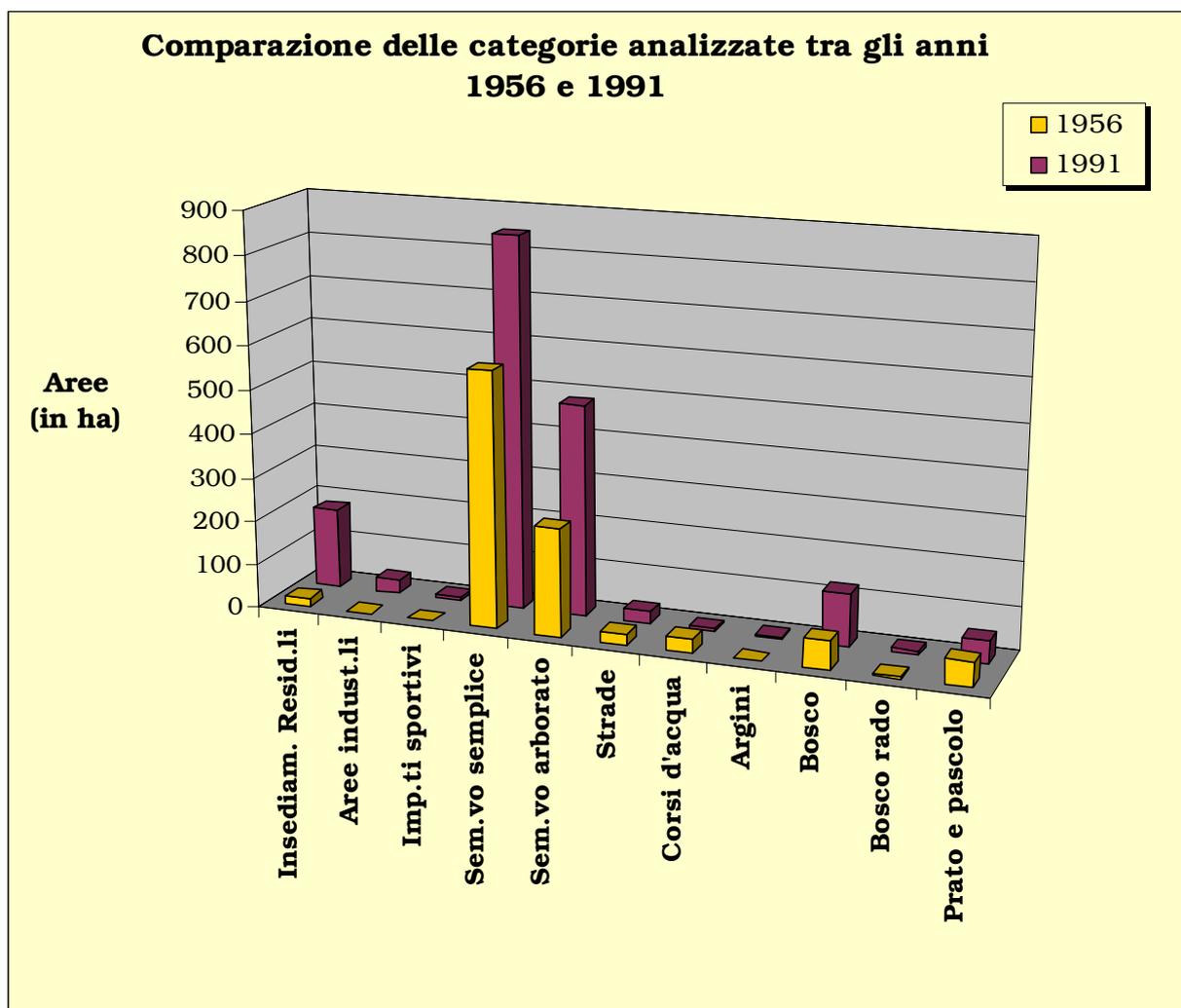


Figura 65: Grafico della comparazione dei valori delle diverse categorie analizzate tra gli anni 1956 e 1991.

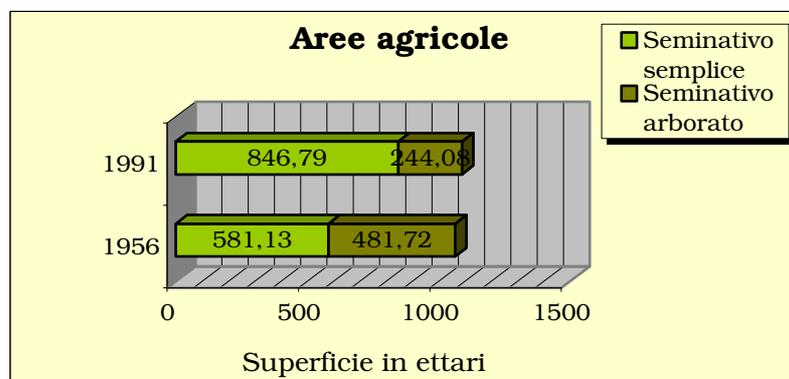
### 3.2 Analisi dei dati per categorie

I risultati ottenuti dalle due restituzioni sono stati estratti singolarmente per ogni categoria al fine di essere analizzati e confrontati tra loro. Una volta creato il confronto grafico di ogni classe, si è proceduto a quantificarlo in termini numerici per meglio capirne le diverse evoluzioni negli anni e verificarne la validità della corrispondenza tra restituzione grafica e numerica.

#### 3.2.1 Aree Agricole

Al fine di analizzare le modificazioni avvenute sul territorio studiato perseguendo lo scopo di osservare come si è evoluto il paesaggio, si è proceduto accorpando le due

categorie di “seminativo semplice” e “seminativo arborato”, ottenendo il seguente grafico significativo:

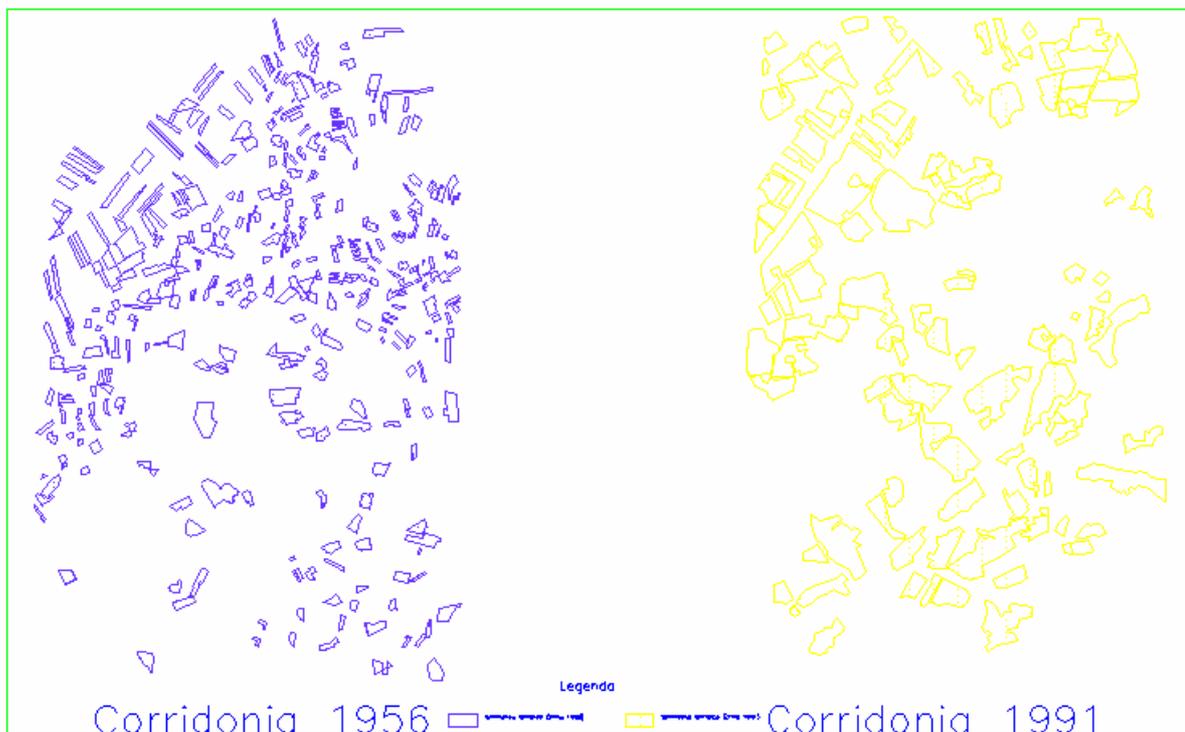


**Figura 66: Grafico della variazione, espressa in ettari, delle aree agricole tra il 1956 e il 1991.**

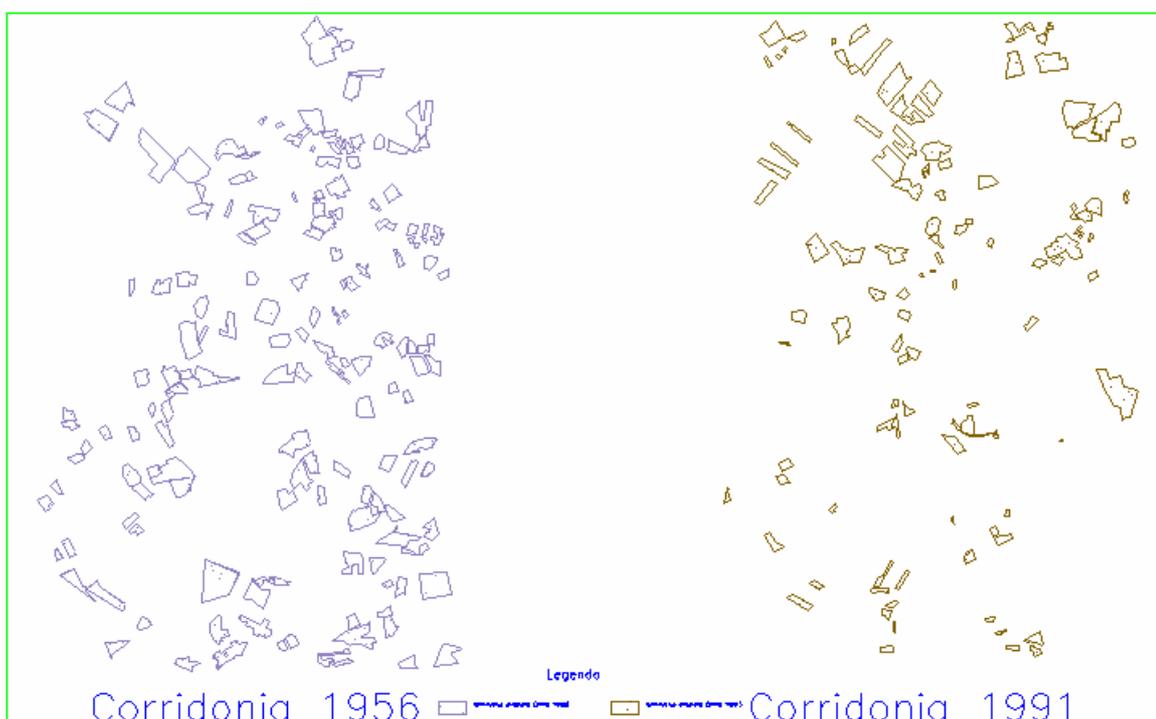
Come si può vedere dai dati è stata constatata una variazione globale delle aree agricole positiva, di poco più del 2,5%. Ovviamente, dalle previsioni, non ci si poteva aspettare nulla di più ma, anche se di poco, emerge un risultato sorprendente, visto il dominante aumento delle aree antropizzate tipiche proprio di questo quarantennio.

Nello specifico, l’aumento delle aree a coltivazioni semplici (cereali, ortaggi, ecc...) è stato di 265,66 ettari, mentre il seminativo arborato è diminuito di 237,64 ettari. Questo si pensa sia dovuto al fatto che, tra gli anni 1956 e 1991, sono mutate le condizioni socio-economiche. Prima infatti si tendeva a creare unità agricole produttive autosufficienti, mentre oggi, col progresso e l’industrializzazione, si mira all’estensivizzazione degli appezzamenti terrieri per la produzione e la vendita di “mercato”. Oltre a questo ha contribuito anche il fatto il 1956 coincise col periodo dell’immediato dopoguerra in cui la povertà e le difficoltà economiche fecero dei boschi l’unico e possibile modo in cui la popolazione potesse riscaldare le proprie abitazioni. Questo rapido e incalzante disboscamento, lascia spazio a distese incolte in cui, negli anni successivi di ripresa economica, vennero coltivate per la loro produzione industriale.

Tutto ciò è visibile dal confronto grafico ( fig. 67 e 68) che non solo conferma le differenze numeriche riscontrate sui grafici, ma fa chiaramente notare anche le dimensioni dei lotti che nel 1956 erano molto frazionati mentre, nel 1991 si sono evidentemente estensivizzati.



**Figura 67: Confronto grafico tra la superficie totale condotta a seminativo semplice nell'anno 1956 e 1991.**



**Figura 68: Confronto grafico tra la superficie totale condotta a seminativo arborato di Corridonia nell'anno 1956 e 1991.**

### 3.2.2 Aree Boschive

Anche per quanto riguarda l'analisi delle aree boschive si è preferito unire la categoria dei boschi a quella dei boschi radi considerando le affinità di entrambe le classi e la superficie da esse occupata, così che potesse risaltarne il mutamento nel corso degli anni rispetto l'intero territorio.

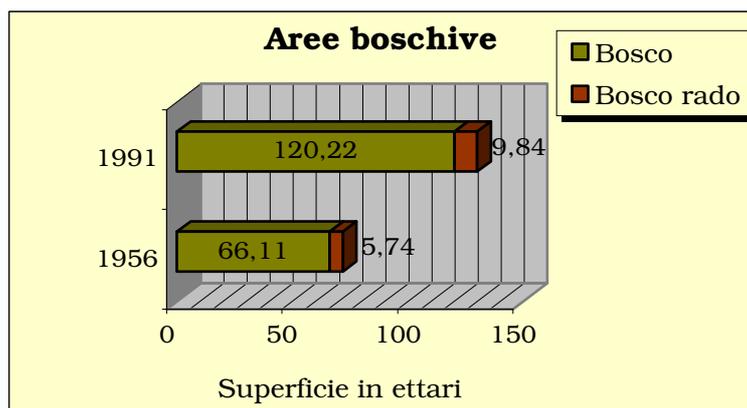
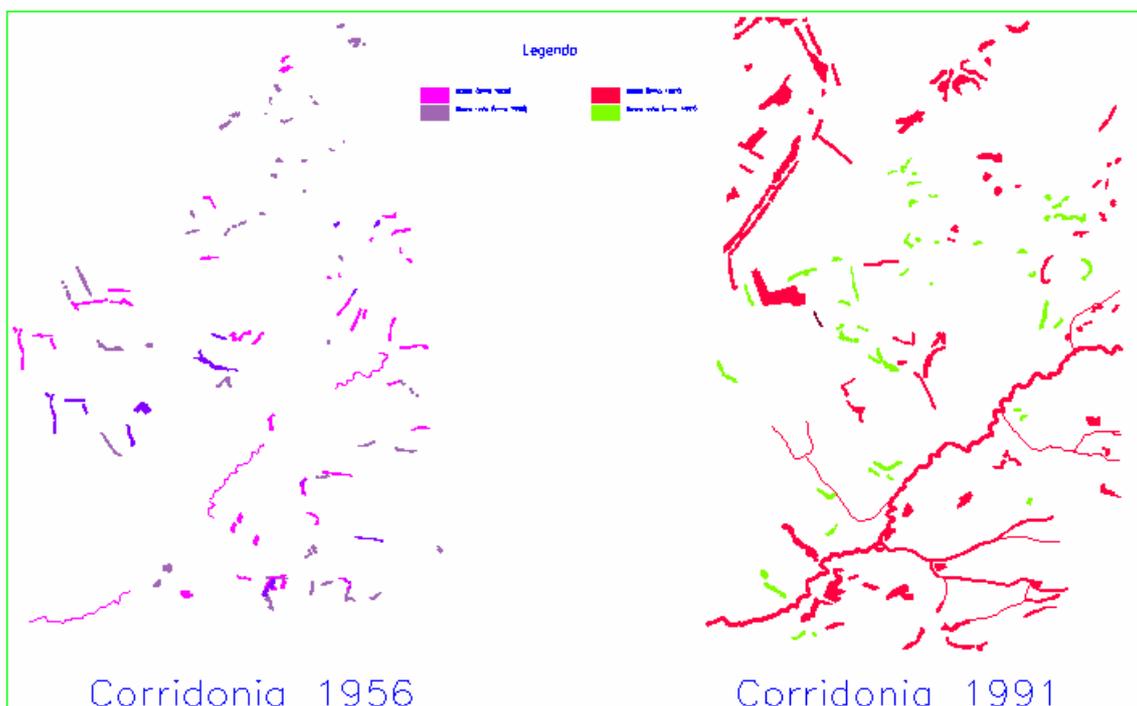


Figura 69: Grafico della variazione, espressa in ettari, delle superfici boschive tra il 1956 e il 1991.

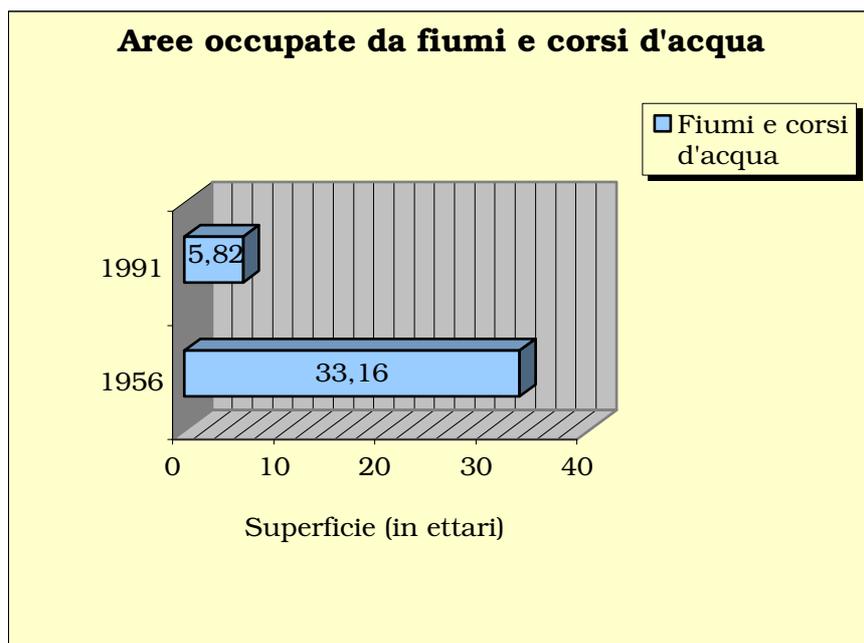
Le considerazioni tratte per quel che riguarda i boschi hanno una tendenza opposta rispetto a quelle rivolte per altre categorie. Si nota infatti, che è stato registrato un notevole aumento della superficie boschiva sull'intero territorio nel 1991. Ciò potrebbe sorprendere visto il lasso di tempo analizzato, in cui come si diceva precedentemente l'uomo è intervenuto in maniera molto significativa sul paesaggio per costruire, dunque sfruttare il suolo. Ma, se da un lato la percentuale d'incremento della superficie boschiva risulta essere notevole, l'80%, dall'altro questo dato non deve sorprendere poiché le aree di addensamento e sviluppo di questa categoria sono state esclusivamente quelle poste in prossimità di fiumi e torrenti colonizzate da arbusti e boschi radi, dunque non sparse sull'intera area analizzata. Questi boschi infatti non sono secolari. Associando il prossimo confronto relativo ai fiumi e corsi d'acqua, si capisce la dinamica di un tale aumento; infatti il ritiro dei fiumi ha lasciato spazio ai boschi ripari come si può vedere dalla figura 70.



**Figura 70: Confronto grafico tra le aree boschive di Corridonia nel 1956 e nel 1991.**

### 3.2.3 Aree occupate da fiumi e corsi d'acqua

Come appena accennato, l'area occupata da fiumi e corsi d'acqua, intendendo con essa non solo gli alvei dei fiumi ma tutta l'area complessivamente a disposizione di questi, è considerevolmente diminuita. Il grafico qui sotto mostra infatti questa variazione:



**Figura 71: Grafico della variazione, espressa in ettari, delle superfici occupate dai fiumi e corsi d'acqua tra il 1956 ed il 1991.**

In termini percentuali, la diminuzione delle aree occupate da fiumi e corsi d'acqua è del 82,45%. Questo era evidente già dalle foto aeree in cui si notava che in quelle del 1956 l'alveo dei fiumi era chiaramente visibile ed esteso, mentre in quelle del 1991 emergeva un infittimento delle aree boschive lungo le rive di questi, tale da ricoprirne totalmente il percorso, con una riduzione delle dimensioni dei letti.

Durante il corso degli anni, l'uomo ha sfruttato al massimo ogni area disponibile, specie quelle che risultavano essere più funzionali e pianeggianti posizionate proprio sulle rive ed in prossimità dei fiumi, sottraendo ad essi molto dello spazio che prima avevano a disposizione naturalmente. Questo ha prodotto un aumento dell'erosione dei suoli (dovuto ai disboscamenti), un aumento del carico sedimentario dei fiumi e delle grandi piane fluviali a canali intrecciati tipiche degli anni '50. Nel 1991 invece, il notevole restringimento degli alvei fluviali, è conseguenza dell'opera antropica per le costruzioni di abitazioni, strade, argini e quant'altro di artificiale si sia prodotto in quegli anni, ma anche delle variazioni climatiche avutesi. Ecco perché dalle foto del 1991 si notavano solo piccoli canali non più intrecciati con ai lati grandi piane fluviali. Quest'ultimo dato deve essere visto unitamente a quello precedente delle aree boschive, visto il cambiamento dell'alveo del fiume Fiastra e il totale imboscamento su quello del torrente Cremone, che nel 1991 viene ricoperto totalmente (fig. 72).

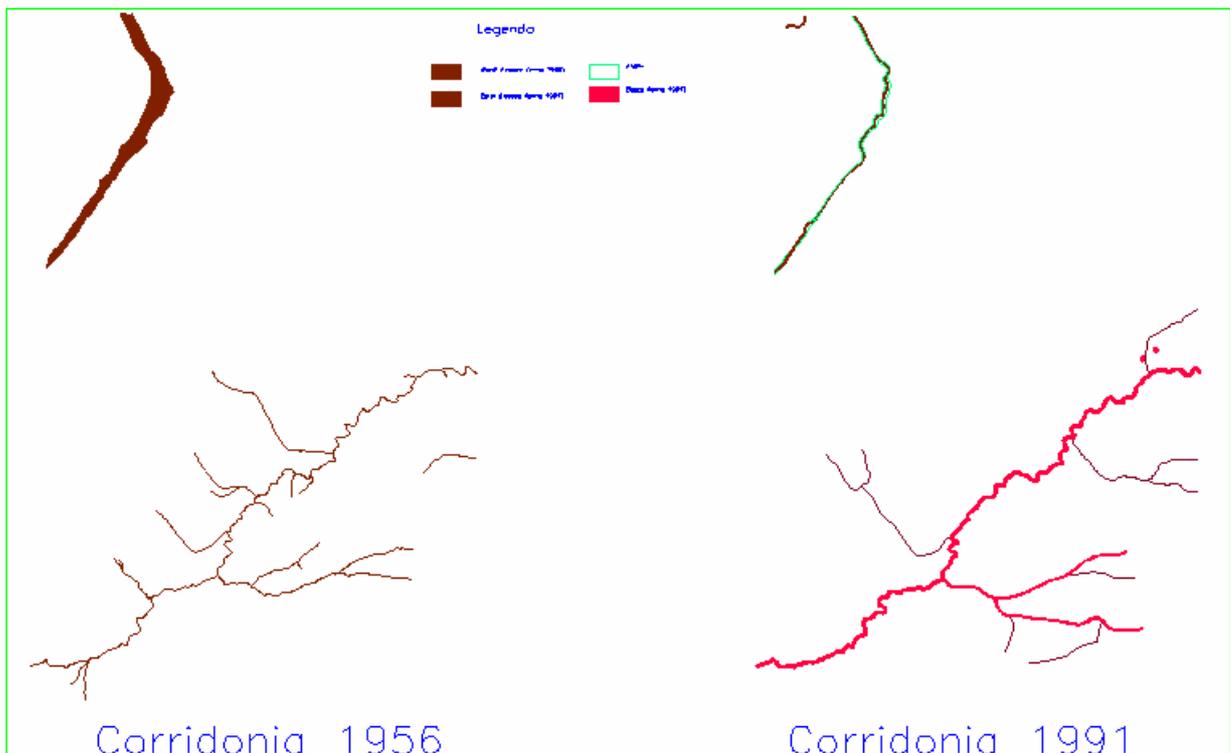


Figura 72: Confronto grafico tra le aree occupate da fiumi e corsi d'acqua tra il 1956 e il 1991.

### 3.2.4 Aree occupate da prati e pascoli

Per concludere i confronti tra le classi del territorio non antropizzate, mancano da analizzare i prati e pascoli. Anche in questo caso, nel decorso degli anni, gli ettari di occupazione sono diminuiti, come mostra il grafico di seguito riportato:

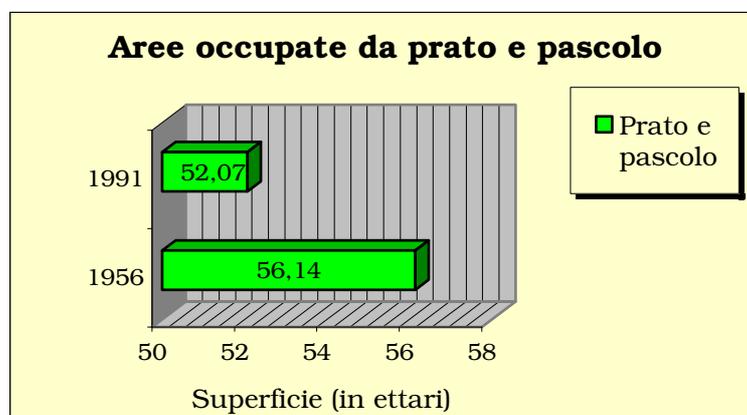
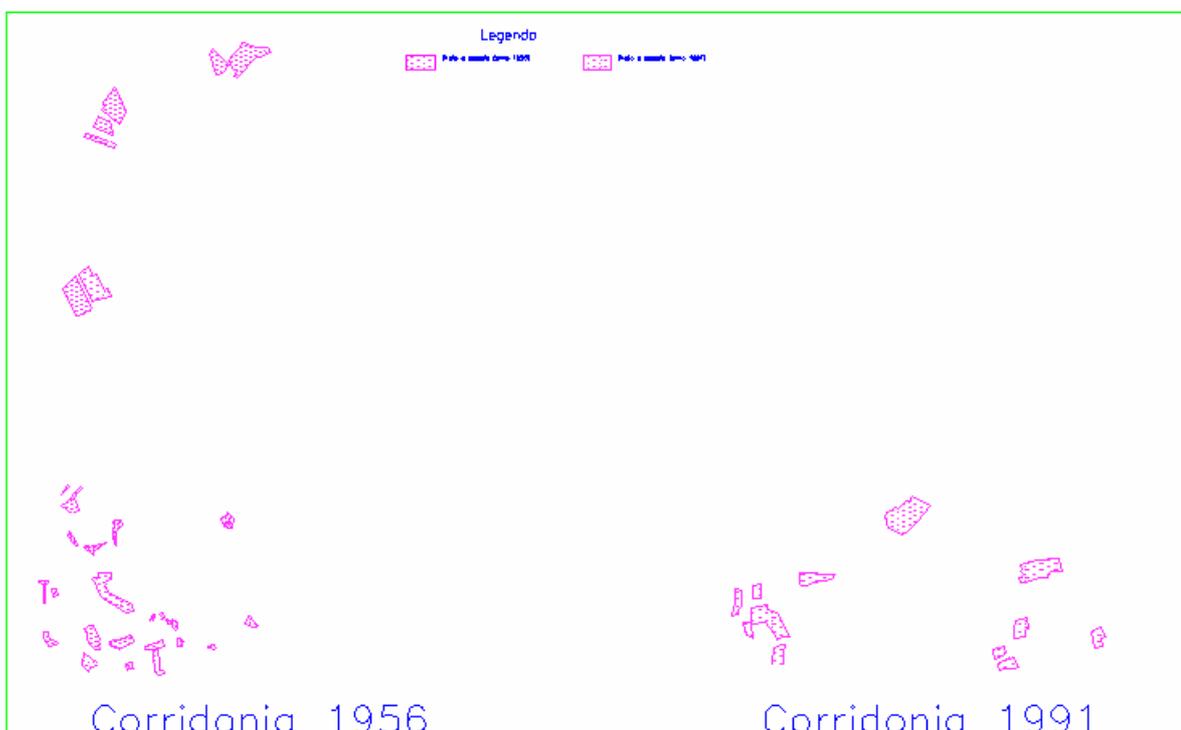


Figura 73: Grafico della variazione, espressa in ettari, delle superfici occupate da Prato e pascolo tra il 1956 ed il 1991.

Anche per i prati e i pascoli la diminuzione percentuale della superficie di territorio è evidente, pari cioè al 7,3%. Questa è dovuta al fatto che i prati e i pascoli sono generalmente sistemati in zone in cui il territorio non presenta una forte acclività, infatti in questo caso, essi si trovano vicino alle fasce di zone fluviali. Proprio qui l'uomo ha trovato "terreno fertile" per soddisfare le proprie esigenze e quelle della società. Si vedrà di seguito come, nella zona nord in cui si nota la diminuzione di questa categoria, sia nata l'area industriale, passerà una via di comunicazione molto importante che permette il collegamento con l'autostrada e ci saranno alcune abitazioni.



**Figura 74: Confronto grafico tra le superfici occupate da prati e pascoli tra Corridonia del 1956 e Corridonia del 1991.**

Quest'ultima categoria chiude i confronti relativi alla parte non antropizzata dell'area analizzata; una visione d'insieme dei fenomeni messi a confronto nella loro evoluzione si ha nella fig. 75.



Questo confronto è da considerare forse il più significativo visto che l'incremento di variazione percentuale è pari all'882%.

Un tale risultato era più che atteso visto che il quarantennio preso in considerazione è stato testimone di un incremento demografico generale avutosi in coincidenza del primo dopoguerra. Come conseguenza di ciò si sono avuti un aumento delle aree urbanizzate, a discapito di quelle agricole e del paesaggio naturale in generale, di quasi dieci volte maggiore rispetto a quelle presenti nel 1956, la nascita ovviamente delle industrie ed anche degli impianti sportivi viste le mutate esigenze della popolazione ivi residente.

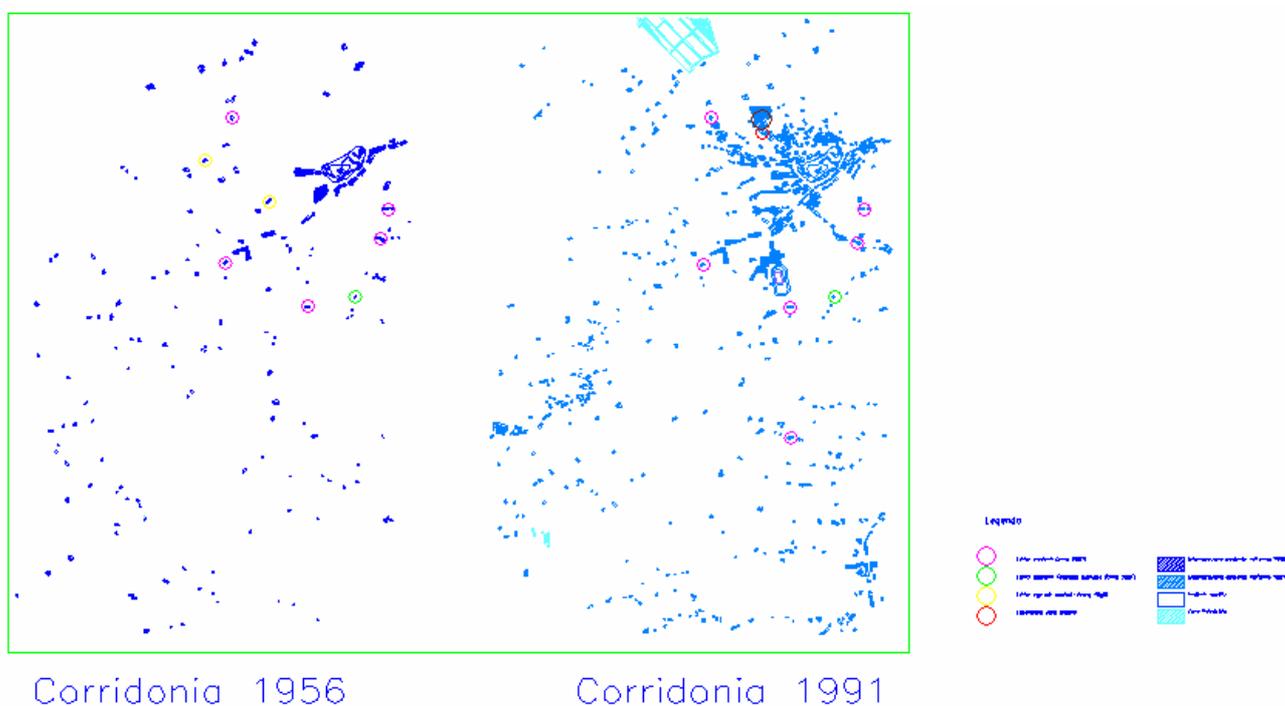


Figura 77: Confronto grafico tra le aree urbanizzate tra Corridonia del 1956 e Corridonia del 1991.

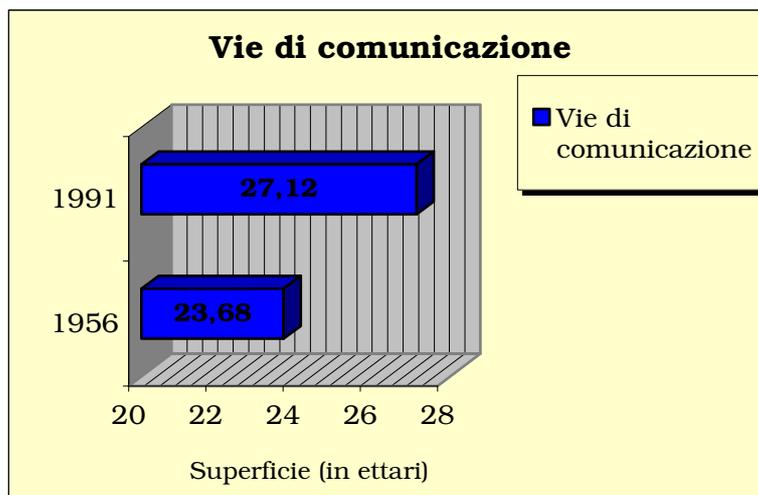
Come ben si nota la grafica conferma le differenze numeriche già calcolate in precedenza. E' palese che le zone di maggior addensamento edilizio si trovano nelle zone adiacenti al centro storico ed anche in prossimità delle industrie. Nuove zone di espansione urbana si sono avute di recente lungo le vie principali di comunicazione creando nuovi piccoli centri abitativi.

Grazie ad una pianta storica si è poi potuta fare una ricerca in cui si vedevano i cosiddetti "atterrati" ancora esistenti e quelli invece in fase di degrado nei diversi anni.

Quelle ritrovate in fase di restituzione sono state individuate ed evidenziate ed una legenda ne spiega lo stato di conservazione e la relativa data.

### 3.2.6 Vie di comunicazione

L'ultima tipologia di confronto riguarda le vie di comunicazione, strettamente legate alle aree urbanizzate. La percentuale di incremento è stata del 14,53%. I cambiamenti avutisi riguardano piuttosto costruzioni di strade ad integrazione delle precedenti, come conseguenza dei cambiamenti delle aree urbanizzate. La variazione si nota nei pressi del centro storico, dove appunto è presente l'addensamento di nuove costruzioni, e nella zona a sud del paese, dove si diceva prima che sono nati piccoli centri abitativi. Il reticolo stradale principale è rimasto lo stesso e questo lo si vedrà anche analizzando le carte storiche, quindi in un arco di tempo maggiore.



**Figura 78:** Variazione, espressa in ettari, delle superfici occupate dalla rete stradale nel 1956 e nel 1991.



## Conclusioni

A conclusione del lavoro svolto si è potuto constatare che lo studio effettuato ha raggiunto in modo soddisfacente gli obiettivi prefissati dimostrando che, utilizzare un criterio metodologico multidisciplinare ed integrato è la soluzione che più si addice allo studio delle dinamiche ambientali e territoriali, nonché delle evoluzioni paesaggistiche.

L'idea di associare in modo funzionale, ai fini della validità del lavoro, strumenti di analisi tradizionali come l'aereofotointerpretazione, la cartografia tradizionale, la ricerca e la lettura della cartografia storica, unitamente all'utilizzo di modernissimi software di fotogrammetria digitale in grado di dare risultati sui prodotti precisi e molto validi, ha permesso di caratterizzare molto bene l'area in esame nella sua complessità e di seguirne l'evoluzione nell'arco di tempo stabilito (1956 – 1991) su più livelli informativi.

L'analisi incentrata sull'evoluzione del paesaggio, sviluppata con l'importante supporto della cartografia storica, senza la quale non si sarebbe potuto inquadrare l'area oggetto di studio in tutti suoi elementi, e del software Z-map grazie al quale si sono potuti incrociare dati sul paesaggio creando graficamente e numericamente dei confronti tra i due anni scelti come base per l'evoluzione del territorio dell'area occupata dal comune di Corridonia, così da interpretarne motivazioni e tendenze.

In particolare si è potuto evidenziare:

- l' importante sviluppo delle aree urbanizzate, spiegato dalle considerazioni socio-economiche evolute nel corso di quegli anni;
- la modifica negli usi agricoli, con una differente distribuzione tra seminativo semplice e seminativo erborato, il primo aumentato e diversificatosi nelle modalità di conduzione agricola per fini diversi rispetto a quelli del 1956, il secondo diminuito in maniera rilevante;
- il forte aumento della vegetazione boschiva, capace di colonizzare le aree di esondazione storica dei fiumi ma anche quelle occupate in passato da prati e pascoli;
- i notevoli cambiamenti subiti dal corso degli alvei fluviali risalendo alle cause principali, mostrandoli poi nei confronti grafici che ne spiegano chiaramente i mutamenti fisici;

- la nascita o la forte espansione di aree come quelle industriali, sportive e commerciali, prima inesistenti, testimoni delle mutate condizioni economico-sociali e del cambiamento del “modo di vivere del territorio” che si ripercuote ovviamente sul paesaggio.

La giusta integrazione tra i metodi scelti, ha costituito uno strumento di studio versatile e corrispondente alle necessità degli obiettivi da raggiungere, confermando di essere una metodologia utilizzabile con profitto in contesti di studio come quelli ambientali e paesaggistici.

## **Bibliografia**

Almagià R. & Bevilacqua E. (1961) – *Le Regioni d'Italia – Marche*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Volume X.

Autori vari (1981) – *Il Paesaggio umanizzato delle Marche*. In Convegno sui beni culturali ed ambientali delle Marche. Edito a cura del Comitato Regionale degli Archeoclub delle Marche, Roma.

Autori vari (1998) – *Corridonia tra storia e futuro*. Edito a cura del Comune di Corridonia con la collaborazione di: Regione Marche, Provincia di Macerata e Pro Loco, Macerata.

Autori vari (2001) – *L'Ambiente Fisico delle Marche*. Edito a cura della Regione Marche, Ancona.

Bertagnin M. (1999) – *Architetture di Terra in Italia*. Edicom Edizione, Udine.

Cannarozzo S. & R., Cucchiaini L. & Meschieri W. (1997) – *Nuovo corso di Topografia*. Angelo Signorelli Editore, Roma.

Catalani T., Chirici G., Macelloni L., Rabellino S., Salvatori M., Schweizer S. & Tozzini S. (2005) – *Valutazione della soggettività della fotointerpretazione nell'analisi delle dinamiche di evoluzione del paesaggio*. In Atti del convegno Asita 2003, sessione II. Edito a cura dell'Università degli studi di Firenze, Firenze.

Conti A.P., Giancane T., Giustozzi S. & Molini P. (2002) – *Gli atterrati a Corridonia, una storia da continuare*. Edito a cura dell'Assessorato alla Cultura, Comune di Corridonia.

Farina A. (2004) – *Lezioni di Ecologia*. Casa editrice UTET, Torino.

Galletto R. & Spalla A. (2003) – *Lezioni di Topografia*. In Atti del convegno Asita 2003, cap. VIII.

Guzzetti F. & Selvini A. (1999) – *Cartografia Generale Tematica e Numerica*. Casa editrice UTET, Torino.

Karl Krauss (1998) – *Fotogrammetria vol.1- Teoria e Applicazioni*. Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino.

Mangani G. & Mariano F. (1998) – *Il Disegno del Territorio, storia della cartografia delle Marche*. Il lavoro editoriale, Ancona.

Menci L. & Ceccaroni F. (2003) – *Fotogrammetria Digitale*. In Atti del convegno Asita 2003, sessione II, Arezzo.

Palombarini A. (1987) – *Case di Terra*. In Anselmi S., *Insedimenti rurali, case coloniche, economie del podere*, Carisj, Jesi.

Palombarini A. & Volpe G. (2002) – *La Casa di Terra nelle Marche*. Federico Motta Editore, Ancona.

Palombarini A. (1982) – *Le Case di Terra nel Maceratese*. In *Proposte e Ricerche* n. 7, Università di Urbino, Urbino.

Polichetti M.L. (1998) – *Le Case di Terra nelle Marche: per una lettura del territorio, in Terra: incipit vita nova – L'architettura in terra cruda dalle origini al presente*, Politecnico di Torino, Torino.

Santoponte Emiliani C. (1941) – *Dimore Primitive nelle Marche*. In *Bollettino della R. Società Geografica Italiana*, serie VII, Volume VI, Roma.

## **Webliografia**

<http://www.archinatura.it>

<http://autoritàbacino.marche.it/>

<http://casediterra.it/>

<http://www.corridonia.sinp.net>

<http://giorgiomangani.it/>

<http://geofisico.it/>

<http://igmi.org/>

<http://ilpaesaggio.it/>

<http://lacasaditerra.it/>

<http://www.menci.com>

<http://paesaggio/ambiente.htm>

[http://paesaggio.net/arch\\_rurale.htm](http://paesaggio.net/arch_rurale.htm)

<http://provincia.mc.it/>

<http://www.regione.marche.it/>